



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LOPEZ MATEOS”

INGENIERIA EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA

“Sistema NFC para cobro en una cafetería”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

PRESENTA:

Pérez González Mauricio

ASESORES:

M. en C. Jaime Pedro Abarca Reyna

Ing. Guillermo Santillán Guevara

MEXICO, D.F. MAYO 2014



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD PROFESIONAL “ADOLFO LÓPEZ MATEOS”

TEMA DE TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN
DEBERA (N) DESARROLLAR**

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA
TESIS Y EXAMEN ORAL INDIVIDUAL
C. MAURICIO PEREZ GONZALEZ**

“SISTEMA NFC PARA COBRO EN UNA CAFETERÍA”

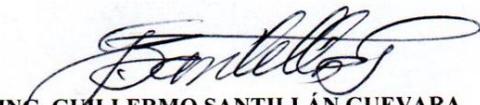
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA NFC PARA COBRO EN UNA CAFETERÍA

- TECNOLOGÍAS DE CORTO ALCANCE
- RFID, LA BASE DE NFC
- ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA APLICACIÓN
- IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA
- CONCLUSIONES

MÉXICO D.F. A 14 DE ABRIL DE 2015

ASESORES


ING. JAIME PEDRO ABARCA REYNA


ING. GUILLERMO SANTILLÁN GUEVARA



ING. PATRICIA LORENA RAMÍREZ RASCHEL
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE I.C.E.
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES Y ELECTRONICA

AGRADECIMIENTOS

Un logro como este tiene como base bastantes horas de trabajo, sacrificios, sentimientos encontrados y personas que inspiran; me siento realmente bendecido por haber tenido cada uno de estos factores que me llevaron a realizar este trabajo y poder cumplir con mi sueño de ser Ingeniero del Instituto Politécnico Nacional ensamblado en ESIIME.

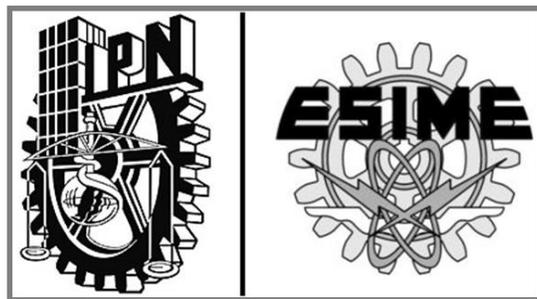
En primer lugar doy gracias a mis padres Jesús Pérez y Guadalupe González por toda la motivación y apoyo que en mi vida me han brindado desde que pude ver mi primer rayo de luz a través de los años y electrónicos descompuestos; inculcando valores y determinación ante situaciones adversas; ya que sin ellos esto no hubiera sido posible; este es su logro.

Agradezco la ayuda de mis abuelos y familiares especialmente a la familia González Carrillo por creer en mí, el aliento y oraciones de mis amigos.

Externo mi agradecimiento a mis asesores; M. en C. Pedro Abarca por su invaluable colaboración que llevo a exigirme trabajar con excelencia en este proyecto que marco el final de mi carrera e Ing. Guillermo Santillán por la orientación que ayudo a terminar esta etapa.

"Nuestros colores son verde y blanco porque el rojo lo llevamos en la sangre"

Mauricio Pérez González



Sistema NFC para cobro en una cafetería



Introducción

Introducción

Los sistemas de comunicaciones han sido una herramienta que ha servido al hombre para transmitir información por diferentes medios, así como la cantidad de información, la distancia y la seguridad de los datos. En la actualidad se cuenta con diversas tecnologías de comunicaciones para cubrir una necesidad en específico.

Uno de los campos de las comunicaciones que se está explotando es el de la tecnología de corto alcance, la cual permite la transferencia de información en pequeñas distancias, como puede ser un metro. Esto representa ventajas como seguridad de la información, alta tasa de transmisión y puede ser utilizada para aplicaciones personales.

Una de las tecnologías de mayor aplicación es la de RFID (*Radio Frequency Identification*) de la cual se desprende NFC (*Near Field Communication*). Esta última ha despertado un gran interés por la amplia gama de posibles aplicaciones en los teléfonos móviles, potencial que aún no ha sido explotado.

En la actualidad los fabricantes de teléfonos móviles se han interesado en integrar una tecnología de comunicación de corto alcance, NFC ha llamado su atención. El camino aun es largo y es posible que esta tecnología madure en algunos años.

Dada la importancia que esto representa es que decidí desarrollar el presente trabajo, Diseño de un Sistema NFC para cobro en una cafetería, cuyos objetivos son los siguientes.



Objetivo General

Diseño y Construcción de un Sistema NFC para cobro en una cafetería

Objetivos Particulares

- Conocer las tecnologías de comunicación de corto alcance.
- Estudiar la tecnología NFC.
- Analizar aspectos técnicos de RFID, antecedentes, funcionamiento y aplicaciones.
- Diseñar un sistema de cobro, para una cafetería, que utilice la tecnología NFC.
- Evaluar diferentes tipos de tags y tarjetas lectoras para la tecnología NFC.
- Desarrollar una interface entre un lector NFC y una computadora.
- Desarrollar una base de datos para el manejo de la información de los usuarios.
- Realizar un protocolo de pruebas para el sistema.

Justificación

Las actividades habituales de la vida diaria, como la venta de productos, suelen estar sujetas a errores humanos, como la carga de trabajo, manejo de precios e inventario; estos errores tienden a consumir tiempo del cliente y recursos financieros del negocio.

Una de las necesidades del hombre es el control de los eventos que ocurren en su entorno, entre ellos está el proceso de ventas en un negocio; un sistema para automatizar este proceso permite crear mejora en el negocio, facilitando la interacción con el usuario final, el inventario y el proceso de venta.

En este sentido la tecnología NFC nos permitirá implementar un sistema que sirva de complemento a un negocio ayudando a corregir el factor humano en la venta de productos y control de inventario.

Resumen

En el capítulo 1, comenzamos presentando las características generales en las tecnologías de corto alcance, en las que se explican los estándares, protocolos, funcionamiento, así como las ventajas y desventajas de tecnologías como bluetooth, zigbee, irDa, RFID y otros.

En el capítulo 2 (RFID, la base de NFC) nos introducimos al manejo de TAG's, el lector de los mismos, su arquitectura, estándares, así como sus aplicaciones, ventajas y desventajas.

El capítulo 3 (Análisis y diseño de la aplicación) hacemos el Análisis del problema, el planteamiento de la solución, proponemos la arquitectura del sistema, la selección del hardware así como el software de base de datos. Igualmente presentamos la aplicación gráfica de la solución.

El capítulo 4 (Implementación de sistema) Explicamos el funcionamiento del sistema, la conexión entre el lector y el microcontrolador, presentamos el protocolo de pruebas, los costos del sistema y el trabajo futuro del mismo.

Finalmente, presentamos las conclusiones y la bibliografía.

Glosario de Términos y glosario de Acrónimos

Acrónimos

WPAN	Wireless Personal Area Network
BSIG	Bluetooth Special Interest Group
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MAC	Media Access Control
ACL	Access Control List
TDMA	Time Division Multiple Access
ISM	Industrial, Scientific and Medical, se refiere a las bandas de frecuencia libre
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
SDP	Service Discovery Protocol
PIN	Personal Information Numbe
ZDO	ZigBee Device Objects
RZI	Return to Zero Inverted
Mbps	Megabit por segundo
GHz	Gigabit por segund
OCR	Optical Character Recognition
IFF	Identification Friend or Foe
LF	Baja frecuencia
HF	Alta frecuencia
UHF	Ultra alta frecuencia
EPC	Electronic Product Code
SDMA	Space Division Multiple Access
FDMA	Frecuency Domain Multiple Access

TDMA	Time Domain Multiple Access
LRC	Longitudinal Redundance Check
CRC	Clyclic Redundance Check
ISO	International Organization for Standardizacion
IEC	International Electrotechical Commission
PCD	Proximity Coupling Device
PICC	Proximity Integrated Circuit Card
CSS	Cascading Style Sheets
FTDI	Future Technology Devices International
RISC	Reduced Instruction Set Computer
CPU	Central Processing Unit
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
ADC	Analog-to-Digital Conversion
LCD	Liquid Cristal Display
DMA	Direct Memory Access
BSL	BootStrap Loader
IDE	Integrated development environment
SQL	Structured Query Language
API	Application Programming Interface
JVM	Java Virtual Machine
GUI	Graphical User Interface
JDT	Java Development Toolkit

Términos

Bluetooth	Es un estándar inalámbrico terrestre para la comunicación de corto alcance
LMP	Protocolo de gestión de enlace
HCI	Controlador de Interfaz de host
RS-232	Es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios entre un DTE y un DCE
AVDTP	Protocolo de transporte de audio y vídeo de datos
Full Duplex	Es un término utilizado en telecomunicación para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional
Java	Lenguaje de programación originalmente desarrollado por Sun Microsystems, adquirida por Oracle, para aplicaciones software independiente de la plataforma

Contenido

Introducción.....	II
Objetivo General.....	IV
Objetivo Particular	V
Justificación	VI
Resumen	VII
Glosario de Terminos y glosario de Acrónimos.....	VIII
Contenido.....	XI

Capítulo 1

Tecnologías de corto alcance

1.1 Motivación.....	2
1.2 Bluetooth.....	2
1.2.1 Estándares	3
1.2.2 Protocolos.....	3
1.2.3 Funcionamiento.....	7
1.2.4 Aplicaciones	10
1.2.5 Ventajas y desventajas	11
1.3 ZigBee	11
1.3.1 Funcionamiento.....	11
1.3.2 Protocolos.....	13
1.3.3 Aplicación	15
1.3.4 Ventajas y desventajas	16
1.4 IrDa	16

1.4.1	Funcionamiento.....	16
1.4.2	Protocolos.....	17
1.4.3	Aplicación	19
1.4.4	Ventajas y desventajas	19
1.5	RFID	20
1.6	Otros.....	20
1.6.1	USB Inalámbricos.....	20
1.6.2	Transferjet.....	21
1.6.3	Z-Wave.....	22

Capítulo 2

RFID, la base de NFC

2.1	Antecedentes	24
2.2	Tag	27
2.2.1	Pasivas	32
2.2.2	Activas.....	33
2.3	Lector	34
2.4	Arquitectura NFC.....	37
2.5	Estándares	39
2.5.1	Estándar ISO/IEC 14443	41
2.6	Aplicaciones, ventajas y desventajas	42
2.6.1	Ventajas y desventajas	43
2.6.2	NFC en la actualidad	44

Capítulo 3

Analisis y diseño de la aplicación

3.1	Análisis del problema y planteamiento de la solución.....	46
3.2	Arquitectura del sistema propuesto.....	47
3.3	Selección de hardware	50
3.3.1	Tarjeta lectora NFC.....	51
3.3.2	Microcontrolador	52
3.3.3	Tag.....	56
3.4	Software para la base de datos	57
3.5	Aplicación gráfica	59
3.6	Propuesta.....	60

Capítulo 4

Implementación de sistema

4.1	Funcionamiento del sistema.....	63
4.2	Sistema NFC	63
4.2.1	Conexión entre el lector y el microcontrolador	64
4.2.2	Conexión con host	67
4.3	Base de datos	69
4.4	Interface gráfica.....	71
4.5	Integración del sistema	74

4.6	Protocolo de pruebas	77
4.7	Costo del sistema.....	82
4.8	Trabajo a futuro	83
	Conclusiones	86
	Bibliografía y mesografía.....	88

CAPÍTULO 1 |

Tecnologías de corto alcance

1.1 Motivación

A lo largo de los años el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse con su entorno haciendo su vida más fácil y práctica. Primero el comunicarse con otras personas y después con otros objetos para ejecutar acciones como control e intercambio de información, por citar algunos. La comunicación exitosa tanto entre personas o su entorno se basa en el hecho de enviar y recibir satisfactoriamente el mensaje, para la comunicación con los dispositivos que están a corta distancia existen diferentes tecnologías de comunicación orientadas a necesidades específicas; cada tecnología tiene como prioridad diversos atributos como velocidad de transmisión, control, reconocimiento de usuarios o seguridad. El uso de uno de estos sistemas de comunicación para diseñar una solución tecnológica enfocada a ventas de un negocio, así como la planeación para explotar a futuro una tecnología emergente motiva a realizar el presente trabajo.

1.2 Bluetooth

Tecnología de comunicación de datos de corto alcance que especifica protocolos para la conexión de dispositivos en Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN).

Este conjunto de especificaciones proceden del nombre de Harald Bluetooth, un rey Danés que unificó Suecia, Noruega y Dinamarca en siglo X, fue reconocido por su capacidad de ayudar a la gente a comunicarse.

Teniendo la necesidad de conexión inalámbrica de dispositivos móviles y de computo en 1994 Ericsson inicio la investigación y la viabilidad de una tecnología de bajo costo, siendo el precursor de este proyecto, tiempo más tarde en 1997 se unieron otras empresas unificándose como la *BluetoothSpecial Interest Group* (SIG) con el objetivo de desarrollar mejoras y regular estos protocolos de comunicación.

Entre las mejoras en las que se fueron añadiendo a la tecnología Bluetooth está Wibree, es una tecnología de radio desarrollada por Nokia para la conexión local entre dispositivos electrónicos, la cual está orientado a dispositivos de bajo consumo

de energía, incluyendo esta tecnología en las posteriores especificaciones de los protocolos de la tecnología Bluetooth para dispositivos de bajo consumo de energía.

1.2.1 Estándares

La organización IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) al ver la necesidad de crear una regulación en las tecnologías de comunicación de corto alcance entre dispositivos crea el grupo de trabajo IEEE 802.15 el cual crea la norma IEEE 802.15 que define las comunicaciones de corto alcance de redes de área personal.

Bluetooth es un estándar inalámbrico terrestre para la comunicación de corto alcance. Está diseñada para dispositivos pequeños y de bajo coste con bajo consumo de energía, opera en la banda de 2.4 GHz.

El estándar Bluetooth se divide en múltiples normas, de las cuales las más relevantes son:

- IEEE 802.15.1 - Desarrolla un estándar basado en la especificación 1.1 de Bluetooth. Incluye nivel físico (PHY) y control de acceso al medio (MAC).
- IEEE 802.15.2 - Estudia los posibles problemas derivados de la coexistencia de WPAN's con otros dispositivos inalámbricos que utilicen las bandas de frecuencia no reguladas, tales como redes inalámbricas de área local (WLAN).
- IEEE 802.15.3-Es un estándar que define los niveles PHY y MAC para WPAN's de alta velocidad de 11Mbps a 55 Mbps.
- IEEE 802.15.4-Es un estándar que se enfoca en las necesidades de sistemas con poca transmisión de datos con poco consumo de batería y alimentación limitada.

1.2.2 Protocolos

La arquitectura básica del protocolo Bluetooth consta de tres partes.

- El controlador o modulo Bluetooth el cual está formado por tres niveles inferiores radio, banda base y gestor de enlace.
- El host el cual está formado por nivel L2CAP, la Comunicación por radio frecuencia RFCOMM.
- Protocolos de aplicaciones los cuales esencialmente están formados por OBEX y comandos AT.

La pila de protocolos está basado en el modelo de referencia OSI, en la figura 1 representa la pila de protocolos Bluetooth y el modelo de referencia OSI.

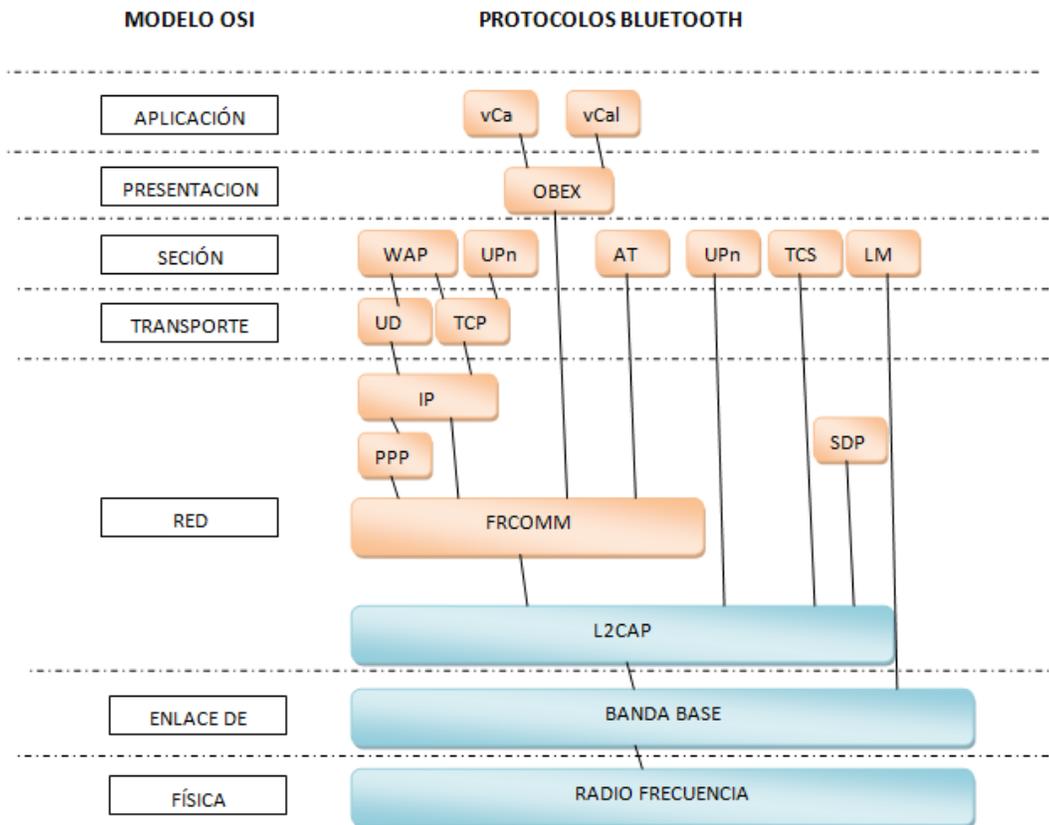


Figura 1. Modelo Bluetooth.

En la especificación Bluetooth se han definido dos tipos de enlace que permiten soportar incluso aplicaciones multimedia, el enlace asíncrono de baja conexión (ACL) y el enlace de sincronización de conexión orientada (SCO).

La conexión asíncrona parte de un esquema TDMA el cual controla el acceso, esta conexión puede transportar paquetes de diferentes tipos los cuales se distinguen por longitud, corrección de errores, modulación, una conexión se establece cuando se acepta la comunicación entre dos dispositivos antes que los paquetes pueden ser transferidos.

En la conexión asíncrona los paquetes son retransmitidos si no los reconoce el receptor, esto permite la corrección de un enlace de radio que tiene interferencias, se desconecta si no recibe algún paquete después de un tiempo se espera de 20 segundos predeterminado.

Enlace síncrono orientado a conexión es un tipo de enlace de radio utilizado para los datos de voz. Un enlace SCO es un conjunto de intervalos de tiempo reservado en un enlace ACL existente, donde cada dispositivo transmite los datos de voz codificados en el intervalo de tiempo reservado, no hay retransmisiones sin embargo la corrección se puede aplicar opcionalmente.

Enlaces mejorados SCO (ESCO) estos permiten una mayor flexibilidad en el establecimiento de conexiones, se pueden utilizar retransmisiones para lograr fiabilidad, permitir una variedad más amplia de tipos de paquetes, y mayores intervalos entre paquetes que SCO, aumentando así la disponibilidad de radio de otros enlaces.

Protocolo de gestión de enlace (LMP) se utiliza para el control de la conexión de radio entre dos dispositivos, se encarga del establecimiento del enlace, consulta de capacidades de dispositivos y control de potencia.

Controlador de Interfaz de host (HCI) comunica los datos de host y el controlador, se tienen varios estándares de la capa de transporte de HCI, cada uno con una interfaz de *hardware* diferente para transferir el mismo comando, eventos y paquetes de datos, USB y UART.

Capa de enlace de bajo consumo de energía (LE LL) es el equivalente LMP para Bluetooth *Low Energy* (LE), pero es más simple, se implementa en el controlador y gestiona anuncio, escaneo, la conexión y la seguridad a un bajo nivel, desde el punto de vista del hardware.

Host Control de enlace lógico y protocolo de adaptación (L2CAP) se utiliza dentro de la pila de protocolo Bluetooth se pasa los paquetes a cualquiera de los Host Controller Interface (HCI) o en un sistema *hostless*, directamente al Gestor de enlace.

Las funciones de L2CAP son multiplexar los datos entre diferentes protocolos de capas superiores y la segmentación así como el re ensamblaje de paquetes, L2CAP se utiliza para comunicarse a través del enlace ACL anfitrión una vez se establece la conexión.

La comunicación por radio frecuencia (RFCOMM) es un conjunto de protocolos de transporte, diseñado para la parte superior del protocolo L2CAP, proporcionando emulador RS-232 de puertos serie, se llama a veces la emulación del puerto serie, proporciona una corriente de datos simple fiable para el usuario, similar a TCP. RFCOMM es una capa de transporte se conecta con el protocolo OBEX basada en la capa de presentación.

Protocolo de servicio de descubrimiento (SDP) se utiliza para permitir que los dispositivos se descubran entre sí, los parámetros a utilizar para conectarse a ellos y la configuración de multiplexor de protocolos necesarios para conectarse a cada uno de ellos.

Protocolo de control de telefonía (TCP) también se conoce como protocolo de control de telefonía binario (TCS binario) se utiliza para configurar y controlar las llamadas de voz y datos entre dispositivos Bluetooth.

Protocolo de control de transporte de audio / video AVCTP es utilizado por el perfil de control remoto para transferir audio y video a través de un canal L2CAP. Los botones

de control de música en un auricular estéreo utilizan este protocolo para controlar el reproductor de música.

Protocolo de transporte de audio y vídeo de datos (AVDTP) es utilizado por el perfil de distribución de audio avanzada para transmitir música a auriculares estéreo más de un canal L2CAP. Destinado a ser utilizado por el perfil de distribución de vídeo.

Intercambio de objetos (OBEX) es un protocolo de comunicaciones que facilita el intercambio de objetos binarios entre dispositivos, se utiliza para muchos perfiles que requieren datos simples de cambio.

Protocolo de Bajo Atributo de Energía (ATT) es similar en su alcance al SDP, pero especialmente adaptado y simplificado para Bluetooth de bajo consumo de energía. Permite a un cliente leer y / o escribir ciertos atributos expuestos por el servidor de una manera amistosa compleja, de baja potencia.

