



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE CONTROL DE
ACCESO CON TECNOLOGÍA RFID Y VALIDACIÓN DE CLAVE DE USUARIO
PARA LA EMPRESA IMPREMEDIOS.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Redes y
Telecomunicaciones.

Profesor guía

Ing. Héctor Chinchero

Autor

Wilson Rodrigo Delgado Chaumana

Año

2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

—Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Héctor Fernando Chinchero Villacís.
Ingeniero en Electrónica y Automatización

CI: 1715451330

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

—Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Wilson Rodrigo Delgado Chaumana

CI: 1719624619

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, y a todos mis profesores de la Universidad quienes me impartieron sus conocimientos.

DEDICATORIA

A mi familia.

RESUMEN

En la actualidad, RFID (identificación por radio frecuencia) es una de las tecnologías más utilizadas a nivel mundial en el ámbito de la autenticación de equipos, animales, personas, entre otros. Los sistemas RFID se encuentran conformados por tres elementos principales que son: tag RFID, lector RFID, y software de control adecuado a los requerimientos de identificación de una empresa.

Adicionalmente, el proceso de identificación RFID se lo realiza mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas, las cuales tramiten la información alojada en el tag hacia el lector, que son verificadas por el sistema de control.

Por otro lado, RFID presenta grandes ventajas frente a competidores como: el código de barras y botones de memoria de contacto. Éstas ventajas destacan por poseer un alto nivel de seguridad, mayor durabilidad, mayor capacidad de alojamiento de información, ente otros.

El presente proyecto diseña e implementa un prototipo de control de acceso con tecnología RFID y validación de clave de usuario para la empresa Impremedios. El prototipo tiene como finalidad satisfacer la necesidad de llevar un control adecuado de los ingresos y salidas del personal de la empresa, y brindar un mejor nivel de seguridad a las instalaciones.

El prototipo se encuentra constituido por dos módulos: Principal y secundario.

El módulo principal consta del lector RFID de ingreso, teclado matricial y display, el módulo secundario dispone un lector RFID de salida.

Los datos obtenidos desde los tags, por los módulos principal o secundario, son enviados hacia la base de datos del sistema para su respectivo registro.

Los resultados obtenidos en la implementación del prototipo de control de acceso por RFID, son los deseados por la empresa Impremedios, se logró brindar un nivel mayor de seguridad al ingresar o salir de las instalaciones de la

empresa, de igual manera se mejoró notablemente el procesamiento de información pertinente a la asistencia del personal.

ABSTRACT

Currently, RFID (Radio Frequency Identification) is one of the most used technologies worldwide to authenticate computers, animals, people, among others.

RFID systems have three main elements which are RFID tag, RFID reader, and a control software customized to the identification requirements of a business.

Additionally, the RFID identification process is done by sending and receiving electromagnetic waves, which transmit the information stored in the tag to the reader, which are verified by the control system.

On the other hand, RFID has great advantages over competitors such as bar code, and touch memory buttons. These advantages are important because of its high level of security, durability, and high capacity to storage information, among others.

This project designs and implements a prototype of an RFID access control and a user password validation for the company Impremedios. The prototype is intended to fulfill the need of an adequate control system to record the entries and exists of the company employees, and provide a better security level for the facilities.

The prototype, have two modules: primary and secondary.

The main module consists of RFID reader input, matrix keyboard and display, the secondary module have the RFID reader output.

The data obtained from the tags, for the primary or secondary modules are sent to the database for their respective registration system.