1.2.3 Funcionamiento

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación a una tasa máxima de 24Mbps con un alcance óptimo de 10m, en la frecuencia de radio de 2.4GHz en la banda de frecuencias de libre ISM (*Industrial, Scientific and Medical*), la modulación usada es GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*) con una desviación máxima de frecuencia está entre 140 KHz y 175 KHz. La banda de frecuencias en que opera está expuesta a interferencias así que se basó en la tecnología de saltos la cual consiste en transmitir información en diferentes frecuencias en un intervalo de tiempo, con un promedio de 1600 saltos por segundo, en un total de 79 frecuencias espaciadas 1 MHz; esto mejora la seguridad reduciendo en gran medida las interferencias usando transmisión *Full Duplex*.

Se emplea un salto diferente de señal para cada paquete, para asegurar que los paquetes no lleguen fuera de orden, cada slot puede ser reservado por paquetes síncronos, es decir que el protocolo de banda base combina la conmutación de paquetes y circuitos.

En la transmisión *Full Duplex* el canal de voz puede soportar un tasa de transferencia de 64Kbps en ambos sentido, en caso que el canal de transmisión de datos sea síncrono este puede soportar una velocidad de 432.5Kbps, si el canal es asimétrico, en una sola dirección como máxima tasa se tiene 721Kbps y en la otra dirección 56Kbps.

Un dispositivo Bluetooth está compuesto por dos partes:

- Un dispositivo de radio que modula y transmite la señal.
- Un controlador de enlace que tiene una CPU y un procesador digital de señales el cual se encarga del procesamiento en banda base y del manejo de los protocolos de la capa física como ARQ y FEC; también controla las funciones de transferencia tanto asíncrona como síncrona, la codificación de audio y el cifrado de datos.

La CPU del dispositivo se encarga de las instrucciones en el dispositivo anfitrión ejecutando un software denominado gestor de enlace (*Link Manager*) el cual se encarga de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP ejecutando las siguientes tareas.

- Envío y recepción de datos.
- Paginación y peticiones.
- Establecimiento de conexiones y autenticación.
- Negociación y establecimiento de tipos de enlace.

Primeramente se establece el dispositivo en modo *hold* configurando el dispositivo para escuchar en este caso es la frecuencia o frecuencias en la que está funcionando el dispositivo, leyendo todos los envíos que pueda recibir sin importar si es el destinatario, a esto se le denomina rastreo de paquetes, una vez que se realiza la conexión se mantiene en la misma frecuencia que el dispositivo conectado.

El estándar Bluetooth se basa en el modo de operación maestro/esclavo; la red formada por un dispositivo y todos los dispositivos que se encuentran dentro de

alcance se denomina piconet; pueden coexistir hasta 10 piconets dentro de una sola área de cobertura como se observa en la figura 2.

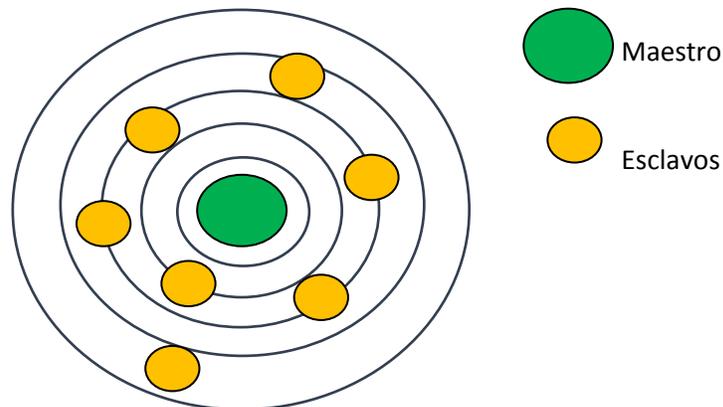


Figura 2. Red Bluetooth.

Un dispositivo maestro se puede conectar simultáneamente con hasta 7 dispositivos esclavos activos, una vez conectados el dispositivo maestro elige una dirección y se sincroniza con el punto de acceso mediante una técnica denominada paginación, en la cual se sincroniza su reloj y frecuencia con el punto de acceso, de esta manera se establece un enlace con el punto de acceso que le permite al dispositivo maestro ingresar a una fase de descubrimiento del servicio del punto de acceso, mediante un protocolo denominado SDP (*Service Discovery Protocol*).

Cuando esta fase de descubrimiento del servicio finaliza, el dispositivo maestro está preparado para crear un canal de comunicación con el punto de acceso, mediante el protocolo L2CAP. Se puede establecer un canal adicional, denominado RFCOMM que funciona por el canal L2CAP, para proporcionar un puerto serial virtual.

El punto de acceso puede incluir un mecanismo de seguridad denominado emparejamiento, que restringe el acceso sólo a los usuarios autorizados para brindarle a la piconet cierto grado de protección; este se realiza con una clave cifrada comúnmente conocida como PIN (*Personal Information Number*). Para esto, el punto de acceso le envía una solicitud de emparejamiento al dispositivo maestro una vez ingresado el código si el PIN recibido es correcto, se lleva a cabo la conexión.

Estos dispositivos se clasifican por su potencia de transmisión y la velocidad de transmisión; en la tabla 1 se muestra la clasificación de acuerdo a la potencia de transmisión.

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dB)	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dB	30 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dB	10-5 metros
Clase 3	1 mW	0 dB	1 metro

Tabla 1. Clase de Bluetooth de acuerdo a la potencia.

En la tabla 2 se muestra la clasificación de Bluetooth de acuerdo a su ancho de banda, actualmente 4 versiones.

Versión	Velocidad de transferencia
Versión 1.2	1 Mbps
Versión 2.0 + EDR	3 Mbps
Versión 3.0 + HS	24 Mbps
Versión 4.0	24 Mbps

Tabla 2. Tipos de Bluetooth por ancho de banda.

1.2.4 Aplicaciones

La tecnología Bluetooth tiene mayor aplicación en redes de área personal, para comunicación de datos y voz, entre las aplicaciones con mayor uso esta.

- Sincronización entre un ordenador y un asistente digital personal.
- Transferir documentos y presentaciones automáticamente a usuarios previamente sincronizados en red Bluetooth.
- Navegar por Internet a través de una red celular en un ordenador portátil sin necesidad de cableado alguno entre el ordenador y el teléfono móvil.

- Dispositivo para controlar remotamente los sistemas de iluminación, calefacción y de alarma así como toda una casa.
- Intercambio de archivos, tarjetas de visita, citas del calendario, etc. entre usuarios de Bluetooth.

1.2.5 Ventajas y desventajas

Esta tecnología es ampliamente usada debido a sus ventajas de las cuales se destaca el hecho de funcionar en una banda de frecuencia libre no se necesita un permiso para su uso, en las últimas actualizaciones se ha optimizado el uso de la batería, es usado comúnmente para proyectos de aficionados a la electrónica.

Como desventajas tenemos el uso prolongado para reproducción de medios consume bastante energía.

1.3 ZigBee

ZigBee es una tecnología de comunicaciones de corto alcance basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4 creado por Zigbee Alliance, una organización sin ánimo de lucro con más de 200 grandes empresas, como característica principal permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas.

El nombre "ZigBee" se deriva de los patrones comunicativos que hacen muchas abejas entre las flores durante la recogida de polen, esto hace referencia a las redes inalámbricas que se pueden formar a partir de la conexión.

Esta tecnología se ha desarrollado especialmente para dispositivos de baja potencia y conexión segura, en la industria se está utilizando para la próxima generación de control de dispositivos, con pequeños transmisores en cada dispositivo, lo que permite una red que se conecta a una computadora central.

1.3.1 Funcionamiento

Se definen tres tipos distintos de dispositivo ZigBee los cuales conforman una red, como se muestra en la figura 3 los diferentes tipos de dispositivos un coordinador

puede interactuar con routers y dispositivos finales, esto crea una mejor organización de la red.

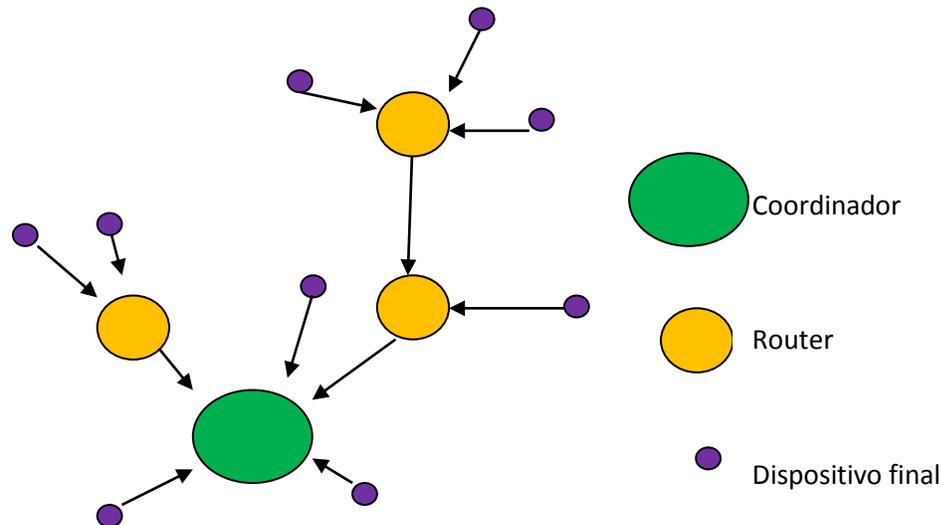


Figura 3. Red Zigbee.

- Coordinador es el tipo de dispositivo más completo, debe existir al menos uno por red sus funciones son las de encargarse de controlar la red y los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos.
- Router interconecta dispositivos separados en la topología de la red, además de ofrecer un nivel de aplicación para la ejecución de código de usuario.
- Dispositivo final, posee la funcionalidad necesaria para comunicarse con su nodo pero no puede transmitir información destinada a otros dispositivos con esta característica este tipo de nodo puede estar dormido la mayor parte del tiempo, aumentando la vida media de sus baterías.

Con estos tres tipos de dispositivos se realiza una red para la implementación de ZigBee, cada uno intermitentemente se apaga, lo cual ayuda al ahorro de energía; su funcionalidad es determinada con dos tipos de dispositivos el primero es dispositivo de funcionalidad completa (FFD) o nodo activo, este es capaz de recibir mensajes en formato 802.15.4, puede funcionar como coordinador o como router, el segundo es un dispositivo de funcionalidad reducida (RFD) o nodo pasivo, tiene capacidad y

funcionalidad limitadas lo cual ayuda al bajo consumo de energía siendo los sensores y actuadores de la red uno de los mayores usos.

1.3.2 Protocolos

ZigBee, también conocido como "*HomeRF Lite*", es una tecnología inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.15.4. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, con esta premisa se usa para aplicaciones de domótica.

Acceden al canal por el protocolo CSMA/CA para evitar colisiones en la transmisión, hay algunas excepciones a su uso: por una parte, las tramas siguen una temporización fija que debe ser respetada, para modular la señal se utiliza BPSK en los dos rangos menores de frecuencia, así como un QPSK ortogonal que transmite dos bits por símbolo en la banda de 2.4 GHz.

Para enrutar utiliza Vectores de Distancia *Ad-hoc On-Demand* los sensores no siempre están en modo de encendido esto significa que no hay garantía de que un nodo de la red estará en el mismo lugar cada vez que un transmisor busque una ruta, esta es la razón por la cual no hay punto en mantener una base de datos de rutas. El método de enrutamiento requiere una señal que envía el transmisor para crear una ruta, esta señal es recibida por todos los nodos dentro de la red, transmitida por ellos a todos los nodos dentro de la red, ondulando entre ellos y de regreso al transmisor original, luego el transmisor elige la ruta con el menor número de saltos.

La transmisión de radio frecuencia utiliza un espectro de dispersión de secuencia directa, así como un QPSK que transmite dos bits por símbolo en la banda de 2.4GHz con tasas de transmisión de hasta 250 Kbps, el alcance de transmisión oscilan entre los 10 y 75 metros, aunque depende bastante del entorno, teniendo como potencia de salida 1mW es decir 0 dB.

Los protocolos que definen Zigbee están basados en el modelo de referencia OSI, constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de la otra. En la figura 4 se muestran las diferentes capas que conforman la pila de protocolos.

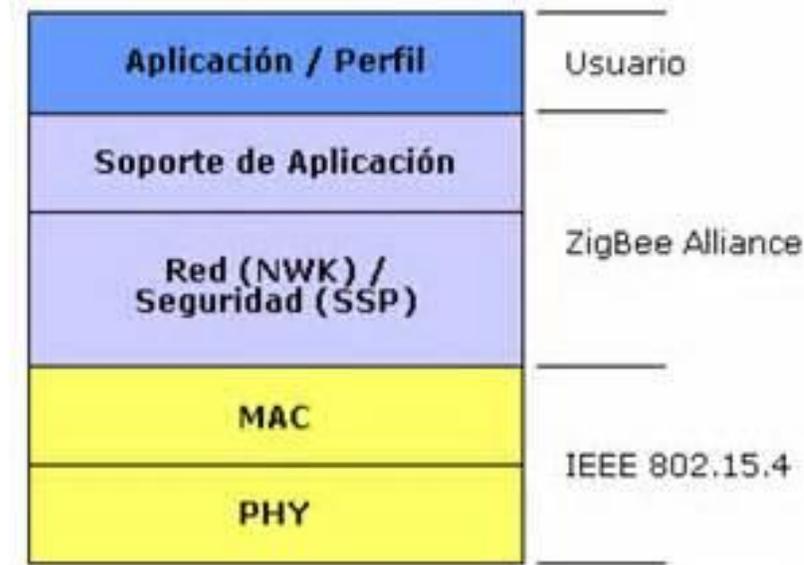


Figura 4. Capa de protocolos Zigbee.

La capa de más bajo nivel es la capa física (PHY), que en conjunto con la capa de acceso al medio (MAC), brindan los servicios de transmisión de datos por el espacio, punto a punto. Estas dos capas esta descritas en el estándar IEEE 802.15.4.

El estándar trabaja sobre las bandas ISM de uso no regulado, dónde se definen hasta 16 canales en el rango de 2.4 GHz, cada una de ellas con un ancho de banda de 5 MHz. Se utilizan radios con un espectro de dispersión de secuencia directa, lográndose tasas de transmisión en el aire de hasta 250 Kbps en rangos que oscilan entre los 10 y 75 m, los cuales dependen bastante del entorno.

La capa de red (NWK) tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación. En esta capa se brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los

medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos.

La capa de Red y de soporte a la aplicación son definidas por la ZigBee Alliance, la capa de soporte a la aplicación que es el responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red.

En el nivel más alto se encuentra la capa donde se encuentran los ZDO (*ZigBee Device Objects*) que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si el actuará como coordinador, ruteador o dispositivo final.

Dependiendo la aplicación existe una variedad de formatos de mensajería para diferentes situaciones, se dividen en cinco categorías: automatización del hogar, cuidado de la salud, gestión de edificios, servicios de venta al por menor y gestión de la energía, dependiendo de la aplicación del mismo se eligen diferentes protocolos que están predeterminados y presamente ayudan al consumo de energía.

1.3.3 Aplicación

ZigBee comunica una serie de dispositivos haciendo que trabajen más eficiente entre sí. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y domóticas.

El uso de la tecnología Zigbee va desde reemplazar un cable por una comunicación serial inalámbrico, hasta el desarrollo de configuraciones punto a punto, multipunto, redes complejas de sensores.

- Acceso: Seguridad, ventilación iluminación.
- Puntos de Venta y servicios de red alternativos.
- Monitoreo de pacientes y monitoreo corporal.
- Rastreo de equipos control de procesos y manejo de energía.
- Medición inteligente y control de consumo.

- Automatización de hogar, irrigación de jardín, control de iluminación.

1.3.4 Ventajas y desventajas

Las ventajas de esta tecnología se basan en el consumo bajo de energía y baja transmisión de datos, una red ZigBee puede constar de un máximo de 65535 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos con una fácil integración en los sistemas de domótica.

Como desventajas tenemos que la tasa de transferencia es muy baja manipulando cantidades de texto muy pequeños, no es compatible con otras tecnologías como Bluetooth, con cobertura limitada en caso de no contar con repetidores.

1.4 IrDa

Tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance basada en ondas de luz que permiten una conexión punto a punto entre dos dispositivos la cual nos permite la transmisión de datos hasta 4Mbps.

IrDA se crea en 1993 entre HP, IBM, SHARP y otros, esta basa en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9.6Kbps y los 4 Mbps. Esta tecnología se usó en computadoras y un gran número de teléfonos celulares, sobre todo en los de fabricantes líderes como Nokia y Ericsson antes del desarrollo de Bluetooth.

1.4.1 Funcionamiento

Los estándares de IrDA definen comunicaciones bidireccionales punto a punto empleando un haz de luz infrarroja que requiere línea de vista, un ángulo no mayor de 30 grados y una distancia que no excede un metro para obtener tasas de transmisión de datos entre 9.6Kbps y 4Mbps dependiendo del entorno.

Para la transmisión de datos entre los dispositivos que cuentan con esta tecnología es necesario realizar un acercamiento físico de frente donde esté ubicado el receptor transmisor de los dispositivos de modo que se “vean” como se muestra en la figura 5.

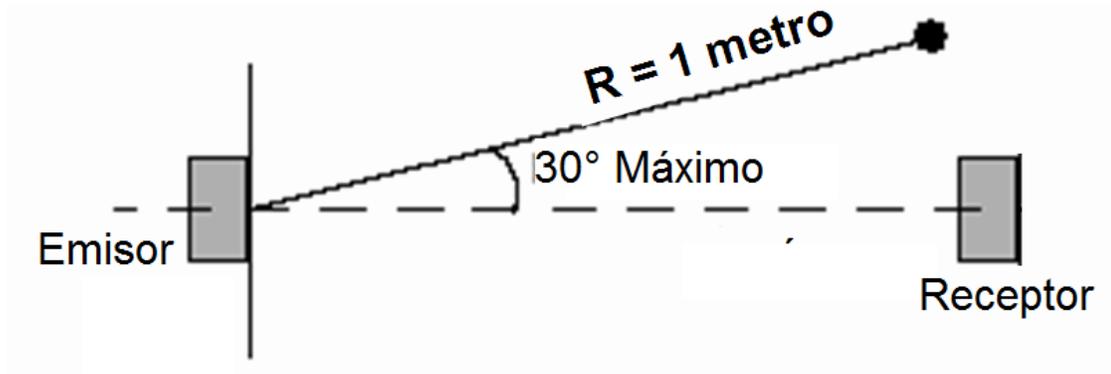


Figura 5. Funcionamiento IrDA.

1.4.2 Protocolos

Similar al modelo OSI, la tecnología IrDA se encuentra también estratificada en bloques funcionales con responsabilidades específicas, estos definen protocolos esenciales, que son necesarios en todas las implementaciones de IrDA y otros que se incluyen solo en algunas implementaciones dependiendo del tipo de aplicaciones, como se muestra en la figura 6 el modelo IrDA consta de diferentes capas para su funcionamiento.



Figura 6. Modelo IrDA.

Al nivel físico le corresponde el envío y recepción de cadenas de bits a través del espacio, así que, está involucrado primeramente con la generación y detección de los destellos de luz infrarroja con la debida protección para los ojos humanos, por otro lado, para las tasas de transmisión de datos hasta 1.152Mbps se usa la modulación RZI "*Return to Zero Inverted*", para los sistemas operando a velocidades de 4 Mbps, el esquema de modulación es 4PPM "*4 Pulse Position Modulation*", es decir, un par de bits se toman juntos y representan un símbolo. Se encarga de tareas de entramado de los datos, el chequeo de redundancia cíclica a 32 bits, la adición de las banderas de inicio y final de trama.

La capa de IrLAP puede ser implementado completamente en hardware, no obstante, debido a sus constantes mejoras y actualizaciones, se ha incluido un componente software para aislarlo del resto de la pila de protocolos y permitirle su evolución sin afectar en gran medida la estructura total.

La capa de IrLMP recibe el nombre entramador y se encarga de la presentación de la información recibida por el puerto infrarrojo a la capa superior en formato compatible, de igual forma, construye tramas con la información de la capa superior para posteriormente transmitir las hacia el destino a este procedimiento incluye la compensación de la diferencia de tasas de transmisión entre el receptor y el transmisor.

La capa IAS busca los diferentes dispositivos infrarrojos, el protocolo Tiny TP de nivel de transporte engloba el control de flujo segmenta, fragmenta y reensambla paquetes; el protocolo OBEX está diseñado para mover objetos de un dispositivo a otro, el protocolo IrCOMM da soporte a aplicaciones que funcionaban con comunicación serie.

IrLan Se encarga de preservar la comunicación entre puertos IR. Así que es aquí donde se detectan los errores de transmisión y por tanto se encarga también de la retransmisión de los paquetes perdidos. Está basado en HDLC del modelo de

referencia OSI siendo un protocolo de enlace de datos de alto nivel, mejorando la reconexión en caso de perder el enlace.

1.4.3 Aplicación

La comunicación por infrarrojos utiliza luz infrarroja para transferir datos. La luz infrarroja se utiliza casi universalmente en los mandos a distancia de televisión, vídeo y sonido.

Básicamente los estándares están divididos en dos tipos depende la necesidad del mercado.

IrDA-Data: Empleado básicamente para transferencias bidireccionales de información en forma inalámbrica y con tasas de transmisión hasta 4Mbps entre dispositivos portátiles; IrDA se conoce como IrDA-Data.

IrDA-Control fue establecido para cursar comunicaciones de control entre dispositivos periféricos como teclados, ratones, joysticks o controles remotos. La distancia máxima se amplía hasta garantizar un mínimo de 5 metros con tasas de transmisión alrededor de 75Kbps.

1.4.4 Ventajas y desventajas

Fue uno de los primeros sistemas de comunicación entre dispositivos móviles, de las ventajas que ofrece destacan.

- Requerimientos de bajo voltaje.
- Circuito de bajo costo.
- Circuitería simple: no requiere hardware especial, puede ser incorporado en el circuito integrado de un producto.
- Alta seguridad: Como los dispositivos deben ser apuntados casi directamente alineados comunicarse.

Como desventajas de la tecnología IrDa están mayormente enfocadas al bloqueo de la transmisión con materiales comunes: personas, paredes, plantas y las siguientes.

- Sensible a la luz y el clima. Luz directa del sol, lluvia, niebla, polvo, contaminación pueden afectar la transmisión.
- Velocidad: la transmisión de datos es más baja que la típica transmisión cableada.
- Carente capacidad de involucrar más de dos elementos dentro de una misma comunicación.
- Luz fluorescente y los rayos del sol son fuentes interferentes para IrDA.

1.5 RFID

Existe una tecnología de comunicación de corto alcance cuya principal premisa es sustituir al código de barras actual, RFID o identificación por radio frecuencia lee información de objetos a cierta distancia llamada localizándolos en tiempo real. Un dispositivo llamado lector envía una señal de radio frecuencia para detectar objetos llamados tags, al ser detectado por un lector RFID envía datos de identificación que han sido grabados en su interior; el alcance de esta tecnología en distancia puede ir desde los milímetros hasta más de 10 metros, aplicado principalmente en cadena de suministros y control de productos en sitios como bibliotecas.

Las características de esta tecnología se desarrollan con amplitud en el capítulo 2. RFID es la base de NFC, razón por la cual es necesario tratarla de forma detallada.

1.6 Otros

Se tienen otras tecnologías de corto alcance con usos específicos de las cuales sobresalen USB inalámbrico, Transferjet y Z-wave; cada uno con estándares enfocados a diferentes aplicaciones.

1.6.1 USB Inalámbricos

Entre otras tecnologías de corto alcance tenemos USB Inalámbrico creada por el Grupo Promotor de USB Wireless el cual está enfocado a la conexión entre dispositivos y computadoras así como la USB Wireless que tiene un gran ancho de banda como tecnología inalámbrica se basa en la plataforma de radio común, que es capaz de enviar 480 Mbps en una distancia de hasta 3 metros y 110 Mbps de hasta a

10 metros está diseñado para operar en la banda de frecuencias de 3.1GHz a 10.6 GHz definida por la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos.

USB Wireless se utiliza en dispositivos de juego, impresoras, escáneres, cámaras digitales, reproductores de medios portátiles, discos duros y unidades flash, también es adecuado para la transferencia de flujos de vídeo en paralelo, utilizando USB a través protocolos de ultra banda ancha en general, diseñado para trabajar en redes de área personal.

Como ventajas tenemos la fácil conexión entre diversos dispositivos como impresoras, escáneres, cámaras digitales los rangos de frecuencia altos para no interferir entre varios dispositivos y el alcance para formar una red de área personal.

Como desventajas tenemos el difícil acceso a la tecnología para aplicaciones por parte de estudiantes ya que no cuenta con módulos de desarrollo.

1.6.2 Transferjet

Transferjet es un nuevo tipo de tecnología de corto alcance de transferencia de archivos inalámbrica de proximidad desarrollado por Sony, funciona al tocar dos dispositivos electrónicos, permite el intercambio de alta velocidad hasta 560Mbps con un rendimiento efectivo de 375Mbps.

El rango máximo de operación es del orden de unos pocos centímetros máximo 4cm, la topología de red es siempre punto a punto, el corto alcance hace que sea posible para operar en el campo cercano de la radio señal utilizando muy poca potencia de transmisión, el espectro de frecuencia de operación está centrado en 4,48 GHz, y ocupa un ancho de banda de 560MHz.

Tiene una aplicación en sistemas de comunicación de corto alcance para transmitir datos seguros, en celulares, equipos de entretenimiento, cámaras equipo de oficina y de hogar como cámaras digitales, computadoras portátiles y accesorios USB.

Una de sus mayores ventajas es, la comunicación directa entre dispositivos lo cual genera seguridad de datos, una tasa alta de transferencia de archivos entre sí, un

tamaño de chip muy pequeño y la operación sencilla al emplear la tecnología para el usuario.

Una de sus características es también una de las desventajas en cierto punto es la distancia de transferencia muy corta apenas 3 cm como máximo 4cm siendo una tecnología nueva con pocas implementaciones.

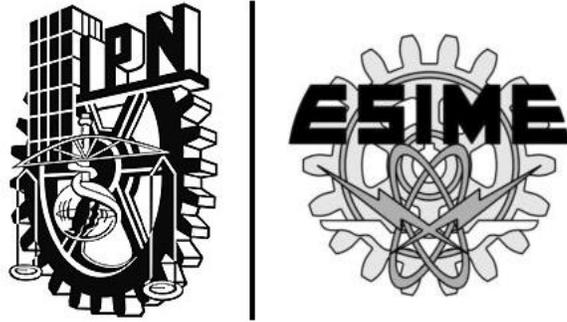
1.6.3 Z-Wave

Z-Wave es un protocolo de comunicaciones inalámbricas de corto alcance diseñado para la automatización del hogar, específicamente para controlar de forma remota las aplicaciones en entornos residenciales y comerciales, utilizando ondas de baja frecuencia.

Se comunica mediante una tecnología inalámbrica de baja potencia diseñados específicamente para aplicaciones de control remoto, el protocolo está optimizado para la comunicación fiable de baja latencia de pequeños paquetes de datos con velocidades de datos de hasta 100 Kbps, funciona en la banda de frecuencias en torno a 900 MHz, esta banda compite con algunos teléfonos inalámbricos otros dispositivos de electrónica de consumo.

Entre las ventajas de esta tecnología se destaca la fácil instalación por módulos en proyectos de domótica, el alcance limitado de 30m puede verse afectado por paredes en el entorno.

Basada en estándares de la ISO/IEC los cuales definen bandas de frecuencia, características físicas y tipo de aplicación. Ocupada ampliamente en la cadena de suministros y sistemas de logística, para la identificación de productos.



CAPÍTULO 2 |

RFID, la base de NFC

2.1 Antecedentes

Desde siempre la identificación y el control de objetos ha sido parte importante en la vida del ser humano. Ha desarrollado métodos y procesos para identificar con mayor eficiencia estos objetos. Uno de los primeros métodos fue el físico el cual permitía la identificación visualmente del objeto en cuestión, al crecer la cantidad de objetos se volvió complicada esta tarea por lo que mediante métodos electrónicos se buscaron nuevas formas de identificar y organizar objetos. En los últimos años han surgido tecnologías como el código de barras, que es un sistema de identificación, se trata de un código comprendido entre barras y espacios paralelamente configurado para ser leído por un escáner óptico y procesado en un computador, el cual representa datos numéricos o alfanuméricos requiriendo una lectura directa de un producto, siendo el método de identificación de mayor despliegue.

Otro sistema usado para identificar objetos es el sistema OCR (*Optical Character Recognition*) el cual identifica automáticamente caracteres o símbolos a partir de una imagen, se usa regularmente en identificación de vehículos ocupando una computadora con algoritmos complejos de identificación de caracteres, como se muestra en la figura 1, un sistema OCR puede ser leído transversalmente en una dirección o en ambas direcciones como un código de barras bidimensional llamados códigos QR.

Otro sistema de identificación usado para personas son los biométricos los cuales usan cualidades del humano únicas como identificación tales como la voz, huella dactilar, por pupila por formas de partes del cuerpo como rostro o forma corporal.



Figura 1. Código de barras con caracteres OCR y código QR.

Como se muestra en la figura 2 el ojo o la huella dactilar puede crear una identificación única.

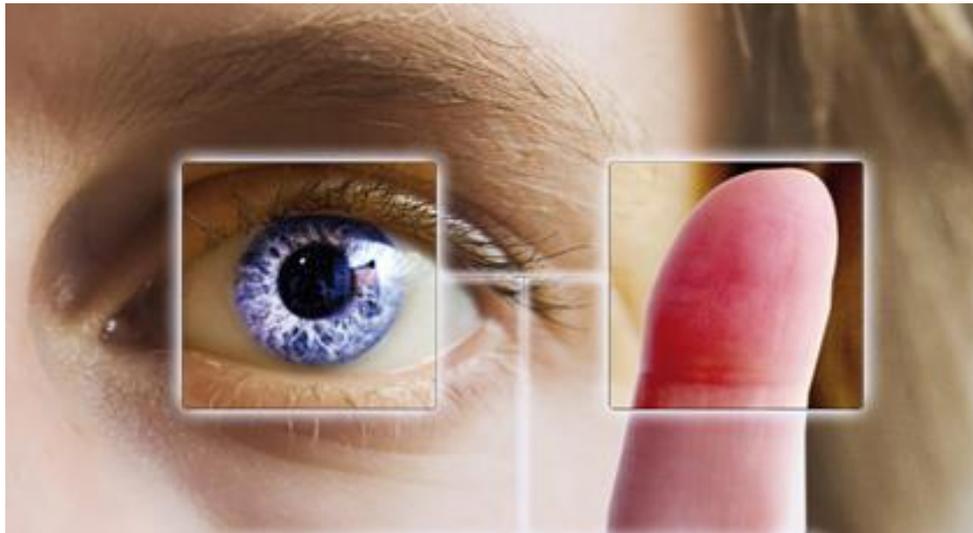


Figura 2. Parte del cuerpo con patrón identificable.

Las tarjetas inteligentes son un sistema de almacenamiento electrónico de datos útiles para identificación de personal, En la actualidad la tecnología que ha facilitado la identificación de objetos es RFID.

La identificación por radiofrecuencia que es una tecnología de comunicación de corto alcance que permite identificar un objeto por medio de ondas inductivas.

El concepto de RFID se basa en una tecnología llamada IFF (*Identification Friend or Foe*) que data de principios de la primera guerra mundial para la identificación de aviones detectando si eran aliados o enemigos, como se muestra en la figura 3 una base envía una onda electromagnética la cual recibe una respuesta por parte de aviones amigos y no recibe respuesta por parte de aviones enemigos identificando posibles amenazas. Con este hecho se iniciaron las bases y principios de operación de RFID; esta tecnología la cual se desarrolló en los años 70's tuvo un gran auge e interés de investigación debido a sus posibles usos y el potencial que tenía, hasta los años 90's gracias a su uso comercial se expandió como tecnología viable para identificación, control más robusto y simple de usar.

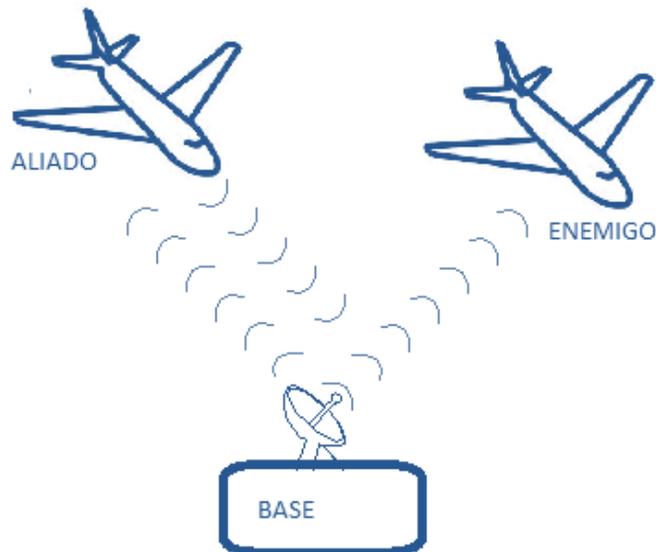


Figura 3. Sistema de identificación amigo enemigo.

Bajo la tecnología RFID se sentaron las bases de NFC que es un sistema de comunicación de corto alcance que se puede incorporar en dispositivos móviles con tarjetas inteligentes para la transferencia de datos de forma sencilla y segura; inicialmente enfocado a pagos bancarios, esta tecnología de comunicación surgió por la inquietud de transferencia de pequeños datos entre un dispositivo móvil y una tarjeta.

La tecnología RFID sirve para la identificación de objetos “tags” por medio de ondas de radio frecuencia; consta de un host, un lector y un tag como se muestra en la figura 4.

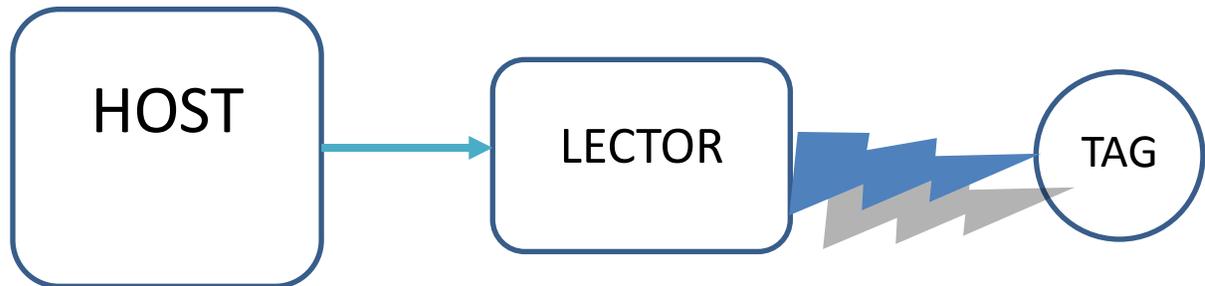


Figura 4. Sistema de comunicación RFID.

El *host* es el cerebro del sistema encargado de controlar las acciones de la aplicación RFID; envía los comandos para la ejecución de las funciones del lector, define el tiempo de lectura, potencia de la antena, procesa los datos recibidos del tag por ejemplo controlar una base de datos o acceso de usuarios. Es una computadora de propósito específico que se conecta un lector RFID.

El siguiente elemento del sistema es un bloque lector, este genera un campo electromagnético que capta el tag; el tag como último elemento de un sistema RFID envía datos binarios como respuesta a la señal captada que fue enviada por el lector.

2.2 Tag

Este es dispositivo que contiene la información que transmite al lector. Cada tag, etiqueta o transpondedor consiste en un encapsulado con una pequeña antena y un pequeño chip como se muestra en la figura 5.

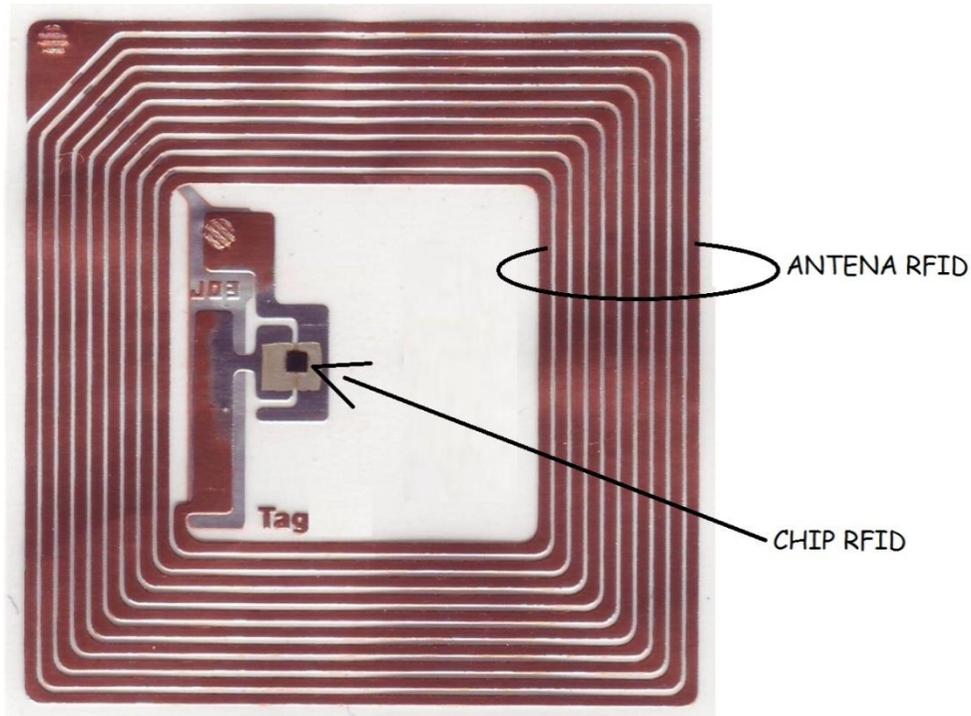


Figura 5. Estructura tag RFID.

Para el diseño de la antena se toman en cuenta parámetros físicos como la longitud, el tipo de acoplamiento y su resonancia que impactan directamente con la distancia de lectura.

La antena está diseñada para trabajar a una determinada banda de frecuencia la cual puede ser baja o alta, clasificando las bajas frecuencias en Kilo Hertz y altas frecuencias a Mega y Giga Hertz, como se muestra en la tabla 1.

Frecuencia	Denominación	Distancia de lectura
125Khz - 134 KHz	LF (Baja frecuencia)	Hasta 45cm
13.567Mhz - 16.553Mhz	HF (Alta frecuencia)	De 1 a 3m
40 MHz – 1000 MHz	UHF (Ultra alta frecuencia)	De a 10m
2.45 GHz – 5.4Ghz	Microondas	Más de 10m

Tabla 1. Frecuencias RFID.

La banda de frecuencias por abajo de 135KHz es mayormente usada para identificación de animales debido a su alto grado de absorción en agua así como en animales, teniendo un bajo consumo de energía.

El rango de frecuencias de 13.56MHz a 16.553 MHz tiene un gran uso debido a su tasa alta de transmisión entre 106Kbps y 848Kbps, sobre esta banda trabaja la tecnología NFC.

El rango de frecuencias entre 4Mhz a 100Mhz está localizado en el espectro de frecuencias más bajo de la ultra alta frecuencia, la distancia de lectura y la tasa de transmisión aumenta.

Las bandas de frecuencia entre 2.4GHz y 5.4GHz es usado para distancias mayores como indica la tabla 1, para aplicaciones industriales principalmente.

La antena es inducida por el campo generado por el lector la cual convierte el campo en energía que alimenta al chip, este proceso se llama acoplamiento, el cual puede ser inductivo o magnético.

Usualmente los tags tiene un pequeño sistema de almacenamiento de energía el cual es un capacitor para el procesamiento de los datos en pequeños intervalos de milisegundos donde la potencia del campo de radio frecuencia varia un poco sin perder el procesamiento de los datos.

Los sistemas RFID tienen dos diferentes formas de acoplamiento las cuales determina si opera en campo cercano o campo lejano, estas son por acoplamiento de carga y por retro dispersión respectivamente, como se muestra en la figura 6 para bajas y alta frecuencia se acopla por carga; para ultra alta y microondas se acopla por retro dispersión.

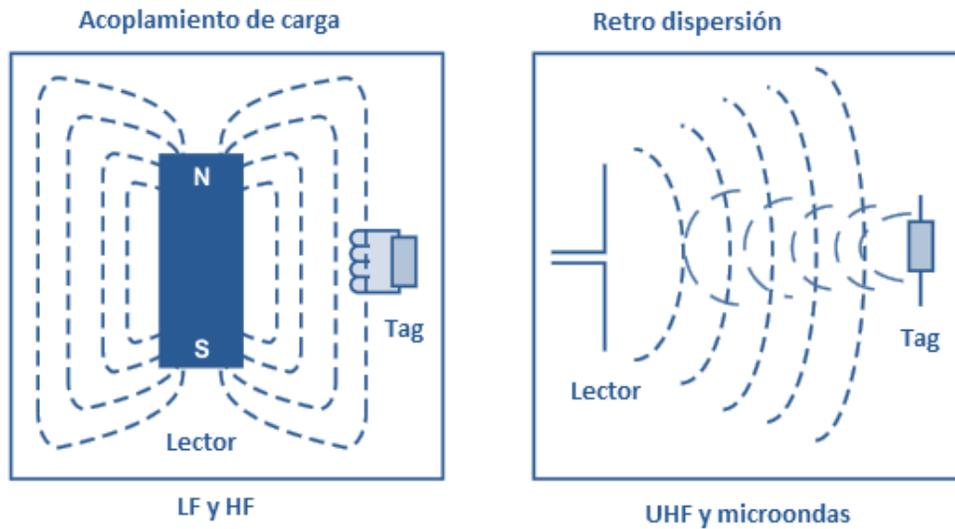


Figura 6. Tipos de acoplamiento.

Para la comunicación de campo cercano de unos cuantos centímetros el tag se acopla con el lector a través de un campo inductivo electromagnético, las antenas de ambos están construidas con bobinas; la tecnología NFC se basa en este tipo de acoplamiento mediante campos magnéticos.

Para la comunicación a campo lejano de RFID acopla el lector y tag través de la retro dispersión, este fenómeno se basa en el fenómeno cuando una onda electromagnética choca con una superficie y parte de la energía es reflejada hacia el transmisor, la cantidad de energía reflejada depende de la resonancia de la superficie con la frecuencia de la onda electromagnética, los tag usan este fenómeno para responder a los lectores con sus antes acopladas a estas frecuencias, modificando las propiedades de resonancia de la antena del tag refleja la señal.

Existe un acoplamiento experimentalllamado electroestático el cual se basa en dos placas cargadas en el lector y el tag enviando entre si cargas de electrones entre ellos, el área de la placa determina el rango de acoplamiento.

Existen ciertos problemas de acoplamiento por modulación de carga ya que los tags trabajan por la captación de radiación electromagnética uniforme de onda de baja y alta frecuencia por lo que cuando el tag no recibe uniformemente el campo producido por el lector la comunicación es fuertemente interrumpida, también hay zonas en las

que la posición del tag complican la lectura llegando hasta zonas donde hay nula lectura siendo invisibles para el lector por el acoplamiento de los campos electromagnéticos.

La selección de la frecuencia está relacionada con la distancia entre lector y tag, puede proveer una cantidad aceptable de campo inductivo de acoplamiento; como se muestra en la figura 7 con tres diferentes frecuencias se puede notar el cambio de la potencia del campo de inducción de las frecuencias bajas, conforme la distancia aumenta la fuerza del campo magnético disminuye; las frecuencias de 6.75MHz y 27.125MHz tienen un decaimiento menor de fuerza de campo magnético después de 10m.

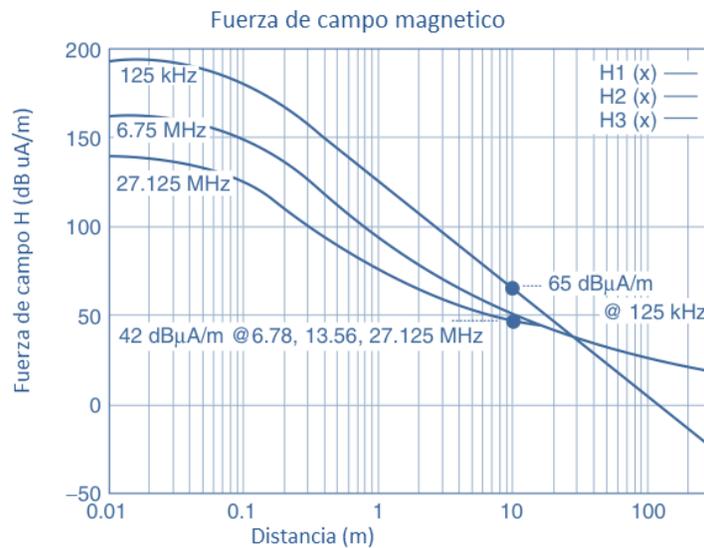


Figura 7. Fuerza de campo magnético a diferentes frecuencias.