The results obtained in implementing the prototype access control RFID , are desired by the company Impremedios, it was possible to provide a higher level of security when entering or leaving the premises of the company , similarly it is greatly improved processing information relevant to the assistance of staf.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
1 CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	7
1 Tecnología RFID	7
1.1 Antecedentes Históricos	7
1.2 Elementos de un Sistema RFID.....	9
1.2.1 Etiqueta (transponder o tag).	10
1.2.2 Lector RFID.	13
1.2.3 Software de Control	15
1.3 Principio de funcionamiento de un sistema RFID	16
1.4 Frecuencia de Operación de un Sistema RFID.....	17
1.4.1 Espectro radio eléctrico.	17
1.5 Clasificación de los Sistemas RFID de acuerdo a su frecuencia de operación.	19
1.5.1 Sistemas de Baja frecuencia Low Frecuecy (LF).....	19
1.5.3 Sistemas de Ultra Alta Frecuencia (UHF).	20
1.5.4 Sistemas en Frecuencias de Microondas 2,45 – 5,8 GHz	21
1.6 Resumen de Frecuencias de opresión Sistemas RFID.....	23
1.7 Clasificación de los Sistemas RFID de acuerdo a su acoplamiento.	23
1.7.1 Acoplamiento Inductivo.....	23
1.7.2 Acoplamiento Backcaster.	24
1.8 Código Electrónico de Producto EPC.....	25
1.9 Estándares ISO para RFID	25

1.9.1 ISO/IEC 10536 Identification cards – Contact less integrated circuitcards.....	26
1.9.3 ISO/IEC 15693 Contact less integrated circuit cards – Vicinity cards.....	26
1.10 Estándares ISO desarrollados para la gestión a nivel unidad	26
1.10.1 ISO/IEC 15961 RFID– Data protocol: application interface.....	26
1.11 RFID vs Otro tipo de tecnología de identificación (Auto – ID).....	27
1.11.1 Código de barras	27
1.11.2 Botones de memoria de contacto.	28
1.11.3 RFID.	28
1.11.4 Comparativa entre los Sistemas de Auto Identificación	28
1.12 Aplicaciones de tecnología RFID	29
1.13 Ventajas y desventajas de los sistemas RFID.	30
1.13.1 Ventajas.....	30
1.13.2 Desventajas	31
1.13.3 Soluciones a las desventajas existentes en los sistemas RFID.....	31
1.14 Conectividad de un dispositivo a la Red.....	32
1.14.1 Protocolo de red TCP IP	32
1.14.1.1 Capa Física.....	32
1.14.1.2 Capa de red	32
1.14.1.3 Capa de Transporte.....	32
1.14.1.4 Capa de Aplicación	33
1.15 Internet de las Cosas IOT	33
1.15.1 Arduino	33

1.15.2 Raspberry	35
2 CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO	37
2.1 Metodología orientada a desarrollo de prototipos	37
2.1.1 Fases:.....	37
2.1.2 Ventajas.....	37
2.1.3 Desventajas	37
2.2 Descripción del Prototipo	38
2.3.1 Módulo principal.....	38
2.3.2 Módulo secundario.....	38
2.3.3 Servidor de alojamiento del sitio de administración web.....	38
2.4 Selección del dispositivo a utilizar para el prototipo	39
2.5. Selección del dispositivo a utilizar Arduino Vs Raspberry.	39
2.5.1 Objetivo.....	39
2.6 Aspectos técnicos comparativos: Arduino Mega 2560 y Raspberry Pi2B	42
2.7 Hardware	45
2.7.1 Arduino Mega 2560.....	45
2.7.2 Estructura de Arduino Mega 2560	46
2.8 Descripción de los pines de Arduino MEGA 2560.....	47
2.8.1 Pines digitales.....	48
2.8.2 Pines del Puerto Serial	48
2.8.3 Reset	49
2.9 Arduino Ethernet Shield	49
2.10 Interfaz de programación de Arduino.....	50
2.11 Lector RFID ID-3LA	51