En la figura 8 se observa como a una misma potencia de campo magnético la distancia varía en cada frecuencia pudiendo ver que las frecuencias cercanas a 10Mhz tiene un mejor rendimiento.

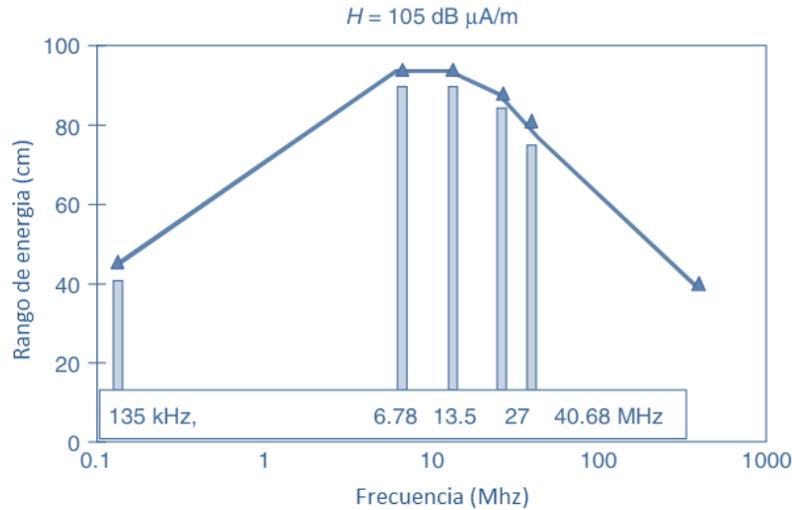


Figura 8. Rendimiento de diferentes frecuencias.

El chip que consta de un radio receptor, un radio emisor, un modulador de radio comunicaciones, un controlador lógico y un espacio de memoria; este chip se encarga de demodular la señal del lector; de generar las ondas de radio que la antena envía al lector; existen dos tipos de tags clasificados según la fuente que utilizan para energizar el chip en activas y pasivas, en la siguiente sección se describe cada una.

El tamaño de la memoria de un tag puede ser únicamente de lectura o de lectura y escritura, para sistemas RFID son más comunes solo de lectura ya que lo que interesa en el EPC (*Electronic Product Code*) grabado en el tag el cual lo identifica.

2.2.1 Pasivas

Los tags pasivos no necesitan fuente de alimentación interna, son circuito resonantes que reciben energía por medio del campo creado por la antena interna del lector que es capaz de proveer la energía a cierta frecuencia, activando el circuito integrado del tag que envía una respuesta que interpreta el lector, este tipo de tarjetas tiene un alcance limitado dependiendo de la potencia del lector, de la frecuencia de resonancia del circuito, así como el tamaño de la antena que posean los transpondedores, desde varios milímetros hasta 3 metros de distancia, siendo más económicos y su fabricación más fácil, también son más pequeñas desde el tamaño en un grano de arroz que suelen utilizarse en identificación animal o identificación

humana o el tamaño de una tarjeta de crédito, como se había dicho anteriormente estos tags se acoplan por modulación de carga, con frecuencias desde 125KHz hasta 13.56MHz con una tasa de transmisión hasta 640Kbps, el material de construcción comúnmente es PVC ya que no interfiere con el campo magnético.

2.2.2 Activas

Los tag activos poseen en su interior una fuente de alimentación que provee de energía al circuito que establece la comunicación, contiene la información y la alimentación de la antena; la distancia de comunicación de este tipo de etiquetas son amplios en cuestión llegando a un rango útil de cientos de metros dependiendo de la frecuencia y la potencia del lector, con esta fuente se alimenta el chip teniendo la capacidad de poder leer y escribir en la memoria interna, estas etiquetas son más fiables y seguras teniendo una vida útil hasta de 10 años, también son más grandes ya que la pila ocupa un mayor espacio así como la circuitería que se ocupa. Se suelen usar en entornos más hostiles o de difícil acceso incluso se pueden sumergir en agua; son más caros que las pasivas. No hay tags NFC que contengan este tipo de características de fuente de alimentación interna.

El uso de un tag pasivo o un activo depende de la aplicación por lo que las diferencias más importantes se describen en la tabla 2.

Características	Circuito pasivo	Circuito activo
Alcance	1cm – 10m	10 m – 100m
Alimentación	Campo magnético	Batería
Tiempo de vida	Ilimitado	Limitado por la batería
Costo	Desde \$10	Desde \$40
Aplicaciones	Tarjetas inteligentes e inventario	Contenedores de transporte

Tabla 2. Características de tags.

Existe otro tipo de *Tag*RFID denominados semi-pasivos las cuales son una mezcla de los dos anteriores, el chip se activa por medio de una fuente de alimentación

interna, la energía que se requiere para comunicarse con el lector es proveniente del campo electromagnético del lector captadas por la antena resonante de la etiqueta como las etiqueta pasivas, la distancia de lectura supera a los tags pasivos.

2.3 Lector

Este elemento como se había explicado anteriormente es el encargado de generar una señal electromagnética que captara el tag a una frecuencia de resonancia determinada, las funciones básicas del lector son:

- Leer el contenido de tag.
- Escribir en la memoria de “*Smart tags*”.
- Enviar la información leída al host.
- Proveer de energía a tags pasivos.

Un bloque lector RFID está compuesto por tres componentes una antena, un módulo receptor/emisor de radio frecuencia y un controlador electrónico como se muestra en la figura 9.

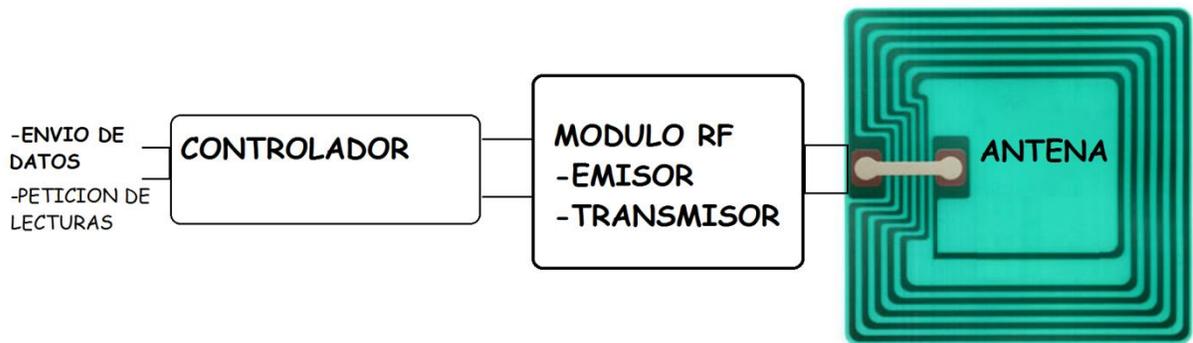


Figura 9. Bloque lector RFID.

El host al solicitar una lectura, el módulo controlador del bloque lector enciende el módulo RF emitiendo una señal digital modulada que recibe la antena, la antena convierte la señal eléctrica en un campo electromagnético que cubre un cierto rango de distancia dependiendo de la frecuencia y la potencia de la señal, el módulo receptor espera la respuesta del tag con información, el controlador la decodifica y envía al host como señal binaria.

La modulación que maneja el bloque de RF puede ser FSK, PSK y ASK siendo la última la modulación comúnmente usada, para el envío de la señal digital se usan diversos códigos de líneas los cuales son NRZ, Manchester, Unipolar RZ, Miller, DBP y código pausa pulso, siendo el Manchester y Miller los más usados.

Los lectores tienen funciones más críticas como lo son la implementación de la anticolidión la cual nos permite leer varias tarjetas RFID con un mismo pulso de RF, también establece un sistema de seguridad de autenticación lo cual impide que tags no autorizados sean leídos por el lector así como la encriptación y la comprobación de errores.

La lectura involucra la transmisión en el medio, como el medio es el espacio se accede mediante tres formas las cuales son.

- *Space Division Multiple Access (SDMA)* Acceso múltiple por división de espacio el cual se enfoca en segmentar la lectura del lector hacia diferentes puntos mediante la antena la cual se enfoca a zonas donde lee transpondedores ubicados lejos entre sí, así asegurando que no habrá interferencias entre ellos, es un método relativamente costoso con así como la implementación de la circuitería electrónica como la antena.
- *Frequency Domain Multiple Access (FDMA)* Acceso múltiple por dominio de frecuencia establece un control sobre las interferencias enviando las lecturas a diferentes frecuencias, una de las desventajas es el elevado costo del lector que puede trabajar a diferentes frecuencias.
- *Time Domain Multiple Access (TDMA)* Acceso múltiple por dominio de tiempo establece la disponibilidad del uso del canal de transmisión mediante la división del tiempo entre todos los transpondedores cronológicamente, este método es ampliamente utilizado en sistemas RFID.

La múltiple lectura con un lector a una misma frecuencia y en un espacio determinado es implementada por un sistema de anticolidión una de las tareas del lector, es una de las características más sobresalientes de esta tecnología haciendo

posible la lectura de varios tags que estén en el rango de lectura como se muestra en la figura 10.

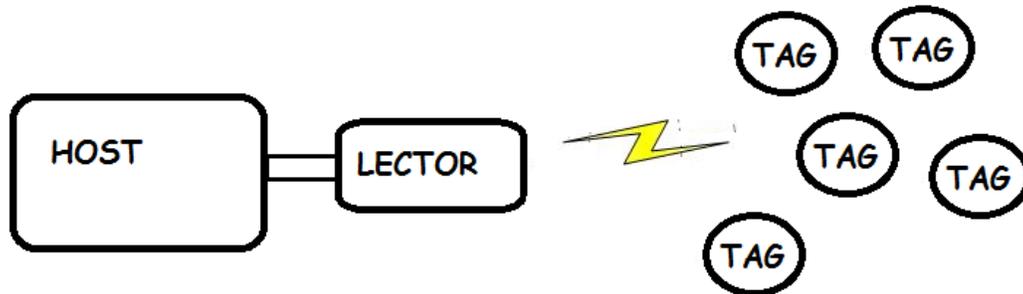


Figura 10. Múltiple lectura.

La anticolisión es el acomodo de los datos enviados por varios transpondedores cada uno conociendo el tiempo en el que envían sus datos hacia un solo lector sin que las señales se sobrepongan una con otra y así la pérdida de datos, para esto se ocupa el siguiente método de lectura enviado una solicitud para buscar tags dentro de su cobertura y enviaran un paquete de identificación, todas las etiquetas dentro del área de cobertura serán leídas y contestaran la solicitud reflejando el paquete de “pregunta”, añadiendo en el campo el paquete de identificación de valor aleatorio de 16 bits, de esta manera el primero que contenga el inicio (un cero), será el primero en ser leído por el lector. El lector convierte el campo en slots, de tal manera que cada slot será atribuido a cada etiqueta, para identificarse de manera ordenada.

El lector enviara un comando de inicialización de transmisión que contiene a modo de número de secuencia el valor del campo de identificación de cada etiqueta la cual tendrá mayor prioridad la que inicio con 0. La etiqueta interpreta este mensaje como válido y genera a su vez un paquete ACK cuyo adjunto será el identificador EPC el cual es un número de identificación único de cada tag. El lector al recibir el ACK, envía un comando de “pregunta” que hace el decremento el valor del campo de identificación de cada etiqueta y mantiene en espera la etiqueta que respondió.

Al decrementar el tag comenzara el ciclo de lectura empezando con la etiqueta con el último número de identificación N-1 donde N es el número máximo de dispositivos y así sucesivamente hasta llegar la primer tag.

El lector realiza procesamiento de datos, este consta de varias rutinas que complementan la comunicación haciéndola más confiable y segura, en primer lugar se busca abatir los errores de transmisión debido al ruido del medio, entre ellos se encuentra la revisión de paridad, LRC y el CRC, así tratando de hacer una corrección o la retrasmisión de toda la información.

El procedimiento de prueba de paridad es un método de detección de errores que revisa una paridad de un bit incorporado en cada byte que se transmite donde una cadena de 9 bits contiene la información teniendo en el noveno bit la paridad del mismo el cual nos indica de manera simple un posible error.

El código LRC “*Longitudinal Redundance Check*” o suma XOR es un método simple y rápido de detección de errores, este es generado por una suma recursiva XOR en todos los datos del bloque, así que este código hace un recorrido Bite por bite arrojando un numero al final del bloque, si este es el mismo que el receptor comprueba el bloque de información está correcto.

El código de redundancia cíclica CRC “*Clyclic Redundance Check*” puede revisar un bloque de información más grande usado mayormente en comunicación alámbrica e inalámbrica como RFID, como los anteriores código este puede encontrar los errores sin embargo no corregirlos, este se basa en la división de un polinomio establecido llamado generador polinomial siendo útil para la detección de más de un error en el bloque de bites.

2.4 Arquitectura NFC

La comunicación NFC se basó en los sistemas RFID el cual permite el intercambio de datos entre dispositivos a corta distancia, mediante un acoplamiento inductivo se genera un campo magnético a 13.56MHz que transmite la información, trabaja a una

distancia máxima de 20 cm; con una tasa de transmisión de 106, 212 y 424Kbps, usando una modulación ASK 100% y 10% el cual consiste en tomar un nivel bajo como 0v o 10% de la amplitud respectivamente, con codificación Miller modificada o Manchester, soporta dos modos de funcionamiento un activo y un pasivo, como se muestra en la tabla 3 las modulación y codificación depende de tasa de transmisión y tipo de funcionamiento.

TASA DE TRANSMISION	DISPOSITIVO ACTIVO	DISPOSITIVO PASIVO
106 Kbps	Miller modificado, 100%, ASK	Manchester, 10%, ASK
212 Kbps	Manchester, 10%, ASK	Manchester, 10%, ASK
424 Kbps	Manchester, 10%, ASK	Manchester, 10%, ASK

Tabla 3. Tipos de modulación y codificación.

En el funcionamiento activo ambos dispositivos generan su propio campo electromagnético, que utilizarán para transmitir sus datos y en el pasivo sólo un dispositivo genera el campo electromagnético y el otro se aprovecha de la modulación de la carga para poder transferir los datos. El iniciador de la comunicación es el encargado de generar el campo electromagnético.

Se ha estado implementando en los últimos teléfonos, el sistema cuenta con dos modos de transmisión pasivos y dos activos como se muestra en la figura 11.

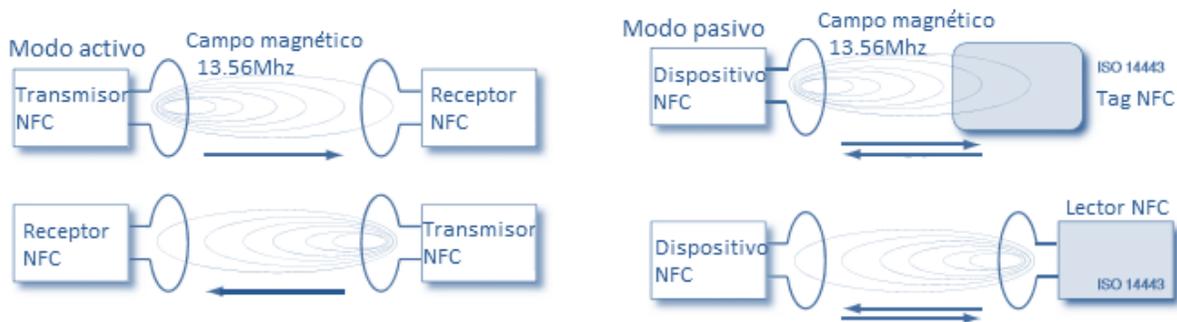


Figura 11. Comunicación NFC.

La comunicación activa consiste en la transmisión de datos entre dispositivos NFC enviando o recibiendo, la comunicación pasiva puede ser como lectura de tags donde puede leer y escribir en los tags inteligentes o “smart tags” o como emulación de tarjeta donde el dispositivo NFC actúa como un tag para ser leído.

Un sistema de NFC cuenta con “*smart tags*” los cuales son tags de lectura escritura que interactúan con el lector, hay tamaños desde 64Bits donde solo contienen información de identificación, hasta de 2Kbits los cuales tienen un espacio más amplio de almacenamiento de información de datos de lectura y escritura, el estándar de los tag NFC los cuales se usan en el presente trabajo son de 1Kbit el cual se dividen en 16 sectores siendo el primer sector únicamente de lectura e identificación del tag los demás de lectura escritura, estos tienen la opción de encriptación de información.

2.5 Estándares

La estandarización tiene como objetivo el correcto funcionamiento y acoplamiento del sistema de comunicación RFID en todo el mundo o por lo menos en la mayor parte ya que el uso de las frecuencias es diverso en algunos países por lo que la regulación de las frecuencias de operación dependen de cada país cada uno asignando el espectro de frecuencias para los diferentes sistemas de comunicación como televisión, radio, satélite, buscando las frecuencias ISM preferentemente.

En materia del funcionamiento interno como en el caso de los procedimientos de codificación de anticolisión de lectura así como los protocolos son procedimientos establecidos los cuales dependiendo el diseño y la aplicación pueden variar un poco; entre los estándares RFID están incluidos en los estándares de la organización internacional de normalización ISO por sus siglas en inglés (*International Organization for Standardization*) así como la comisión de electrotecnia internacional IEC por sus siglas en inglés (*International Electrotechnical Commission*) y el código de producto electrónico EPC, los estándares más significativos para RFID son.

- ISO 1784 – Define la estructura para tags RFID en animales, los cuales pueden ser identificados por un código único.
- ISO 11785 – Define las características técnicas de los tags RFID para identificación de animales y los parámetros de comunicación entre tag y lector.

- ISO 10536 – Describe los parámetros de tarjetas de identificación y tarjetas inteligentes así como los parámetros para el acoplamiento inductivo por proximidad con distancia de 7-15cm en la banda de frecuencias de 13.56Mhz el cual sirvió como base para los estándares que dan origen a NFC.

Parte 1: Características físicas

Parte 2: Dimensión y localizaciones de áreas de acoplamiento

Parte 3: Señales electrónicas y procedimientos de reinicio

Parte 4: Respuesta a reinicio y protocolos de transmisión

- ISO 14443 – Estándar que describe las tarjetas inteligentes, los parámetros para el acoplamiento inductivo con lecturas de 1 a 10cm en la banda de frecuencia de 16.56Mhz, NFC se basa es este estándar el cual se divide en 4 partes.

Parte 1: Características físicas

Parte 2: Poder de radio frecuencia e interfaz de señal

Parte 3: Inicialización y anticolidión

Parte 4: Protocolos de transmisión

- ISO 18000 Establece las bandas de frecuencias así como los parámetros de la interfaz aérea dividido en 7 partes de los cuales la primera establece en frecuencias aceptadas, de la segunda parte hasta la séptima describen los parámetros de frecuencias a 125KHz, 13.56MHz, 860-930MHz y 466MHz respectivamente.
- ISO 15961 – Establece el protocolo de datos así como especificaciones de la interfaz, los formatos de almacenamiento, la compresión de los datos.
- ISO 15962 – Establece los protocolos de datos enfocado a la codificación y funciones de la memoria lógica.
- ISO 15963 – Especifica el número único de identificación de los tags RFID.

Los estándares de la EPC están orientados a especificar parámetros del número de identificación así como especificaciones del tag, la comunicación para interfaces de alta y ultra alta frecuencia, los protocolos del lector, el tipo de servicio para el cual se usa el tag, así poder identificar de qué tipo de producto realizando el proceso de inventario y logística más eficiente, así como el lenguaje de marcado físico que busca proporcionar un vocabulario estándar para representar y distribuir información de identificación. Los estándares de la EPC nos muestran los diferentes tipos de tags divididos por tipos de clases como se indica en la tabla 4.

Clase EPC	Definición	Programación
Clase 0	Solo de lectura tag pasivo	Programado en fabrica
Clase 1	Una escritura tag pasivo	Programación por usuario final
Clase 2	Regrabable Tag pasivo	Puede ser reprogramado varias veces
Clase 3	Regrabable Tag semi-pasivo	Puede ser reprogramado varias veces
Clase 4	Regrabable Tag activo	Puede ser reprogramado varias veces

Tabla 4. Clases de tags por EPC.

2.5.1 Estándar ISO/IEC 14443

NFC basa su funcionamiento en este estándar, designando las características físicas, los protocolos de funcionamiento, por lo que esta tecnología a nivel mundial es la misma y la compatibilidad con todos los dispositivos que incorporan esta tecnología es universal, el estándar define al lector como dispositivo de acoplamiento de proximidad PCD "Proximity Coupling Device" y el tag como la tarjeta de circuito integrado de proximidad PICC "Proximity Integrated Circuit Card" este estándar se divide en cuatro partes.

- Parte 1, las características físicas: Entre las especificaciones esta la antena en el tag de clase 1, clase 2, clase 3 y clase 4 se deben definir dos rectángulos para la localización de la antena, estas dimensiones están referidos en el

ISO/IEC 7810 así como el requerimiento eléctricos definido en el estándar ISO/IEC 10373

- Parte 2, la energía de radiofrecuencias e interfaz de la señal proporcionando las especificaciones del campo que proporciona energía para la comunicación bidireccional entre los dispositivos acoplados, define la duración del bit el método de codificación Miller así como el cambio de fase binaria, el método de codificación NRL-Z, la subportadora que es usada para modular la portadora, así como el código Manchester, la sincronización entre el inicio de la subportadora y la modulación.
- Parte 3 Inicialización y anticolisión: En el cual se describen características como la aceptación de PICC cuando entra en el campo de una PCD el cual es de 5ms una vez que el PCD detecto el PICC y este acepta el primer contacto en el campo, establece los métodos para detectar la comunicación entre un lector y más de una tarjeta es decir anticolisión.
- Parte 4 Protocolos de transmisión: Define el protocolo de activación de un PICC, el ciclo de anticolisión y seleccionado de la tarjeta, un tiempo de espera de alto para que el PICC reciba el mensaje de disponibilidad y continuar la comunicación, también se describe el formato del bit, así como su longitud, los protocolos de selección de respuesta tanto de inicio de mensaje como de termino y los protocolos del bloque de transmisión *Half-duplex*.

2.6 Aplicaciones, ventajas y desventajas

Se usa para el control sobre la cantidad de los dispositivos que se cuentan del cual se derivan seguridad y cuestiones logísticas usadas en primera instancia como sustituto y mejora de sistemas de seguridad como el código de barras o sistemas OCR aprovechando el sistema electrónico se ahorran tiempo de inventarios teniendo una seguridad más alta y confiabilidad de trabajo más grande, en la actualidad se ocupan en diversos campos los sistemas RFID el más usado es el inventario de productos en un almacén o una cadena de distribución, en bibliotecas para el seguimiento de libros, control de acceso de personal, seguimiento en equipaje de

avión, sistemas antirrobo el cual puede llevar el seguimiento del vehículo o como llave para el acceso también identificación vehicular como control de peajes, identificación de pacientes en un hospital, para identificación de animales como ganado entre otros, al ser un sistema accesible para todo consumidos uno puede adquirir un sistema RFID para identificación y control sobre una casa o negocio, en cuanto a las frecuencias las etiquetas RFID de alta frecuencia se utilizan en bibliotecas y seguimiento de libros, control de acceso en edificios, seguimiento de equipaje en aerolíneas y seguimiento de artículos de ropa.

Para NFC el uso es igual de diverso empezando con el uso por el cual fue creado, el pago de servicios mediante un teléfono celular, sin embargo la amplia gama de usos esta en control de acceso a usuarios, lectura de información por etiquetas inteligentes, almacenamiento de datos en etiquetas inteligentes y fácil acceso a ellas, modificación de funciones de celular por tags, identificación de usuarios, intercambio de archivos a corta distancia, sincronización de dispositivos con NFC.

2.6.1 Ventajas y desventajas

La tecnología RFID ha presentado grandes ventajas lo que ha fomentado su rápida adaptación y el aumento de su uso en diversos campos, la versatilidad y el número de tipo de etiquetas así como sus parámetros la gran versatilidad en las aplicaciones que van desde control de personas e identificación de empleados, como la identificación de cientos de productos al mismo tiempo de una cadena de suministros, pudiendo controlar más a detalle sus productos.

Como es un sistema electrónico el uso de bases de datos y la manipulación de la información es una ventaja que nos permite el uso de computadoras, no se necesita de un escáner que este directamente leyendo el tag ya que este puede estar a cierta distancia incluso entre material que pueda obstruir su acceso, también el uso en medios de difícil acceso.

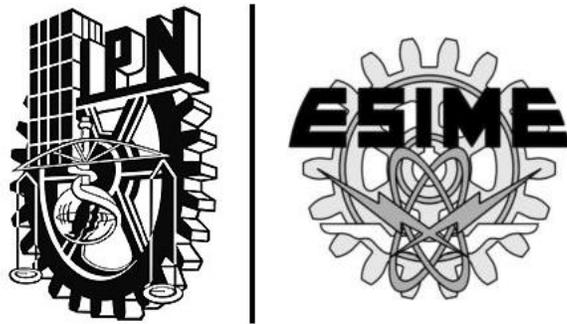
Para el caso de NFC las ventajas son la versatilidad de la tecnología ya que puede ser usada en dispositivos móviles, la seguridad de la comunicación es alta debido a la corta distancia de su operación, la simplicidad de uso del usuario final, ya que se

puede realizar lectura con el teléfono celular este es de fácil acceso para el usuario final con una comodidad que se adapta a las nuevas tendencias tecnológicas.

Entre las desventajas a esta tecnología las cuales son un riesgo para la salud por la exposición de las ondas de radio frecuencia, así como el aislamiento de las etiquetas por aislamiento electromagnético lo cual impide la lectura, la tecnología para suplantar etiquetas así como ataques informáticos, así como el acceso no autorizado de la información y el control no deseado de etiquetas RFID, ya que la etiqueta puede ser leída a distancia atacando la privacidad del consumidor final, la etiqueta sigue funcional aun cuando el producto llega al usuario final, para NFC sus desventajas es la poca capacidad de transmisión de archivos audiovisuales.

2.6.2 NFC en la actualidad

Actualmente las compañías de tecnología están apoyando y desarrollando sistemas NFC para el pago de servicios bancarios con sistemas de seguridad de información realmente altos también aplicaciones de seguridad y control de usuarios, al ser un sistema que puede interactuar con un dispositivo móvil las aplicaciones que se pueden desarrollar son bastantes, debido a lo útil que un dispositivo móvil es hoy en día, la cantidad de modelos de celulares que cuentan con esta tecnología va en aumento; Japón uno de los países pioneros en esta tecnología primero en anuncios donde se facilita el acceso a una dirección electrónica por medio de tags, actualmente los pagos con esta tecnología es común para peaje y metro; España otro país con inmersión en NFC ha desarrollado carteles publicitarios con tags con contenido especial así como el pago de autobús y otros pequeños servicios, actualmente en México no hay un amplio desarrollo de aplicaciones NFC siendo que se han desarrollado diferentes aplicaciones de control y acceso de usuarios en otros lugares; la aplicación de esta tecnología está en crecimiento debido al bajo costo de los tags también por aplicaciones básicas como vinculación entre celulares y personalización de las funciones del celular al detectar un tag.



CAPÍTULO 3 |

Análisis y diseño de la aplicación

3.1 Análisis del problema y planteamiento de la solución

Los sistemas de identificación por radio frecuencia sirven como apoyo al personal para llevar un control adecuado del entorno, por lo que la aplicación de estos sistemas en un negocio trae beneficios tales como un mayor control sobre las ventas, un inventario más factible, sistemas más prácticos; uno de los negocios con fuerte actividad hoy en día son las cafeterías las cuales tienen productos seleccionados que requieren una venta rápida a ciertas horas del día.

Una de las problemáticas en las cafeterías es el aglomeramiento de los clientes en la caja de ventas al ordenar su producto, ocupando más de un empleado para la venta de los productos; esto repercute en el tiempo de espera de los clientes y en los costos de personal por parte de la cafetería; desarrollar un sistema que mejore el proceso de venta de una cafetería optimizaría el tiempo de espera de un cliente, mejoraría la organización de la cafetería y los costos operativos a mediano plazo debido a la adaptación del sistema por parte de clientes y empleados. De acuerdo con lo anterior podemos enlistar las siguientes necesidades:

- Identificación de cada producto de la cafetería y de los clientes.
- Acortar tiempo de compra de los clientes.
- Sistema autónomo de venta, el cliente elije y pague.
- Seguimiento de las ventas para mejora del servicio a mediano plazo.
- Fácil uso por parte del cliente.

Un sistema que facilite el procedimiento de ventas, así como el seguimiento a los clientes, sirve como retroalimentación para mejoras internas las cuales permiten identificar fortalezas y debilidades del negocio. Esto permite desarrollar un plan para mejorar las ventas. En la actualidad es casi una necesidad el control y monitoreo de ventas buscando un sistema novedoso y práctico, el cual ofrezca ventajas de anticipación de compra de insumos, personalización de clientes y un programa de beneficios a largo plazo como retribución a las compras realizadas en un periodo determinado.

Después de un análisis de las diferentes tecnologías de comunicación de corto alcance, realizada en el capítulo 1, es posible ofrecer una solución. El costo de implementación de Bluetooth es elevado debido a los múltiples módulos que se deberían implementar, IrDA no alcanza a cubrir la comunicación ya que se necesitarían bastantes dispositivos siendo costosa su implementación; Zigbee funciona mejor para aplicaciones domóticas, el uso de RFID sería una excelente opción para el sistema. Sin embargo pensando en los alcances que pudiera tener optamos por plantear la solución sobre la tecnología NFC, la cual se adapta a las necesidades del sistema, ya que la banda de frecuencias de trabajo nos brinda una seguridad para la transmisión de datos así como la identificación de los productos a vender y el perfil del cliente de la cafetería.

El diseño de un sistema NFC que permita el control y monitoreo de las ventas, la vinculación de la venta hacia un cliente por medio de una base de datos y el uso de *Tag* para la identificación de productos; ofrecería una amplia selección de opciones así como una manera práctica, y diferente, de compra en una cafetería.

La propuesta de solución debe cumplir con características como: ser práctico, contar con un sistema de base de datos, realizado en un lenguaje de programación de alto nivel e interfaz de usuario, que facilite la interacción con la compra.

El sistema identificará al usuario mediante un *Tag*, tendrá la opción de recarga o compra; la primera opción dependerá de un agente externo como un cajero y a largo plazo una máquina que cargue saldo; el proceso de compra será realizado con *Tag* de productos los cuales al ser leídos se cargará la compra. El programa mostrará una interface gráfica de usuario que conectará a una base de datos donde se tendrá el control de las compras, los datos para estadísticas y retroalimentación del negocio.

3.2 Arquitectura del sistema propuesto

La arquitectura propuesta del sistema consiste en dos modos de cobro, el primero asistido y el segundo autoservicio. El sistema asistido requiere de un personal de la

cafetería para realizar recargas al cliente y venta de producto por medio de *Tag* como se muestra en la figura 1.

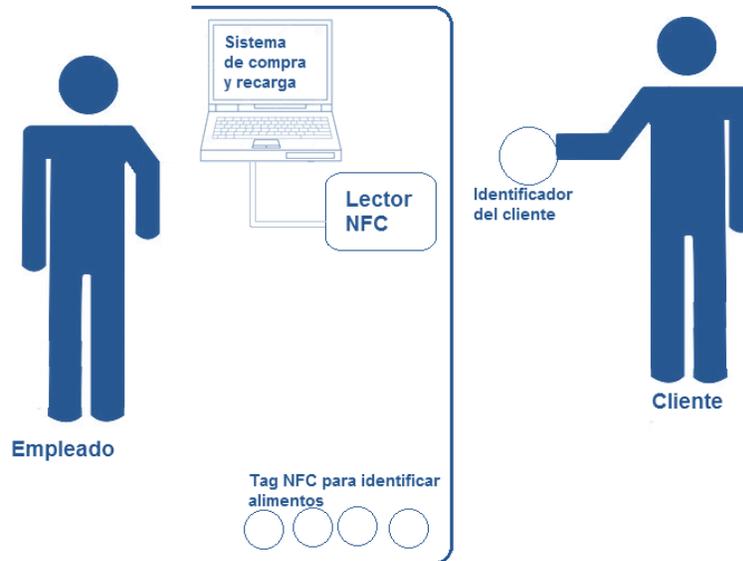


Figura 1. Sistema de cobro asistido.

El usuario tendrá un tag de identificación único registrado en la base de datos, al identificarse tendrá dos opciones compra o recarga. La recarga, asistida por el cajero realiza la carga del nuevo saldo. El primero es la compra, asistida, por medio de *Tag* que identifica cada uno de los alimentos. El segundo, es un sistema de autoservicio en el que el usuario puede realizar una compra sin la necesidad de un personal en la cafetería, como se muestra en la figura 2.

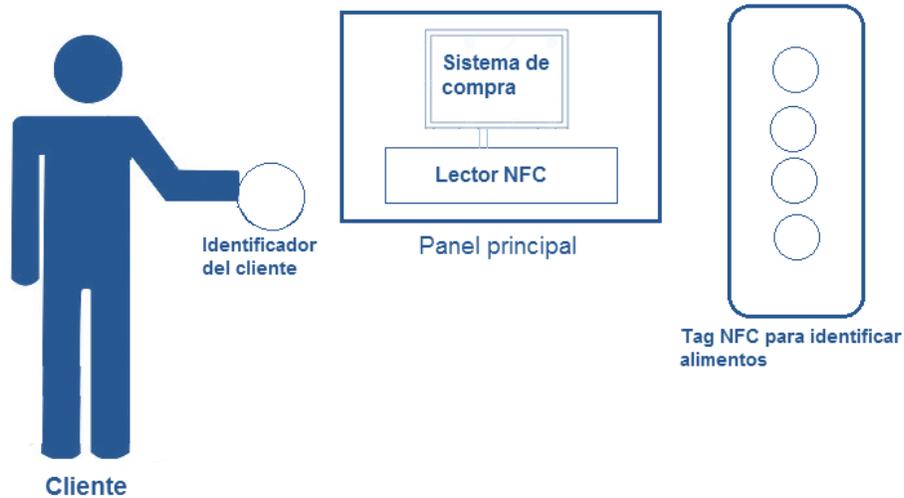


Figura 2. Sistema de autoservicio.

El sistema, en ambos casos contará con una parte de hardware que nos permitirá la lectura de los *Tag* de usuario y productos, así como un software que realizará las tareas de compra, manipulación de la base de datos y seguimiento de la actividad del usuario; así como el inventario de productos. El usuario con el tag se identificaría mostrando sus datos en pantalla, pudiendo realizar compras sin superar el saldo actual mediante tags de productos.

El *software* que controlará la identificación y el procesamiento de los datos involucra programación para el dispositivo que enviará la información del lector hacia la computadora, un programa base que interprete la información conteniendo en una pantalla gráfica y una base de datos. En la figura 3 se presenta un diagrama de flujo para el sistema asistido.

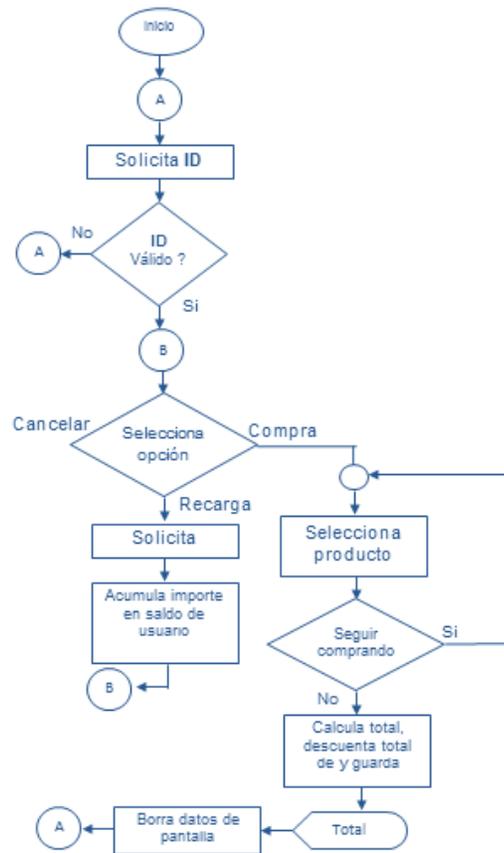


Figura 3. Diagrama de flujo aplicación.

Cabe señalar que para el sistema de autoservicio el diagrama es el mismo excepto por la opción de recarga.

3.3 Selección de hardware

De acuerdo con el análisis realizado en la sección anterior para el desarrollo del sistema requerimos hardware y software. En cuanto a hardware se revisó diferentes modelos de tarjetas lectoras NFC, microcontroladores y tipos de tag eligiendo el que satisfaga los requerimientos para nuestro sistema y además que cumplan con precio accesible y compatibilidad. En esta sección revisaremos algunos componentes de los mencionados anteriormente.

3.3.1 Tarjeta lectora NFC

El funcionamiento del lector se describió en la sección 2.2.1, en esta sección revisaremos las características de algunas tarjetas de lectura como se muestra en la tabla 1.

	Black Box Novoid	Rfid Ereader	Pn532	Rfid-rc522
Disponibilidad	Baja	Baja	Media	Alta
Estándares	ISO 18000	ISO14443	ISO 14443	ISO 14443
Software	Propio	Propio	Librerías CSS	Librerías CSS
Conexión	USB	USB	SPI/I2C, FTDI	SPI
S.O.	Windows	Windows, Linux, Mac OS	Tarjeta de desarrollo	Tarjeta de desarrollo
Soporta NFC	NO	SI	SI	SI
Costo	\$2500	\$1500	\$600	\$250
				

Tabla 1.Comparación de lectores NFC.

Se comparó parámetros como disponibilidad en el mercado, estándares bajo los que opera, tipos de programación, tipo de conexión a host, sistema operativo que soportan, soporte NFC y costo.

Analizando las diferentes opciones se optó por el modelo rc-522 debido a la disponibilidad en venta, las librerías se adecuan a programación CSS mediante la conexión de un controlador, lo que reduce el costo del sistema, la distancia de trabajo

es óptima para la lectura teniendo un sistema seguro compatible con el estándar ISO 14443 el cual es compatible con NFC, el costo es accesible para el sistema.

3.3.2 Microcontrolador

El dispositivo que sirve como interface entre la tarjeta lectora y la computadora es el microcontrolador, ver figura 4.

Manda las señales e interpreta los códigos que recibe del lector, tenemos una gran variedad de familias para elegir, entre los parámetros de interés se encuentra la velocidad, el tipo de comunicación con los periféricos, lenguaje de programación así como el costo, tamaño de memoria interna y la disponibilidad en el mercado.

En primer lugar tenemos los PIC que son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por *Microchip Technology Inc.* El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, cuyo número puede variar desde 35 para PICs de gama baja a 70 para los de gama alta y lenguaje nativo de ensamblador.

Entre las características tenemos, núcleos de CPU de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada, memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes, puertos de E/S, temporizadores de 8/16/32 bits, periféricos de comunicación serie síncronos y asíncronos USART, AUSART, EUSART; como se muestra en la figura 4 el microcontrolador tiene puertos digitales, analógicos, alimentación y pines de señal de reloj.

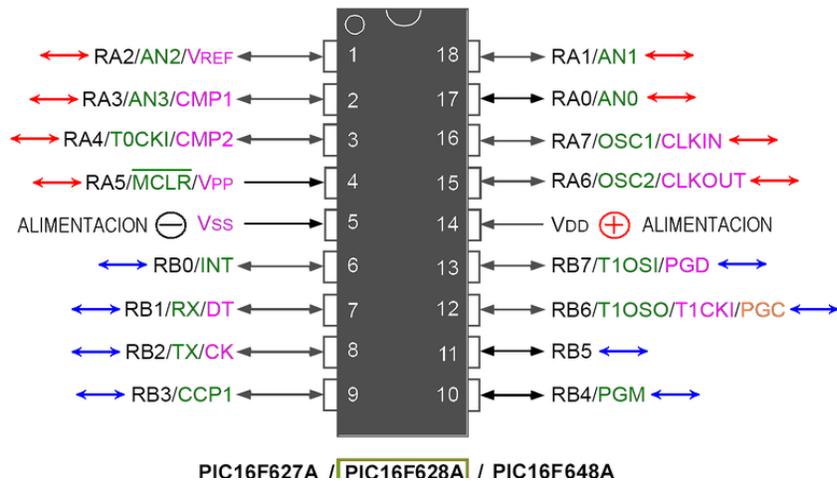


Figura 4. Microcontrolador PIC familia 16.

Por otro lado los AVR son una familia de microcontroladores RISC del fabricante estadounidense *Atmel* son comúnmente usados por la simpleza de su programación así como la versatilidad para aficionados, estos micro controladores son usados en las placas de desarrollo Arduino, el cual es una plataforma con puertos de entrada/salida digitales y analógicos, contiene un reloj interno, chip de interface USB para programación con computadora como se muestra en la figura 5, por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación *Processing/Wiring* y el cargador que es ejecutado en la placa.

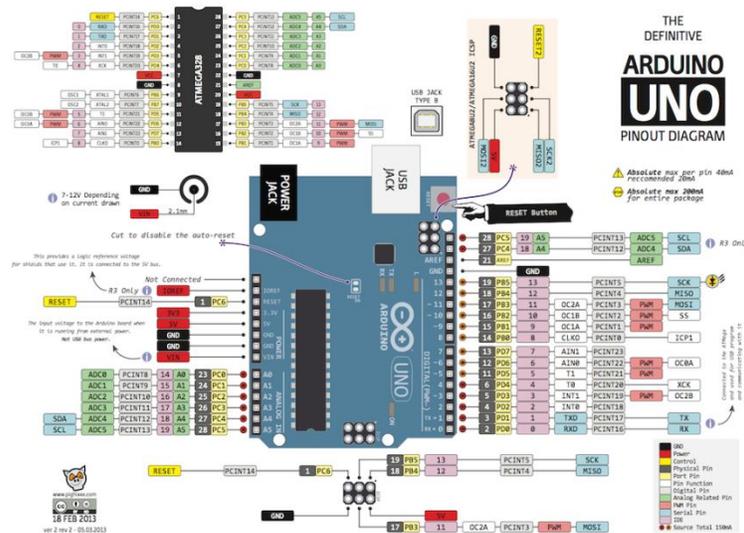


Figura 5. Diagrama Arduino.

Una de las grandes ventajas es el libre uso del software ya que fue creado para fines educativos y científicos, puede tomar información del entorno a través de sus entradas y controlar luces, motores y otros actuadores. Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectar a un computador, cuenta con puertos de entrada salida delimitados y conversores analógico digital. Entre las plataformas de programación disponibles son, Adobe Director, C, C++, C#, Objective-C, Java, Php, Python, Matlab, por lo que su multiplataforma lo hacen versátil.

También tenemos el MSP430 que es una familia de microcontroladores fabricados por *Texas Instruments*. Construido con una CPU de 16 bits, está diseñado para aplicaciones empotradas de bajo costo, sistemas inalámbricos de ultra bajo consumo de energía.

La CPU usa una arquitectura von Neumann, con direccionamiento simple para las instrucciones y los datos. La memoria se direcciona por bloque de 1 byte, y los pares de byte se combinan en forma endianness para hacer palabras de 16 bits.

El procesador contiene 16 registros de 16 bits. R0 es el contador de programa, R1 es el puntero de pila, R2 es el registro de estado, y R3 es un registro especial denominado generador constante, que provee acceso a 6 valores constantes utilizados comúnmente, sin requerir el uso de un operando adicional. Los registros desde el R4 hasta el R15 son para uso general.

El conjunto de instrucciones disponible es muy simple; hay 27 instrucciones agrupadas en tres familias. La mayoría de las instrucciones son de 8 bit y 16 bit, dependiendo del valor de un bit llamado B/W, este bit es 1 para instrucciones de 8 bits y 0 para las de 16 bits. Las operaciones de byte sobre la memoria afectan solo al byte direccionado, mientras que las operaciones de byte sobre los registros al byte más significativo.

Este dispositivo tiene una gran variedad de configuraciones que se agrupan en familias, con velocidades máximas de procesamiento y capacidades de

Son parecidos el Arduino y el MSP430 sin embargo las capacidades del microcontrolador de *Texas Instrument* están diseñadas para aplicaciones más especializadas como la comunicación con los dispositivos, así como la lectura hacia la computadora, siendo más estable el MSP430.

Energía como se había mencionado es una plataforma de creación de prototipos electrónicos de código abierto con el objetivo de llevar el cableado y el marco de Arduino para el Área de ejecución basado Texas Instruments MSP430. Energía incluye un entorno de desarrollo integrado (IDE) que se basa en *Processing*, debido a la amplia librería y la conexión directa nativa vía UART con el *host* emulando un puerto serial, se programara el microcontrolador MSP430 con esta plataforma, conectando vía USB al *host* que tendrá la interface gráfica y la base de datos.