2.11.1 Características técnicas de Lector ID-3LA.....	51
2.11.2 Descripción de pines del lector	52
2.11.3 Modo de conexión del lector RFID ID 3LA.....	52
2.11.4 Trasmisión de datos.....	53
2.12 Tag EM 4001	53
2.13 LCD 16 x 2	54
2.13.1 Circuitería interna del LCD y el bus serial I2C	54
2.14 Teclado Matricial 4 X 3	54
2.15 Relé	55
2.15.1 Conexión del Relé hacia Arduino Mega 2560.....	55
2.15.2.1 Cálculo de la resistencia de base del transistor	56
2.16 Regulador de voltaje 7805.....	57
2.17 Circuito de integración de hardware del proyecto	58
2.18 Diseño de la placa electrónica del módulo principal del prototipo	59
2.18.1 Diseño de la placa electrónica del módulo secundario.	59
2.19 Integración del control de acceso por radio frecuencia a Ethernet	60
2.19.1 Método de conexión del prototipo a la red de datos	60
2.19.2 Configuración de Arduino Sheild Ethernet.....	61
2.20 Software	62
2.20.1 Software de administración del prototipo ETAPA 1	63
2.20.2 PHP. (Hypertext Preprocessor)	64
2.20.3 Sitio web de administración del control de acceso por radio frecuencia	64

2.20.4 Sistema de administración.....	65
2.20.4.1 Acceso al sistema.....	65
2.20.5 Descripción de los Menús.....	66
2.21 Estructura de la base de datos	70
2.21.1 XAMPP	70
2.21.2 Gestión de base de datos	71
2.21.3 Base de datos del prototipo	71
2.22 Software de consulta ETAPA 2.....	72
2.22.1 Descripción de las clases del proyecto de consulta ETAPA 2	73
2.23 Software de microcontrolador ETAPA 3	75
2.23.1 Descripción de programación del micro controlador	75
2.23.2 Funciones del sistema	78
2.24 Diagrama de integración lógica de las tres etapas del software del prototipo.	80
2.25 Servidor informático.....	82
3. CAPÍTULO III. ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO.....	84
3.1 Ensamblaje del prototipo	85
3.2 Montaje total de la infraestructura del sistema de control de acceso.....	85
3.3 Pruebas finales de funcionamiento	86
3.3.1 Pruebas de conectividad vía red.....	87
3.3.2 Pruebas de funcionamiento del sistema de administración	87
3.4 Verificación de envío de información a la base de datos	93
3.4.1 Prueba de lecturas de tags registrados en el sistema	93
3.4.2 Ingreso de clave por teclado (clave correcta)	94

3.4.3 Ingreso de clave por teclado (clave incorrecta)	95
3.4.4 Prueba de lecturas de tags no registrados en el sistema.	96
3.5 Análisis costo – beneficio del prototipo	97
3.5.1 Análisis costo – beneficio del prototipo implementado en Imprimidos.	97
3.5.2 Situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.	99
3.5.3 Situación proyectada una vez implementado del control de accesos RFID.	100
3.5.4 Relación costo beneficio del control de acceso a implementarse en Impremidos.	103
3.6 Análisis costo – beneficio del prototipo, desde el punto de vista comercial.	104
3.6.1 Costos directos de producción del prototipo.	105
3.6.2 Costos indirectos en la producción del prototipo.....	105
3.6.3 Precio de comercialización	105
3.6.4 Punto de equilibrio de comercialización del sistema de control de acceso.	106
3.6.5 Costo referencial de soluciones similares.....	106
3.7 Comparativa de costos	107
3.8 Beneficios del prototipo	108
3.9 Cumplimiento de objetivos del proyecto	109
3.9.1 Objetivo general.....	109
3.9.2 Objetivos específicos	109
4. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	111