3.3.3 Tag

Existen diferentes *Tag* NFC en el mercado con capacidades de memoria desde 64bits hasta 2Kbits, tienen un código de identificación único que se requerirá para el sistema, además al ser tarjetas inteligentes es posible leer y escribir en los sectores, como fue descrito en la sección 2.2.2; se pueden usar a futuro para almacenar datos temporales. Existen varios modelos de tags como botones, pegatinas, llaveros y tarjetas. Para el sistema seleccionamos dos modelos diferentes para identificar usuarios y productos. El modelo de llavero para el usuario y la tarjeta para productos ambos con memoria de 1Kbit; en la figura 7 los *Tag*(a) son tarjetas y los *Tag* (b) son llaveros.



(a)



(b)

Figura 7. Tags usadas para productos y usuarios

3.4 Software para la base de datos

SQL (*Structured Query Language*) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones entre ellas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional que permiten efectuar consultas con el fin de recuperar de forma sencilla información de interés de bases de datos, así como hacer cambios en ellas.

SQL es un lenguaje de acceso a bases de datos que explota la flexibilidad y potencia de los sistemas relacionales y permite así gran variedad de operaciones. Es un lenguaje declarativo de alto nivel que, gracias a su fuerte base teórica y su orientación al manejo de conjuntos de registros permite una alta productividad en codificación y la orientación a objetos. De esta forma, una sola sentencia puede equivaler a uno o más programas que se utilizarían en un lenguaje de bajo nivel orientado a registros. SQL también tiene las siguientes características:

- Lenguaje de definición de datos o LDD de SQL proporciona comandos para la definición de esquemas de relación, borrado de relaciones y modificaciones de los esquemas de relación.
- Lenguaje interactivo de manipulación de datos o LMD de SQL incluye lenguajes de consultas basado tanto en álgebra relacional como en cálculo relacional.
- La integridad es decir el LDD de SQL incluye comandos para especificar las restricciones de integridad que deben cumplir los datos almacenados en la base de datos.
- Tiene comandos para especificar el comienzo y el final de una transacción SQL.
- Tiene una característica sobresaliente muy importante ya que se pueden incorporar instrucciones de SQL en lenguajes de programación como: C++, C, Java, PHP, Cobol, Pascal y Fortran.

Existen varios programas de manejo de base de datos entre los que podemos mencionarse encuentra CDBF para Windows es un potente visualizador y editor DBF que permite a los individuos y los usuarios de negocio acceder a los archivos de DBF directamente sin necesidad de programación a través de la interfaz familiar de Windows.

Otro de los más sobresalientes de libre uso es PostGreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, ya que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional, entre las principales características de este gestor de bases de datos son la implementación del estándar SQL92/SQL99, soporta distintos tipos de datos: además del soporte para los tipos base, también soporta datos de tipo fecha, monetarios, elementos gráficos, datos sobre redes, cadenas de bits, etc. También permite la creación de tipos propios.

Tenemos a MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional, licenciado bajo la GPL de la GNU. Su diseño multihilo le permite soportar una gran carga de forma muy eficiente.

Uno de los gestores más usado en el mundo del software libre, debido a su gran rapidez y facilidad de uso, existen infinidad de librerías y otras herramientas que permiten su uso a través de gran cantidad de lenguajes de programación, además de su fácil instalación y configuración.

Entre sus principales características está la optimización de la potencia de sistemas multiprocesador, gracias a su implementación multihilo, soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas, dispone de API's en gran cantidad de lenguajes C, C++, Java, PHP lo cual nos facilitara la conexión entre la base de datos y le lectura del dispositivo RFID, gran portabilidad entre sistemas y gestión de usuarios y contraseñas, manteniendo un muy buen nivel de seguridad en los datos.

Analizando los diferentes programas de manejo de bases de datos se opta por MySQL el cual además de ser un programa de libre uso, la velocidad de

procesamiento es superior así como la portabilidad entre sistemas y la conexión con lenguajes que automatizan las bases.

3.5 Aplicación gráfica

Para la lectura del puerto serial y el acceso a la base de datos que se desarrollara es necesario diseñar un programa que los conecte; también la incorporación de un entorno grafico que ayude al usuario final, desarrollando en programa en un entorno multiplataforma que se puede migrar hacia otras plataformas como los móviles.

Tenemos primero a C que es un lenguaje de programación basado en BCPL orientado a la implementación de Sistemas Operativos, concretamente Unix. C es apreciado por la eficiencia del código que produce y es el lenguaje de programación más popular para crear software de sistemas, aunque también se utiliza para crear aplicaciones.

También uno muy popular es Java su sintaxis deriva mucho de C y C++, pero tiene menos facilidades de bajo nivel que cualquiera de ellos. Las aplicaciones de Java son generalmente compiladas a bytecode que puede ejecutarse en cualquier máquina virtual Java JVM sin importar la arquitectura de la computadora subyacente.

Es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible, lo que quiere decir que el código que es ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra. Para la programación en Java se necesita de un entorno de desarrollo integrado, llamado también IDE (*Integrated Development Environment*) es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica GUI; puede dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o bien puede utilizarse para varios.

Una de las grandes ventajas de Java es su entorno gráfico ya que es amigable, por lo que para el usuario final una aplicación en Java es más visible, así como el tipo de programación con su amplia librería se adapta a las necesidades del sistema, este lenguaje es ocupado para programación Android para aplicaciones móviles, con esta característica el sistema se puede migrar a celulares. La elección de un IDE para nuestro sistema que se adecue a los recursos de la máquina y la conveniencia del programador es importante.

Eclipse es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación de código abierto multiplataforma para desarrollar proyectos usada para desarrollar entornos de desarrollo integrados, como el IDE de Java llamado Java Development Toolkit JDT, su interfaz es simple sin embargo consume bastantes recursos orientado a la creación de aplicaciones Java móviles en entorno Android.

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java, es un proyecto de código abierto de gran éxito con una gran base de usuarios. La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java que contiene clases de Java escritas para interactuar con las APIs de NetBeans y un archivo especial que lo identifica como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos, como el software de libre uso, la interfaz simple y fluida se opta por NetBeans como entorno para desarrollar el programa para la interfaz gráfica.

3.6 Propuesta

De acuerdo con el análisis realizado previamente sobre las necesidades del sistema y las posibles opciones para su desarrollo en la figura 8 presentamos la propuesta del sistema.

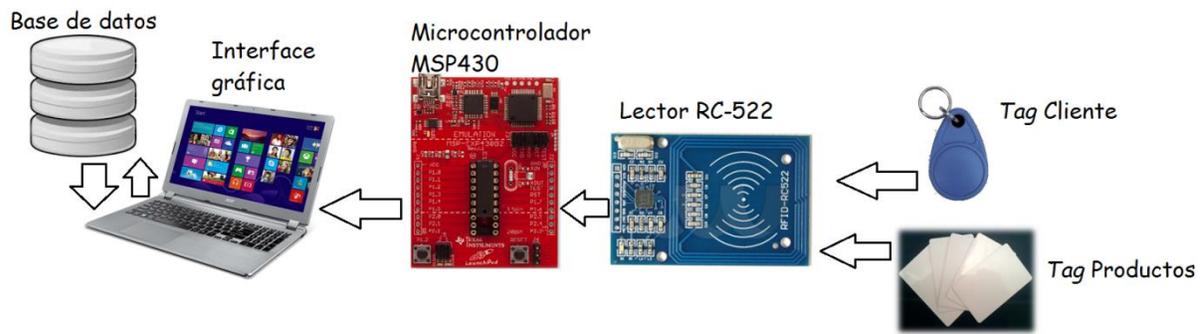
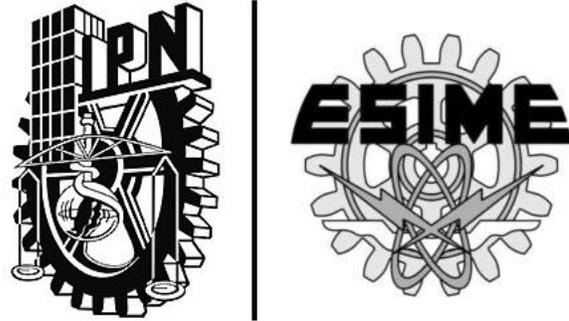


Figura 8. Sistema de hardware final propuesto.

De acuerdo con la figura se tiene lo siguiente:

- Para el desarrollo de la base de datos MySQL y la interface gráfica con Java.
- El host que alberga la base de datos y la interface gráfica es una ACER V500.
- La interface entre la PC y la tarjeta lectora de NFC es un microcontrolador MSP430 con una tarjeta de desarrollo *LaunchPad* de *Texas Instrument*.
- El lector de NFC es el modelo RFID-RC522.
- El Tag para identificación del usuario es uno de tipo llavero y el utilizado para la identificación de los productos es uno de tipo tarjeta, ambos clase 2 de 1Kbit de memoria para lectura y escritura.

En el capítulo siguiente se presenta la configuración de cada uno de los elementos del sistema y las pruebas realizadas al sistema ya integrado.



CAPÍTULO 4 |

Implementación del sistema

4.1 Funcionamiento del sistema

El sistema a desarrollar tiene como objetivo facilitar el cobro y la organización de los clientes de una cafetería; para un seguimiento a futuro y mejora del servicio. El sistema tiene como base la tecnología NFC. Contará con dos tipos de *Tag*, uno con información de identificación de cliente y el otro con la información de productos. La base de datos, en ella se cuenta con información detallada acerca de los productos que se tienen en existencia, la información de los clientes para su seguimiento y retroalimentación del negocio.

El usuario llegará a la cafetería con un *Tag* propio, tendrá dos opciones para realizar su compra. La primera es de autoservicio en la que al identificarse en el sistema puede realizar compras presentando *Tag* de productos, cargar la información en la pantalla y realizar la compra. La segunda opción es asistida por un empleado de la cafetería que, además de ofrecer el servicio de venta, tendrá la posibilidad de realizar alguna recarga al cliente en su cuenta y agregar un nuevo usuario.

Los elementos que componen el sistema se muestran en la figura 1.

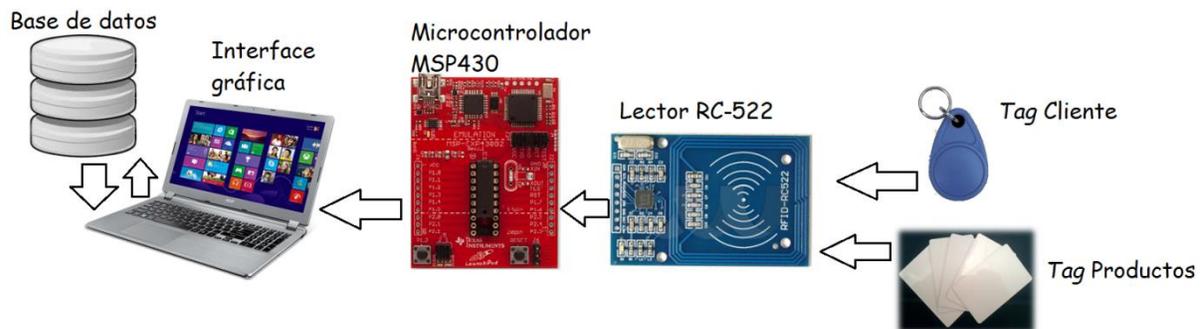


Figura 1. Sistema de hardware final propuesto.

En este capítulo se realiza la implementación de cada uno de los elementos del sistema, así como la integración del sistema en su totalidad.

4.2 Sistema NFC

La autenticación de los clientes se realiza por medio de un tag en forma de llavero que está registrado en la base de datos del sistema, conteniendo su clave única de

usuario, saldo y otros parámetros para mejora del sistema como fecha de ingreso y última visita; la compra se realiza por la identificación con *Tag* de los productos los cuales están registrados en la base de datos.

El sistema de lectura NFC se muestra en la figura 2, consta de una tarjeta de desarrollo “LaunchPad”. Como podemos ver en la figura 2 el microcontrolador MSP430 se conecta con la tarjeta lectora RC-522 por medio del protocolo de comunicación SPI. El MSP430 es el responsable de habilitar la tarjeta lectora y recibir los datos, resultado de la interacción en el Tag y esta.

El programa del microcontrolador que se basa en los estándares ISO14443, entre las funciones de la librería usada están disponibles los protocolos de inicialización, de encendido de antena, los procedimientos de lectura de los sectores de la tarjeta.

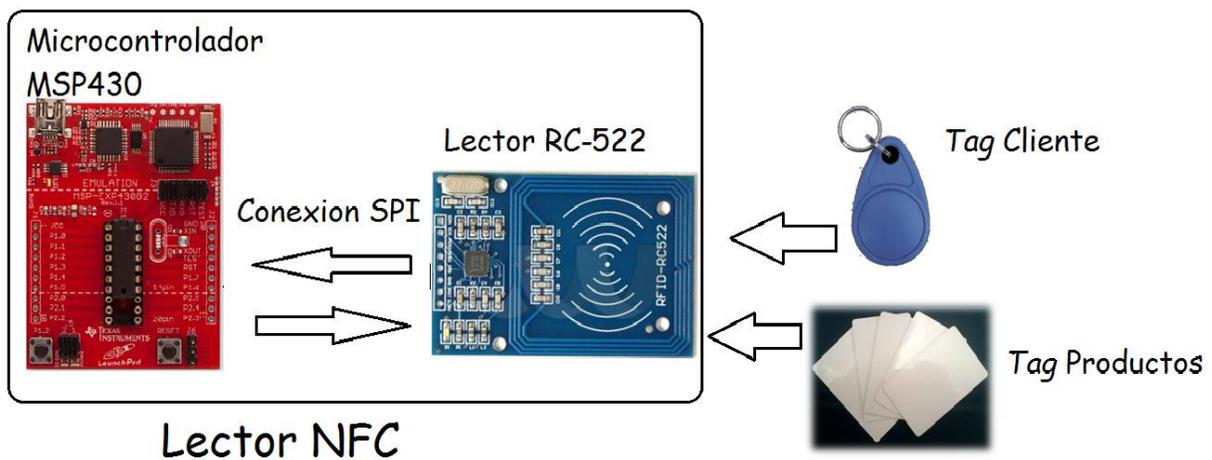


Figura 2. Sistema lector NFC.

4.2.1 Conexión entre el lector y el microcontrolador

La conexión entre la tarjeta lectora y el microcontrolador está definida bajo los protocolos SPI o interface periférica serial, el microcontrolador obtiene y codifica los datos recibidos de la tarjeta lectora, los datos leídos se envían a la computadora por el puerto serial COM mediante protocolos de comunicación UART, enviando una lectura del número de identificación único en formato hexadecimal de 10 dígitos.

La conexión entre la lectora, que dispone de 8 pines, se realiza usando el protocolo SPI y el microcontrolador que cuenta con 20 pines de conexión. Una de las grandes

ventajas del sistema es su reducido tamaño de (6.5cm x 4cm x 1 cm) del microcontrolador y (6cm x 4cm x 1 cm) del lector que se usaron, como se muestra en la figura 3.

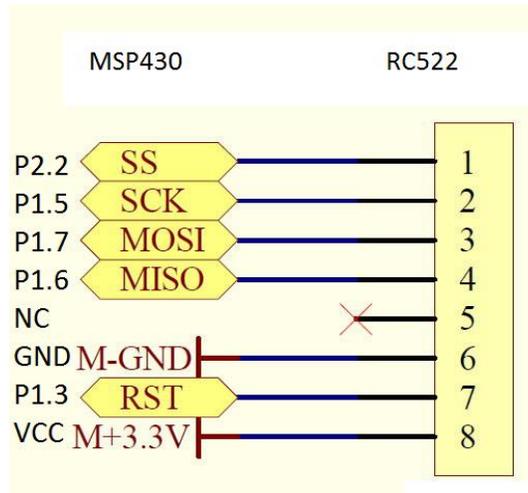


Figura 3. Conexión física tarjeta lectora y microcontrolador.

Como se muestra en la figura 4 la placa se protege en una caja la cual añade estética y protección al sistema de lectura, se diseñó con una apertura de ventana para poder realizar lecturas, siendo el prototipo de lector NFC.

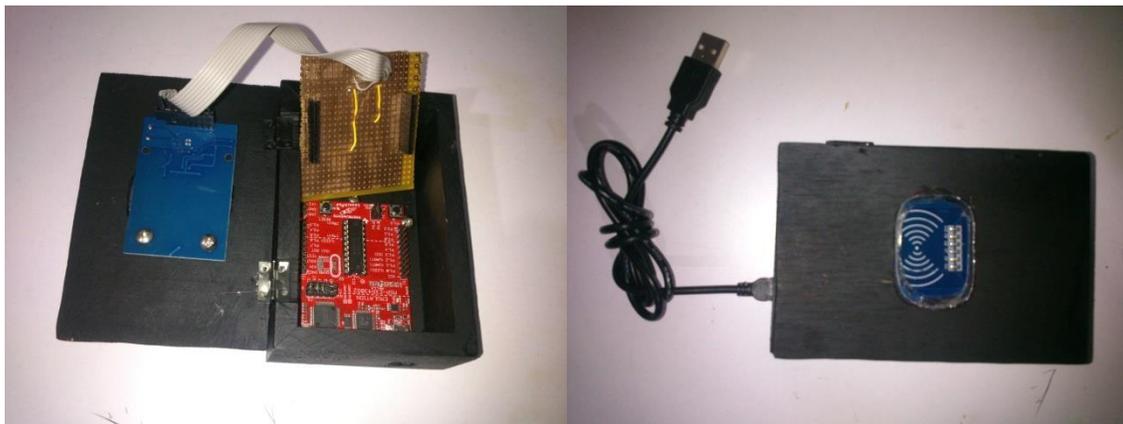


Figura 4. Prototipo lector NFC.

Esto añade portabilidad al sistema y fácil implementación por parte del usuario final, a su vez esta interfaz de lectura se conecta vía USB a una computadora por medio de un puerto serial COM el cual recibirá la información de los tag para ser administrada.

El programa para la lectura de la tarjeta lectora por medio del microcontrolador MSP430 se desarrolló en lenguaje C por medio de la interfaz de programación Energía, se usó una librería que responde al estándar ISO14443. El programa se basó en la lectura de los sectores de identificación únicos de las tarjetas los cuales tienen privilegios de solo lectura, con lo que se impide su modificación, Esto nos otorga una confiabilidad al sistema que solo un usuario o producto tendrá un código. En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo del programa, desarrollado para la comunicación entre en microcontrolador y le tarjeta lectora NFC.

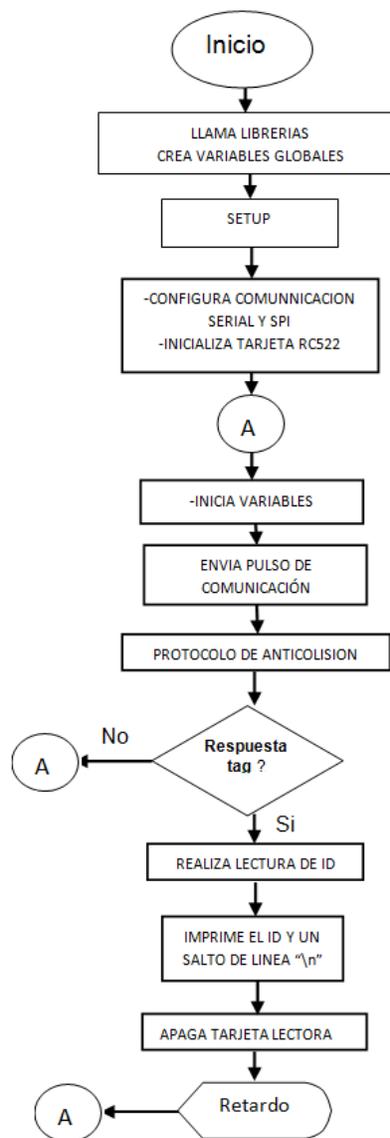


Figura 2. Diagrama de flujo de rutina del microcontrolador.

Se mandan a llamar las librerías que se ocuparan los cuales tienen funciones para manipular la tarjeta lectura y los protocolos de comunicación, así como la creación de variables globales y la asignación de los pines del puerto A del microcontrolador, paso siguiente se realizan las configuraciones e inicialización de la tarjeta RC522 su comunicación SPI y la comunicación serial con la computadora estableciendo una velocidad de 9600 bauds.

Una vez inicializado el programa se definen variables que nos servirán de apoyo y almacenamiento de la información, se manda una petición de lectura la cual retorna datos en caso de detectar un *Tag* compatible.

Este procedimiento se realiza prendiendo la antena del lector enviando un pulso de detección, en caso de tener información de retorno la tarjeta envía la información al microcontrolador para ser almacenada temporalmente en un registro en una cadena, en caso contrario el sistema se reinicia dando un tiempo de espera de 100 milisegundos.

Los datos que se guardan en un registro temporal al final de la lectura se envían por el puerto serial hacia la computadora. Transcurridos 100ms se manda de nuevo un pulso a la antena en espera de una nueva lectura de datos, esto cíclicamente desde el momento que se suministra energía al microcontrolador.

4.2.2 Conexión con host

Una vez conectado la tarjeta de MSP430 al puerto USB se configuran los controladores que permiten comunicarse mediante un puerto serial virtual COM, como se había descrito en la sección 3.1.2, vía UART; cada lectura realizada envía los datos al puerto serial por lo que se desarrolló un programa que leyera y almacenara los datos en una cadena; para ello se programó un clase en Java que detectara los datos del puerto ordenándolos en una cadena usando la librería `mysql-connector-java-3.1.14-bin`.

Como se muestra en la figura 4 el microcontrolador MSP430 se conectó al puerto USB, siendo la interfaz de lectura.



Figura 4. Conexión de lector con la computadora.

Se realizaron pruebas de lectura de *Tag* a diferentes distancias, encontrando que la máxima distancia fue de 4 centímetros. Cada una de las lecturas a una distancia menor fueron exitosas en su totalidad entregando completamente el código de identificación único del tag, como se muestra en la figura 5 se leyeron 7 diferentes *Tag* imprimiendo los datos que recibe el puerto serial COM.

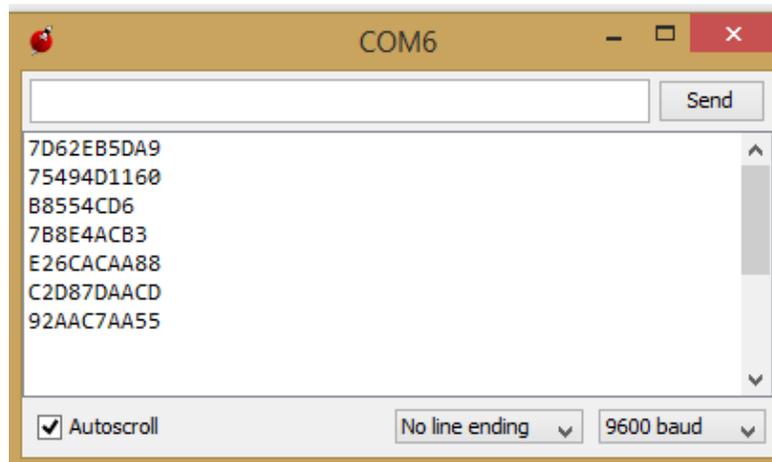


Figura 5. Códigos de 7 *Tag* leídos con el sistema.