4.1 Conclusiones	111
4.2 Recomendaciones	113
Referencias	115
ANEXOS	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos del sistema	2
Figura 2. Diagrama lógico del proceso de ingreso.	3
Figura 3. Diagrama lógico del proceso de salida.....	4
Figura 4. Descripción de las funciones del sistema de administración.....	4
Figura 5. Sistema de Identificación por Radio Frecuencia para transporte (Tele peaje).	9
Figura 6. Esquema de Básico de un Sistema RFID.	10
Figura 7. Estructura interna de un Tag pasivo.....	10
Figura 8. Esquema de funcionamiento básico del lector RFID.....	14
Figura 9. Proceso de envío de datos del tag hacia el lector RFID.....	17
Figura 10. Frecuencias de operación Sistemas RFID.	23
Figura 12. Acoplamiento Backscatter en sistema RFID.	24
Figura 13. Estructura lógica de Código Electrónico de Producto EPC.	25
Figura 14. Capas de red del Modelo TCP-IP.....	32
Figura 15. Arduino Mega 2560.	34
Figura 16. Arduino Shield Ethernet	34
Figura 17. Raspberry PI 2 B.	36
Figura 18. Arduino Mega 2560	46
Figura 19. Distribución de pines Arduino Mega 2560.....	48
Figura 20. Módulo Shield de Arduino.	49
Figura 21. Entorno de desarrollo Arduino.....	50
Figura 22. Lector RFID ID-3LA.....	51
Figura 23. Modo de conexión del Lector RFID.	52
Figura 24. Tag RFID EM 4001.	53
Figura 25. Circuitería interna de LCD I2C.	54
Figura 26. Descripción de pines del rele.	55
Figura 27. Conexión de relé y Arduino.	55
Figura 28. Regulador de voltaje 7805.	57
Figura 29. Conexión de todos los elementos electrónicos del prototipo.....	58
Figura 30. Placa electrónica principal diseñada con proteus 8.....	59

Figura 31. Placa electrónica secundaria diseñada con proteus 8.	59
Figura 32. Modo de conexión del Sheid Ethernet y Arduino.	60
Figura 33. Inclusión de las librerías Ethernet y SPI.....	61
Figura 34. Configuración de parámetros de red en Arduino.....	62
Figura 35. Esquema lógico de funcionamiento del software del prototipo.....	63
Figura 36. Interfaz de acceso del sistema SCAI.....	65
Figura 37. Interfaz de menús de administración del sistema SCAI.	66
Figura 38. Interfaz de menú registro de usuarios del sistema SCAI.....	66
Figura 39. Interfaz de menú entrada salida del sistema SCAI.....	67
Figura 40. Interfaz de menú Actualización de usuarios del sistema SCAI.	68
Figura 41. Interfaz de menú Eliminación de usuarios del sistema SCAI.	69
Figura 42. Interfaz de menú modificación de clave de administración.	69
Figura 43. Interfaz programa XAMPP.	70
Figura 44. Estructura de la base de datos del sistema de control de acceso por RFID.....	71
Figura 45. Estructura de la base de datos del prototipo.	72
Figura 46. Estructura del software de consulta ETAPA 2.....	72
Figura 47. Parámetros de configuración de Sheild Ethernet.....	75
Figura 48. Parámetros de inicialización del Sheild Ethernet.....	76
Figura 49. Código de programación para inicializar el teclado matricial.....	77
Figura 50. Inicialización de los puertos seriales.	77
Figura 51. Diagrama de Flujo de funcionamiento del sistema (Módulo principal).....	80
Figura 52. Diagrama de Flujo de funcionamiento del sistema continuación (Módulo principal).....	81
Figura 53. Diagrama de flujo de funcionamiento del sistema (Módulo secundario).....	82
Figura 54. Conexión del prototipo de control de acceso y el servidor.	84
Figura 55. Módulo Principal del Prototipo.....	85
Figura 56. Módulo secundario del prototipo.	85
Figura 57. Sistema de control de acceso por RFID.....	86
Figura 58. Mensaje inicial del módulo de Ingreso.	86