Las pruebas se realizaron con diferentes modelos de *Tag* de los cuales se designaron tarjetas que cumplen con el estándar ISO/IEC 7810 para identificación de productos y de clientes.

Cada lectura que realiza el circuito se enciende un led que indica que fue exitosa la lectura y envió de datos, eso sirve como indicativo visual, detección de errores de comunicación entre el microcontrolador y la computadora.

4.3 Base de datos

El programa se desarrolló en MySQL, una vez elegida la base de datos que se usará para la organización de los usuarios, los productos y otros datos que servirán para el futuro, tales como número de identificación de empleados; se diseñó una organización que acomodo los datos en diversos grupos para los cuales se subdividieron los datos con diferentes ranuras en cada dato para agregar información especial como diferentes precios de un producto el cual depende el cliente o promoción, se le agrego seguridad añadiendo usuario y contraseña; por lo que la integridad de los datos mantiene la confidencialidad requerida, se desarrolló en un entorno local en la maquina donde se implementó la interface gráfica.

La base de datos se pensó en la facilidad de ingreso de la compra así como el saldo de los clientes, realizado de la siguiente manera.

Nombre de la base de datos: BDNFCIPN

En la tabla 1 se muestra la organización principal de las tablas para la base de datos.

No.	Tabla	Descripción
1	TBIPNCAFE	Datos generales de la cafetería
2	TBCLIENTES	Lista de Clientes
3	TBPRODUCTOS	Lista de Productos
4	TBPERSONAL	Lista de Personal
6	TBPARAM	Parámetros Generales
7	TBCONSUMO	Datos generales del Consumo

Tabla 1. Organización general de la base de datos.

Se diseñó la base de datos con tablas extras para poder implementar un sistema más completo de administración, incluyendo base de datos para datos de empleados también la posibilidad de una contabilidad histórica.

En la tabla de clientes los datos se organizaron con un número diferentes de caracteres disponibles para almacenar datos como se muestra en tabla 2.

No.	Campo	Tipo de dato	Longitud de caracter	Descripción
1	CLAVECN	STRING	10	Clave de cliente
2	NOMBRE	STRING	25	Nombre (s)
3	APELLIDOS	STRING	25	Apellidos
4	INGRESO	INT	4	Fecha de alta
5	ULTVISITA	INT	4	Fecha de última visita

Tabla 2. Organización de datos de cliente.

Se agregaron datos de prueba para realizar compras como se muestra en la tabla 3.

No.	Campo	Tipo de dato	Longitud de caracter	Descripción
1	CLAVEPD	INT	4	Clave de producto
2	DESCRIPCION	STRING	40	Descripción
3	PRECIO1	FLOAT	8	Precio 1
4	PRECIO2	FLOAT	8	Precio 2
5	PRECIO3	FLOAT	8	Precio 3

Tabla 3. Organización de datos de producto.

Se agregaron los siguientes datos de consumo disponibles para venta en la cafetería como posible uso futuro como se muestra en la tabla 4.

No.	Campo	Tipo de dato	Longitud de caracter	Descripción
1	CLAVECM	INT	4	Clave de Consumo
2	CLAVECN	STRING	10	Clave del Cliente
3	CLAVECJ	INT	4	Clave de Caja
4	CLAVEPR	INT	4	Clave del Personal
5	FECHA	INT	4	Fecha
6	HORA	STRING	8	Hora
7	SUBTOTAL	FLOAT	8	Importe subtotal
8	IVA	FLOAT	8	Importe de IVA

Tabla 4. Organización de datos de consumo.

Los datos fiscales como apoyo a la organización del sistema pueden ser útiles en un futuro como lo muestra la tabla 5.

No.	Campo	Tipo de dato	Longitud de caracter	Descripción
1	CLAVECF	INT	4	Clave de cafetería
2	NOMBRE	STRING	40	Razón Social
3	RFC	STRING	15	Registro Federal del Contribuyente
4	DIRECCION	STRING	40	Dirección

Tabla 5. Organización de datos fiscales.

Los datos de los empleados y el seguimiento como información a futuro como se muestran en la tabla 6.

No.	Campo	Tipo de dato	Longitud de caracter	Descripción
1	CLAVEPR	INT	4	Clave de Personal
2	NOMBRE	STRING	25	Nombre (s)
3	APELLIDOS	STRING	25	Apellidos
4	INGRESO	INT	4	Fecha de alta

Tabla 6. Organización de datos del personal.

Los campos que se añadieron extra sirven de apoyo para que el sistema lleve un registro de diversas funciones del negocio organizando los datos en una misma base de datos para su uso como retroalimentación y futura planeación.

4.4 Interface gráfica

Para la interface gráfica se usó el entorno de desarrollo NetBeans mediante programación Java, se diseñó para tener una facilidad con el usuario final teniendo un menú grafico intuitivo, el programa en Java se divide en clases donde se acomodaron las funciones de lectura de tarjeta, administración de base de datos e interface gráfica, incluyendo el conector con la base de datos en MySQL.

Cada clase integra las otras clases las cuales en conjunto realizan las rutinas del programa, se organizó de la siguiente manera como se muestra en la figura 6 con el despliegue de las carpetas del proyecto final.

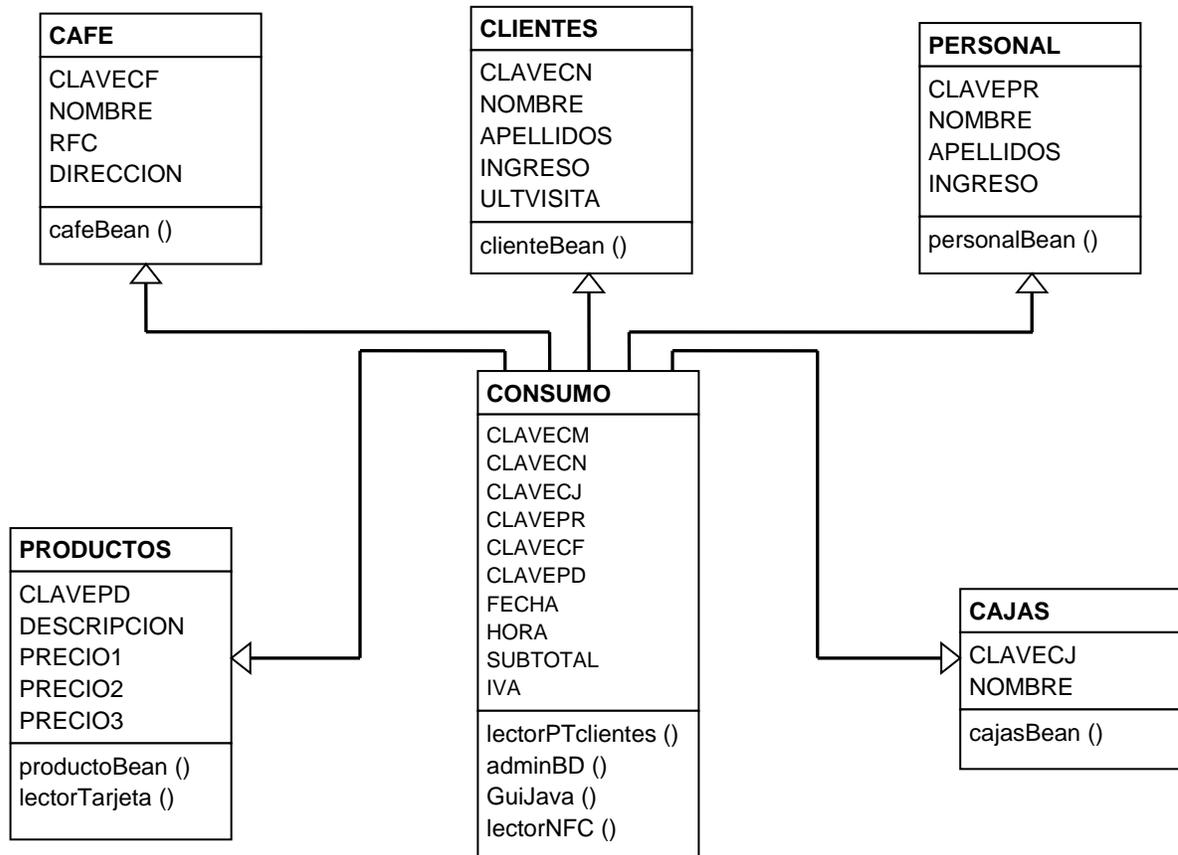


Figura 6. Organización de clases del sistema.

El programa lee los datos que recibe del puerto serial, provenientes del microcontrolador, almacenándolos en una cadena de caracteres, administra la base de datos organizando los datos de la lista realizando una búsqueda y actualizando la misma, muestra una pantalla con la que el usuario interactúa, almacena temporalmente en pantalla los datos del cliente como saldo y los productos que el usuario comprara con el precio al igual que el total de la compra.

Para una eficiente programación el proyecto se dividió en diversas clases. Siguiendo la metodología *bean* de programación donde se organizan y encapsulan datos que se ocuparán, se colocaron en la carpeta *beans* las siguientes clases.

clienteBean.java – Esta clase contiene los comandos que son necesarios así como las funciones para mostrar los datos de la base de datos del cliente, crea las variables de las que consta los campos de cliente en la base de datos, los cuales son la clave de identificación única, el nombre del cliente, el apellido del cliente, fecha de ingreso al sistema, última visita y saldo actual del cliente, estos campos tienen más

datos de los que se ocupan en el programa desarrollado sin embargo se crearon para mejoras futuras, contiene una función que al ingresar como parámetro arroja en pantalla los datos del cliente como nombre, apellido y el saldo actual; retornando a una variable entera el valor del saldo actual.

productoBean.java – Esta clase contiene las funciones que son necesarias para la extracción y encapsulamiento de la información de los productos de la base de datos mediante el código de identificación de cada uno, crea las variables que contienen información de los productos a vender, esta es la clave, la descripción, el precio 1, precio 2 y precio 3, para el programa desarrollado se ocupa el precio 1, se añadieron dos campos para precios diferentes como promociones o precios especiales para uso futuro y mejora del sistema, contiene dos funciones donde retorna una cadena de caracteres con la descripción del producto que corresponde al código de identificación ingresado como parámetro a la función, también consta la clase con una función que muestra el precio del producto retornando el valor numérico del precio que corresponde el código de identificación ingresado como parámetro.

Se agregó una carpeta al proyecto llamada *sources* en la cual se crearon tres clases las cuales contiene la apertura y cierre de la base de datos, la inicialización de lectura de tarjetas por el puerto serial.

adminBD.java – Esta clase crea las variables para el acceso a la base de datos, el almacenamiento de los datos temporales del cliente de los productos por medio del código de identificación único ingresado con la lectura del puerto serial así como las funciones que controla la conexión con la base de datos en MySQL, tiene funciones para leer la base de datos extrayendo los datos de cliente el de los productos y función para grabar un nuevo registro además de la posibilidad de modificar.

lectorPTclientes.java - Esta clase contiene variables y funciones que controla la lectura del puerto serial enlazando los datos con la base de datos de los clientes.

lectorTarjeta.java –Esta clase prepara las variables para la lectura del puerto serial y la función que realiza la lectura, en el constructor de la clase se configura que puerto se usará así como la velocidad, teniendo el puerto 6 a una velocidad de 9600 bauds.

La función llamada leeDatos está en espera de caracteres que manda el puerto serial almacenando los datos en una cadena hasta que detecta un caracter “\n” el cual corresponde a un salto de línea, cierra la lectura del puerto serial y retorna la cadena de caracteres, el cual es el código único de identificación de la tarjeta RFID.

En la carpeta principal se crearon clases de control principal que mandan a llamar las clases de librerías, funciones que administran la base de datos las funciones de lectura y la pantalla grafica de usuario.

GuiJava.java – Esta clase contiene las librerías, las variables y las funciones que muestran la pantalla gráfica con la que el usuario final interactúa, se crean objetos para la pantalla grafica los cuales se clasifican en cuadro para insertar texto, cuadro para mostrar texto, etiquetas de texto y botones de acción, se crearon variable auxiliares y para guardar los datos leídos del puerto serial, se programó la pantalla grafica de un tamaño fijo de 600 x 400 en el cual el acomodo tanto de los botones no es afectado si se modifican los valores de los parámetros, el constructor de la clase abre la función de configuración de la pantalla la cual no se puede modificar el tamaño, al momento de pulsar el botón de cerrar de la ventana se termina el programa y se libera memoria.

lectorNFC.java – Se creó la clase para realizar la lectura del puerto serial que envía los datos desde el microcontrolador, abre la base de datos, ingresa la variable de código de identificación único del cliente, muestra los datos del cliente y cierra la base de datos, esta clase funciona como prueba para identificar posibles errores.

4.5 Integración del sistema

El funcionamiento del proyecto contiene botones con los cuales el usuario final interactúa identificándose recargando saldo y realizando compras, como se había propuesto la solución del sistema tendrá dos opciones de compra; un modo asistido y un modo de autoservicio.

El modo asistido contiene cuadros de texto donde se muestran los datos del cliente y la compra como se presenta en la figura 8.



Figura 8. Pantalla gráfica en modo asistido.

A continuación se describe la función de cada botón. También un modo de autoservicio donde se realizan solo compras por parte del usuario como se muestra en la figura 9.

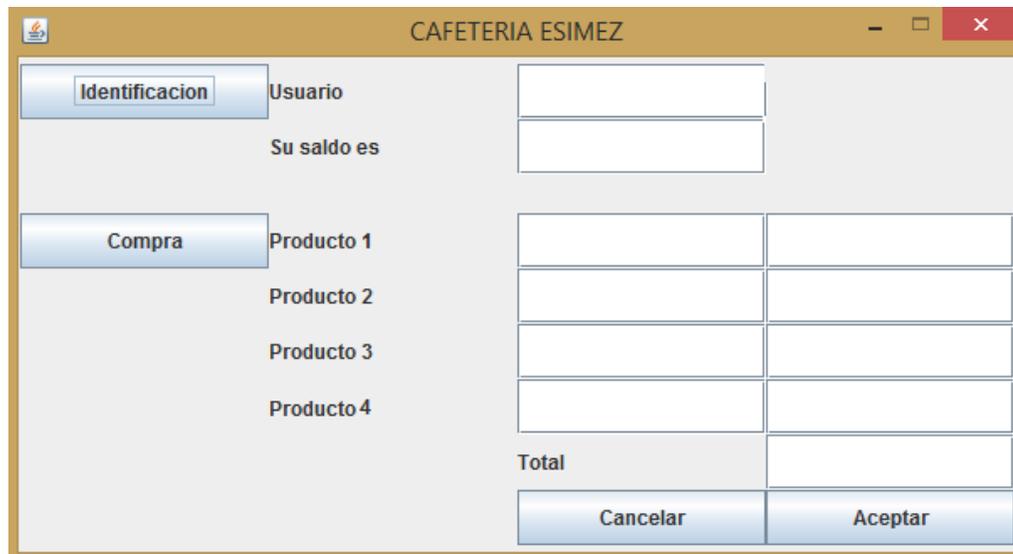


Figura 9. Pantalla gráfica en modo autoservicio.

Identificación. Este botón sirve para la identificación del usuario mediante la lectura del *Tag*, al presionar el botón manda llamar a una función que prepara el puerto serial para recibir datos del microcontrolador; una vez recibida una cadena de caracteres manda llamar una función que abre la base de datos ingresando usuario y contraseña, manda la cadena de caracteres que recibió del puerto serial para buscar en la base de datos el usuario al que corresponde el código de identificación, en caso de no existir manda un error en la pantalla con la advertencia, caso contrario de existir el usuario con los datos correspondientes a la lectura de puerto serial muestra en la pantalla el código de usuario con el saldo actual disponible cerrando la sesión en la base de datos.

Recarga. Este botón modifica la base de datos del usuario identificado actualmente sumando la cantidad tecleada en el cuadro de texto que se encuentra en la parte derecha del botón, lee los datos del cuadro de texto abre sesión en la base de datos con el número de identificación leído del puerto serial, busca en la base de datos al usuario dando de alta el nuevo saldo sumando la cantidad leída en el cuadro de texto, muestra el nuevo saldo disponible como recarga exitosa y cierra la sesión en la base de datos.

Compra. Una vez que el usuario se identificó una de las posibles acciones a realizar es una compra la cual consiste en seleccionar lo que desea comprar y cargarlo a su cuenta por medio de la lectura de un tag que contiene un código de identificación que extrae de la base de datos el precio y descripción de un producto mostrándolo en pantalla, al pulsar el botón el *host* espera que el lector envíe una cadena de bit con el código identificador, cuenta con cuatro lugares de identificación por sesión de cliente, cada identificación de compra que realiza almacena la suma de los productos a comprar, estos se van sumando mostrando el valor de la compra en el cuadro de texto total.

Cancelar. Esta opción cierra la sesión del actual cliente borrando todos los datos en pantalla actuales, borra las variables temporales de la sesión donde se almacena el código de identificación del cliente, la suma de los costos de las compras, la cantidad a recargar.

Aceptar. Al presionar este botón ingresa a la base de datos comparando el saldo actual del cliente con la suma de la compra total que se desea realizar, en caso de no tener saldo suficiente que cubra con el total de la compra emerge una pantalla que advierte al usuario que no cuenta con suficiente saldo sugiriendo una recarga para continuar; caso contrario que el cliente cubra con la cantidad mínima requerida para realizar la compra el programa modifica el saldo del usuario restando la cantidad comprada del saldo original, borrando los datos en pantalla emergiendo una ventana indicando que la compra fue un éxito mostrando su nuevo saldo terminando la actividad de la actual sesión del usuario.

4.6 Protocolo de pruebas

Al tener el sistema completo se desarrolló un protocolo de pruebas de funcionamiento; al iniciar el programa aparece una ventana grafica como se muestra en la figura 10; para el inicio del sistema el usuario se identifica al dar click en el botón de “Identificación” espera la lectura de una tarjeta.



Figura 10. Pantalla principal.

Al recibir un tag de identificación de usuario el programa busca si está en la base de datos, al recibir un código de identificación que este registrado en la base de datos muestra en la pantalla el código y la cantidad de dinero que actualmente tiene en la figura 11.

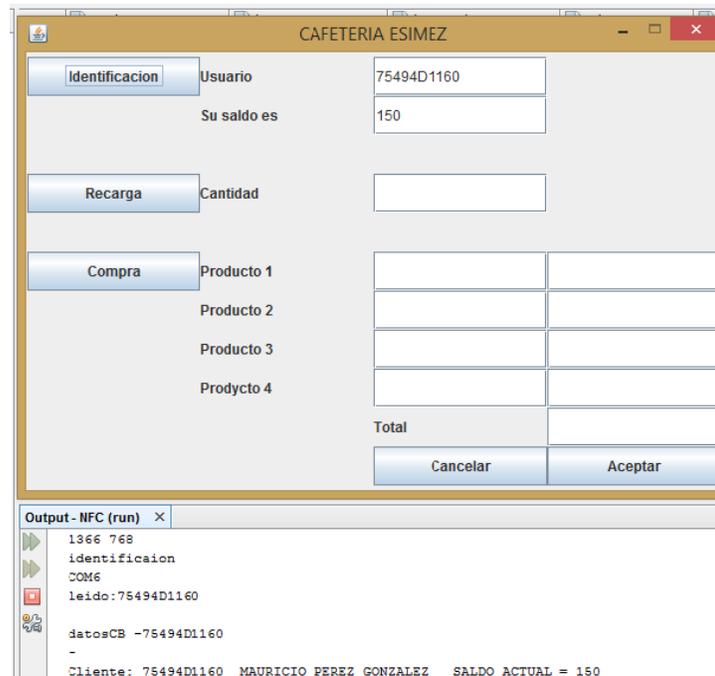


Figura 11. Identificación de usuario.

El usuario tiene la posibilidad de ingresar la cantidad que desea recargar, una vez introducida al darle click al botón de “Recargar” la cantidad se sumara a la actual, como se muestra en la figura 12.

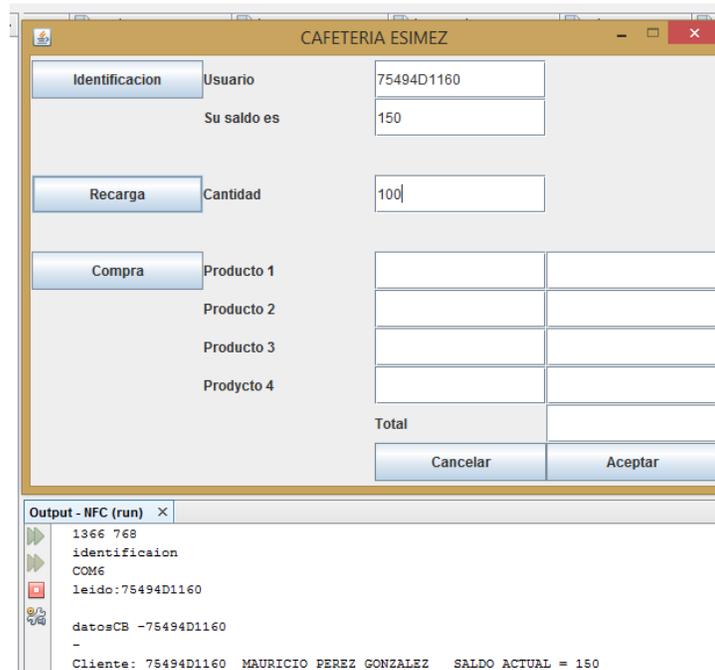


Figura 12. Tecleo de cantidad a cargar.

La cantidad se suma al saldo, el nuevo saldo se refleja en el cuadro de texto, así como en el monitor como se muestra en la figura 13.

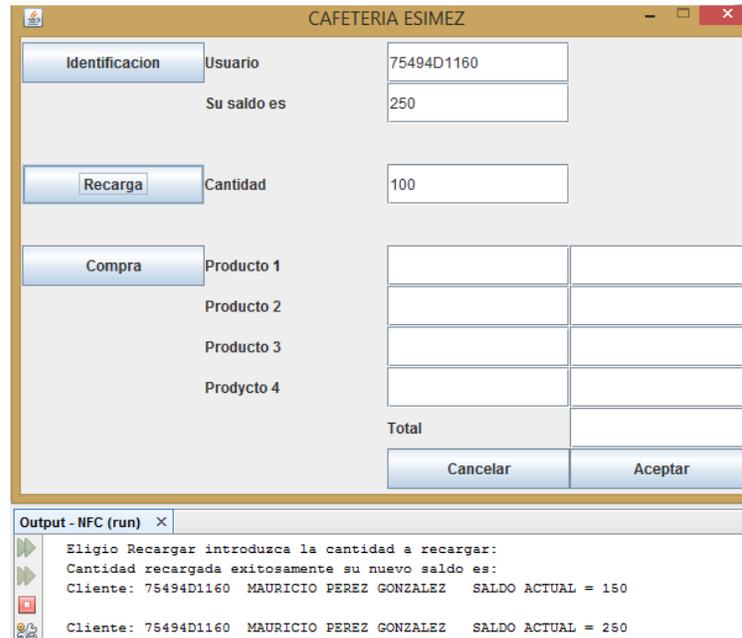


Figura 13. Carga de saldo exitosa.

Al darle click al botón de “Compra” el programa espera una lectura del puerto serial de un *Tag* de producto, wal realizar una lectura muestra en la pantalla la descripción y el costo, como se muestra en la figura 14.

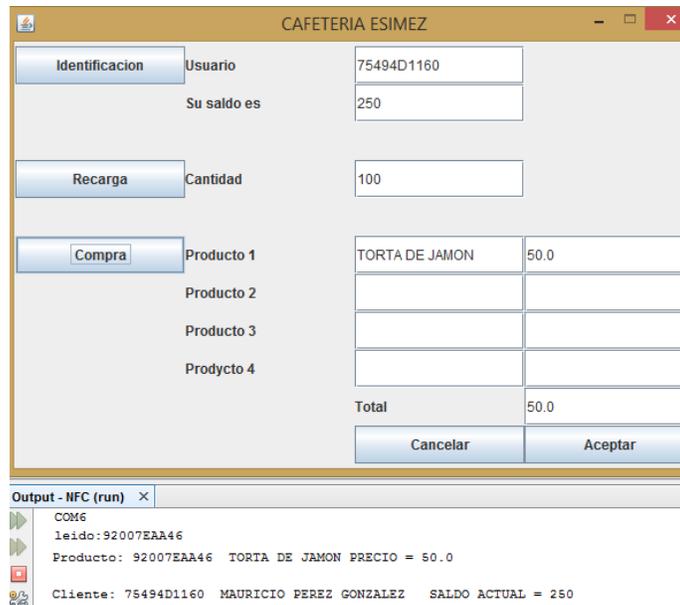


Figura 14. Carga de productos.

Al realizar compras posteriores los datos aparecen en los cuadros disponibles en la pantalla gráfica y la suma total de los productos, como se muestra en la figura 15.

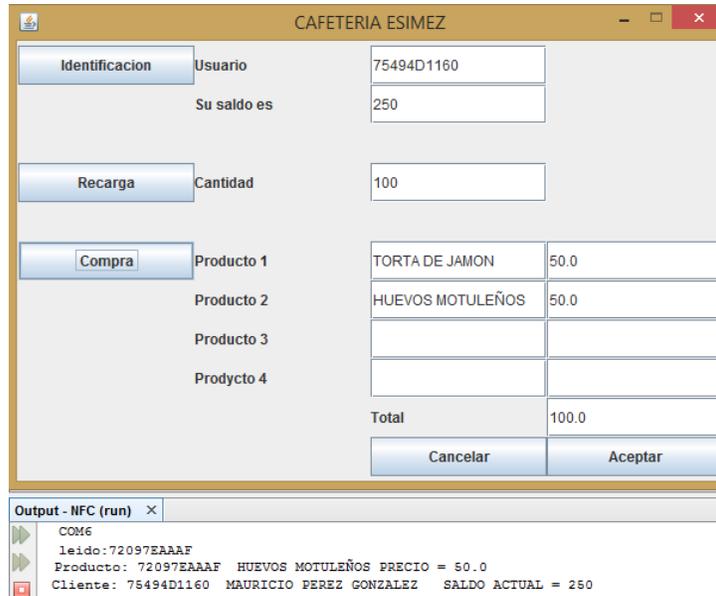


Figura 15. Suma de productos.

Al realizar lecturas de compras posteriores se realiza la suma mostrando los datos en la pantalla, con espacio para 4 compras. Al intentar realizar la compra con el botón de “Aceptar” se realiza la comparación del saldo del usuario actual con la cantidad a comprar, como se muestra en la figura 16.

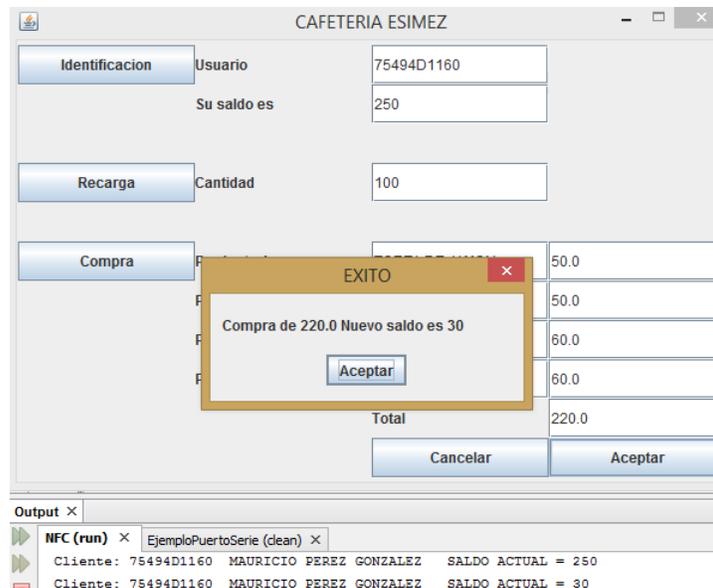


Figura 16. Mensaje de éxito en la compra.

Al tener más saldo que la cantidad a comprar se realiza la actualización del saldo, mostrando el nuevo saldo. Existe la posibilidad de realizar una compra donde la cantidad total es mayor al saldo actual, como se muestra en la figura 17.

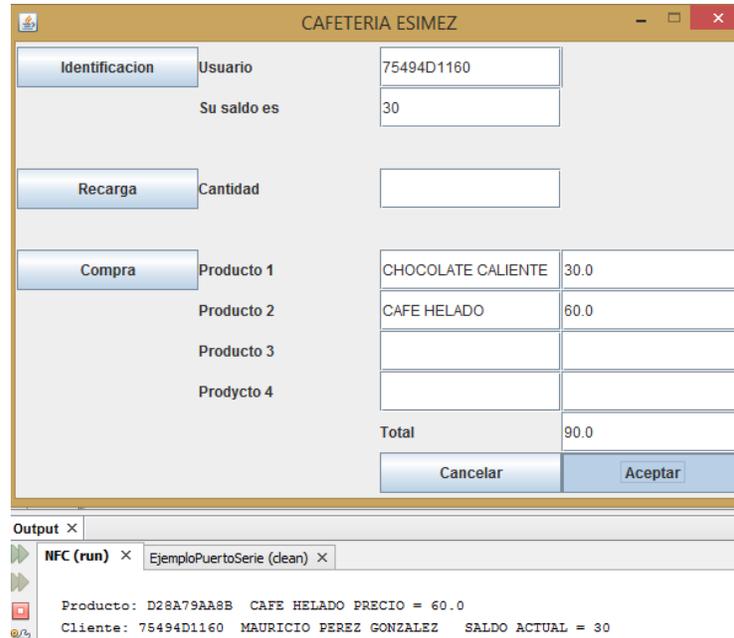


Figura 17. Intento de compra con saldo insuficiente.

Muestra un mensaje de error donde indica que el saldo es insuficiente, sugiriendo cargar saldo al cliente, como se muestra en la figura 18.

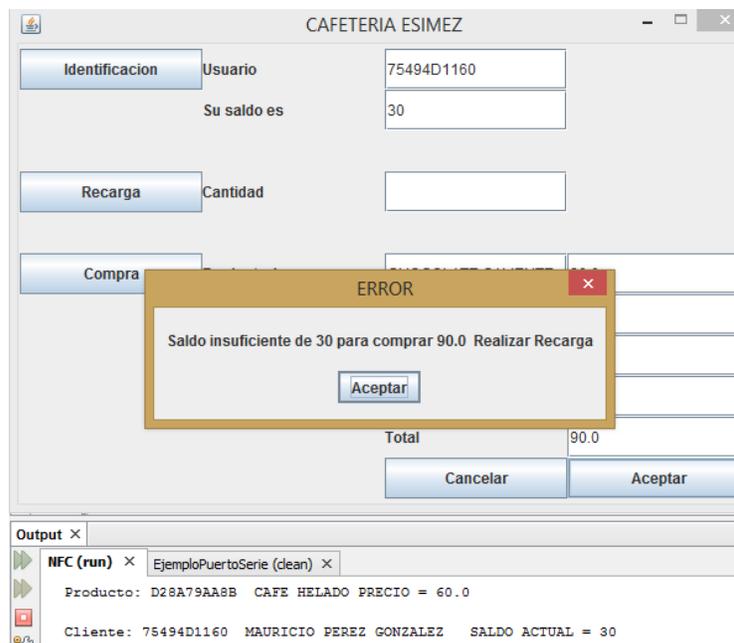
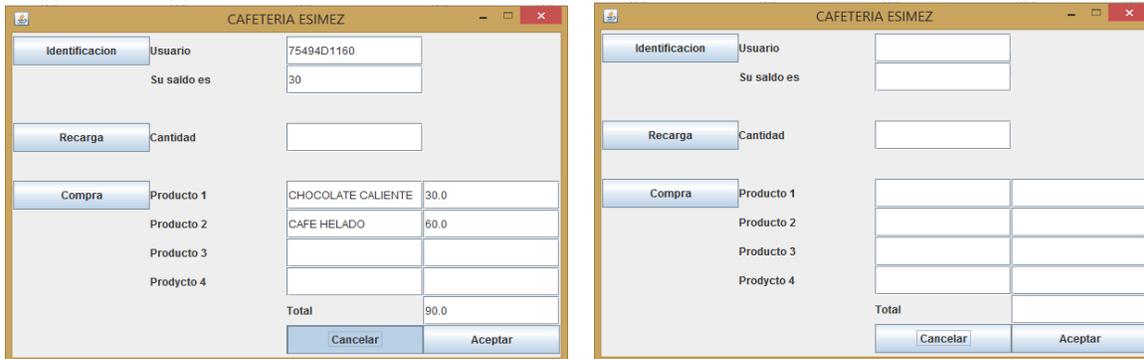


Figura 18. Mensaje de error para compra.

Al darle click en la opción de “Cancelar” figura 19 (a) borra los datos en la pantalla, como se muestra en la figura 19 (b), borrando también los registros dejando el programa listo para identificación posterior y compras



(a)

(b)

Figura 19. Borrado de datos en pantalla.

Es posible realizar tantas rutinas como el negocio requiera, simplificando el proceso de venta en la cafetería; registrando las acciones en la pantalla de ejecución.

4.7 Costo del sistema

El costo de desarrollo del sistema cubre el hardware que se emplea, el desarrollo del software y la instalación del sistema en la cafetería. En cuanto a dispositivos de hardware en la tabla 7 se muestran los costos, el cual incluye una computadora como *host* que cumpla con los requerimientos mínimos del software usado, un lector NFC y un paquete inicial de *Tag* para usuarios y productos.

Dispositivo	Costo
Computadora ^{host}	\$ 14000
LaunchPad MSP430	\$ 400
Lector RC522	\$ 300
Paquete 10 <i>Tag</i> lavero	\$ 150
Paquete 20 <i>Tag</i> tarjeta	\$ 250
Mano de obra	\$20000
1 año de mantenimiento	\$5000
Total	\$ 40100

Tabla 7. Costo de dispositivos.

Tag adicional de llavero \$20 y *Tag* adicional de tarjeta \$15. El costo por desarrollo de software de microcontrolador, la base de datos y la interface gráfica que implica el funcionamiento del sistema en general está valuado en \$ 20000 el cual incluye un seguimiento del sistema y buen funcionamiento; el costo de la instalación del sistema con la personalización y puesta en marcha, con un año de mantenimiento por \$5000; por lo que el costo total del sistema en una cafetería es de \$40100.

Este sistema como se mencionó en el la sección 3.1 mejoraría los tiempos de venta, la organización y el tipo de cobro; esto implica a mediano plazo la recuperación de la inversión y a largo plazo mejora las ganancias de la cafetería.

4.8 Trabajo a futuro

El presente trabajo, sin duda alguna es una base sólida para futuras aplicaciones de venta y logística de una cafetería o cualquier otro negocio. La base está hecha de modo que se le pueden realizar mejoras para optimizar el sistema. La utilización de la tarjeta lectora RFID a 13.56MHz con estándares de la ISO 14443 es compatible con la tecnología NFC, pudiendo no solo leer sectores de las tarjetas, también escribir y agregar protocolos de seguridad. La tarjeta de desarrollo MSP430 tiene la posibilidad de conectar dispositivos visuales como una pantalla LCD de 16x2 caracteres, leds de indicación, incluso algún zumbador que indique una lectura correcta o incorrecta.

La base de datos se diseñó de forma que no solo se pueda tener un control de las ventas, también de las actividades de manera integral, la información de los empleados, el inventario de los insumos, también añadir seguridad al acceso a la información de manera personal dependiendo del usuario, se puede montar la base de datos en un servidor para el acceso remoto en una LAN o en Internet.

El programa principal en Java se le pueden añadir nuevas clases que complementen el proyecto actual, para el control de usuario como añadir hora de la compra, muestra de imágenes de los productos así como una descripción si el cliente lo desea.

Al usar elementos RFID a la frecuencia de operación NFC el sistema puede ser implementado parcial y totalmente en un celular con lector NFC, como la

programación se desarrolló en Java la migración a sistema operativo Android, el cual usa Java para ser programado, pudiendo a futuro ser un sistema móvil de lectura de tarjetas y compra (figura 20), se creó una aplicación que lee la información de los tag y muestra el producto que se va a comprar con el precio.

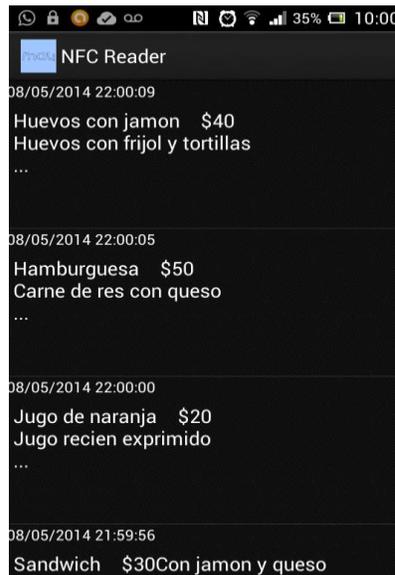


Figura 20. Aplicación de lectura de tags del sistema de cobro.

Por razones de tiempo no se programó el sistema en un dispositivo móvil, sin embargo la programación en Java de la interfaz gráfica serviría de apoyo para la programación en Android como complemento del sistema a futuro.

En la figura 21 se muestra una propuesta de funcionamiento del sistema con el apoyo de un teléfono móvil con tecnología NFC leyendo *Tag* de productos, enviando la información de compra a un servidor recibiendo respuesta y realizando la compra.

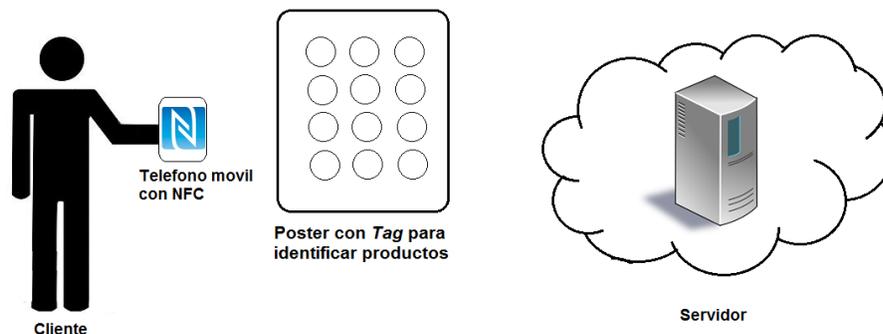


Figura 21. Propuesta a futuro de sistema con aplicación móvil.



Conclusiones

Conclusiones

El análisis de las tecnologías de corto alcance para desarrollar el sistema brindo un amplio panorama sobre las posibles opciones para la solución de la problemática planteada. Cada tecnología ofrece una herramienta que cubre diferentes necesidades. Sin embargo, la mejor opción para satisfacer nuestras necesidades fue la tecnología NFC, basada en RFID.

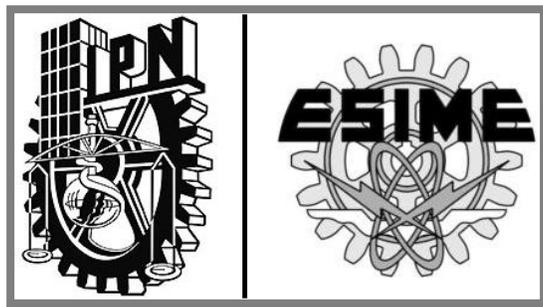
NFC, es una tecnología que está tomando fuerza y un amplio campo de aplicación, con una ventaja excepcional que es: la integración e interacción con los equipos móviles, conocidos hoy como *Smart Phone*. En este sentido, la utilización de NFC ofrece una amplia gama de posibilidades y desarrollo de aplicaciones para el sistema implementado en este trabajo. La selección de la tecnología NFC facilitó la adquisición de los elementos necesarios para el sistema: tarjeta lectora y *Tag*. Incluso el costo es razonable y ofrecen una alta flexibilidad.

El plantear una solución integral para la cafetería y el cliente es un trabajo complejo que requiere un balance entre funcionalidad y costos; ya que hay muchas maneras de solucionar la necesidad con los mismos dispositivos empleados en el sistema, pensando siempre en mejorar el proceso de venta y el tiempo del mismo.

Por otra parte, el software que se utilizó para el desarrollo de la interface gráfica y la base de datos son ampliamente utilizados, por lo que, es posible ejecutarlos en cualquier computadora con sistema operativo Windows, Linux o Mac OS; instalando los controladores necesarios.

La utilización de hardware y software de fácil adquisición, amplio despliegue, alta flexibilidad y, por supuesto, bajo costo; hace de nuestro sistema un atractiva opción para ser comercializado.

Finalmente, los sistemas hoy en día requieren de la sinergia de diversas ramas de la ingeniería. En el desarrollo de este proyecto fue posible aplicar los conocimientos de programación, microcontroladores y comunicaciones adquiridos a lo largo de la carrera, y fue necesario aprender algunos temas que no están considerados en la carrera como: programación Java y desarrollo de bases de datos. Aprender los fundamentos teóricos y las herramientas necesarias para su aplicación.



Bibliografía y mesografía

Bibliografía y mesografía

1. Nathan J., Tecnología de Bluetooth, Mc Graw-Hill.
2. Lawrence Harte, *Introduction to Bluetooth*, 2ª edición, Althos, 2008.
3. Ata Elahi y Adam Gschwender, *ZigBee Wireless Sensor and Control Network*, Prentice Hall, 2009.
4. Shahin Farahani, *ZigBee Wireless Networks and Transceivers*, Elsevier Ltd, 2008.
5. Charles D. Knutson y Jeffrey M. Brown, *IrDA Principles and Protocols: The IrDA Library*, Vol. 1, MCL Press, 2004.
6. Simson Garfinkel y Beth Rosenberg, *RFID: Applications, Security, and Privacy*, Addison-Wesley Professional, 2005.
7. V. Daniel Hurt, *RFID A guide to radio frequency identification*, Miley, 2007.
8. Klaus Finkenzeller y Dörte Müller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication*, Willey, 2010.
9. Bill Glover y Himanshu Bhatt, *RFID Essentials*, O'Reilly Media, 2006.
10. Guillermo A. Montenegro, Sistema de identificación por radio frecuencia (RFID), Comisión Nacional de Comunicaciones, 2007.
11. Manish Bhuptani y Shahram Moradpour, *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*, Prentice Hall, 2005.
12. Vedat Coskun et al., *Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice*, Wiley, 2013.
13. Laura Lemay y Rogers Cadenhead, *Aprendiendo Java 2.0 en 21 Días*, Pearson, 2003.

14. Pathak y R.Joshi, *Recent trends inRFIDand a java based software framework for its integration in mobile phones*, en *First Asian Himalayas International Conference*, 2009.
15. M. Sharma y A. Siddiqui, *RFIDbased mobiles: Next generation applications*, en *The 2nd IEEE International Conference, Information Management and Engineering (ICIME)*, 2010.
16. Z. Palay N.Inanc, *Smart Parking Applications UsingRFIDTechnology*, RFIDEurasia, 2007.
17. I.A. Cardielet all, *MARC: Minimum access RFID readers commands*, en *IEEE International Conference on RFID-Technologies and Applications (RFID-TA)*, 2011.
18. Ming-Hsien Lee et all, *Passive Tag for Multi-carrierRFIDSystems*, en *IEEE 17th International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS)*, 2011.
19. Jie Shen y Xin-Chen Jiang, *A Proposed Architecture for BuildingNFCTag Services*, Sixth International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), 2013.
20. Szu-Hui Wu yChyan Yang, *Promoting Collaborative Mobile Payment by UsingNFC-Micro SD Technology*, en *IEEE International Conference on Services Computing (SCC)*, 2013.
21. www.bluetooth.org
22. www.zigbee.org
23. www.ti.com/lscds/ti/wireless_connectivity/zigbee/tech_docs.page
24. www.irda.org
25. www.usb.org/developers/wusb
26. www.transferjet.org
27. www.z-wavealliance.org
28. www.nxp.com/documents/application_note/AN78010.pdf

29. freevisioncorp.en.alibaba.com/product/742638316-12906047/125khz_rfid_card_encoder_Black_Box_D10ED_.html
30. freevisioncorp.en.alibaba.com/product/742638316-12906047/125khz_rfid_card_encoder_Black_Box_D10ED_.html
31. www.adafruit.com/datasheets/pn532ds.pdf
32. www.nxp.com/documents/data_sheet/MFRC522.pdf
33. www.microchip.com
34. www.arduino.cc
35. www.ti.com/lscds/ti/microcontroller/16-bit_msp430/overview.page
36. www.whitetown.com
37. www.postgresql.org.es
38. www.mysql.com
39. www.eclipse.org
40. netbeans.org