Figura 59. Prueba de conectividad, mediante el comando de red ping entre el servidor y el módulo de control de acceso.....	87
Figura 60. Ingreso al sistema de administración del control de acceso SCAI.....	88
Figura 61. Visualización de menús y hora del sistema SCAI.	89
Figura 62. Formulario de registro de usuarios sistema SCAI.	89
Figura 63. Verificación de inserción de registro en la base de datos.	90
Figura 64. Formulario de consulta de ingreso y salida de usuarios sistema SCAI.....	90
Figura 65. Información actual del usuario Wilson Delgado presentada por el menú actualizar registro.	91
Figura 66. Información actual del usuario Wilson Delgado presente en la base de datos del sistema.	91
Figura 67. Actualización de información del usuario Wilson Delgado.	91
Figura 68. Verificación de actualización de información del usuario Wilson Delgado, en la base de datos del sistema.....	92
Figura 69. Formulario de actualización de clave del administrador.....	92
Figura 70. Clave de administrador encriptada en la base de datos del sistema.....	92
Figura 71. Clave de administrador actualizada y encriptada.....	92
Figura 72. Registros enviados desde el prototipo a la base de datos.	93
Figura 73. Interacción Módulo RFID y el tag.	94
Figura 74. Lectura del tag.	95
Figura 75. Ingreso de clave vía teclado.....	95
Figura 76. Clave correcta ingresada.	95
Figura 77. Lectura del tag.	96
Figura 78. Ingreso de clave vía teclado.....	96
Figura 79. Clave incorrecta.	96
Figura 80. Mensaje usuario bloqueado.	96
Figura 81. Mensaje comuníquese con el administrador.	96
Figura 82. Mensaje usuario no registrado.	97
Figura 83. Retorno al mensaje de inicio.	97

Figura 84. Costo anual del procesamiento de información sin sistema de control de acceso automático.....	100
Figura 85. Costo anual del procesamiento de información proyectada con el sistema de control de acceso RFID.....	102
Figura 86. Diferencia entre solución implementada y existente en el mercado nacional.....	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espectro electromagnético	18
Tabla 2. Frecuencia de operación 135 KHz	19
Tabla 3. Frecuencia de operación 13,56 MHz.....	20
Tabla 4. Frecuencia de operación 928 MHz operación	21
Tabla 5. Frecuencia de operación 928 MHz.....	22
Tabla 6. Comparativa entre los Sistemas d.....	29
Tabla 7. Comparativa de especificaciones técnicas entre dispositivos Arduino Mega 2560 y Raspberry PI 2B.	43
Tabla 8. Características técnicas de Arduino Mega 2560.	47
Tabla 9. Puertos seriales y sus pines.....	48
Tabla 10. Características del lector ID-3L	51
Tabla 11. Descripción de pines del lector ID-3LA.....	52
Tabla 12. Elementos de conexión del lector ID-3LA.....	53
Tabla 13.. Nomenclatura utilizada para los cálculos	56
Tabla 14. Especificaciones del servidor Informático.....	82
Tabla 15. Parámetros técnicos del servidor de Impremédios.....	83
Tabla 16. Materiales del control de acceso RFID.....	98
Tabla 17. Situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.....	99
Tabla 18. Cuantificación de la situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.....	100
Tabla 19. Situación proyectada una vez implementado del control de accesos.....	101
Tabla 20. Cuantificación de la situación proyectada de la empresa con el sistema de control de acceso RFID.....	102
Tabla 21. Nomenclatura parámetros de cálculos.....	103
Tabla 22. Costo total del prototipo.....	104
Tabla 23. Costos indirectos de producción.....	105
Tabla 24. Comparativa de costos.enclatura parámetros de cálculos.....	107

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Impremedios es una empresa que se desenvuelve en el ámbito del periodismo. Su labor principal es la recopilación de información en la región Amazónica del Ecuador, y su matriz se encuentra localizada en la ciudad de Quito, en la Av. 12 de Octubre y Av. Veintimilla, séptimo piso, del edificio 12 de Octubre.

La misión de esta empresa es la de mantener informada de manera oportuna a la población de la ciudad Puerto Francisco de Orellana, mediante la circulación del periódico Espectador Amazónico de manera quincenal.

La empresa cuenta con diez colaboradores en total: un gerente, dos recepcionistas tres personas en el área de ventas, dos periodistas y dos mensajeros. Este personal está distribuido entre la matriz de Quito y la sede de Francisco de Orellana.

Actualmente, Impremedios no cuenta con un sistema que ayude a llevar un control efectivo de la hora de llegada y salida de su personal, así como tampoco un control de ingreso de personal autorizado a la empresa. Es por esta razón que la propuesta de diseño e implementación de un prototipo de control de acceso con tecnología RFID y validación de clave de usuario y conectividad a red de datos fue de mucho agrado por parte de la gerente de la empresa.

ALCANCE

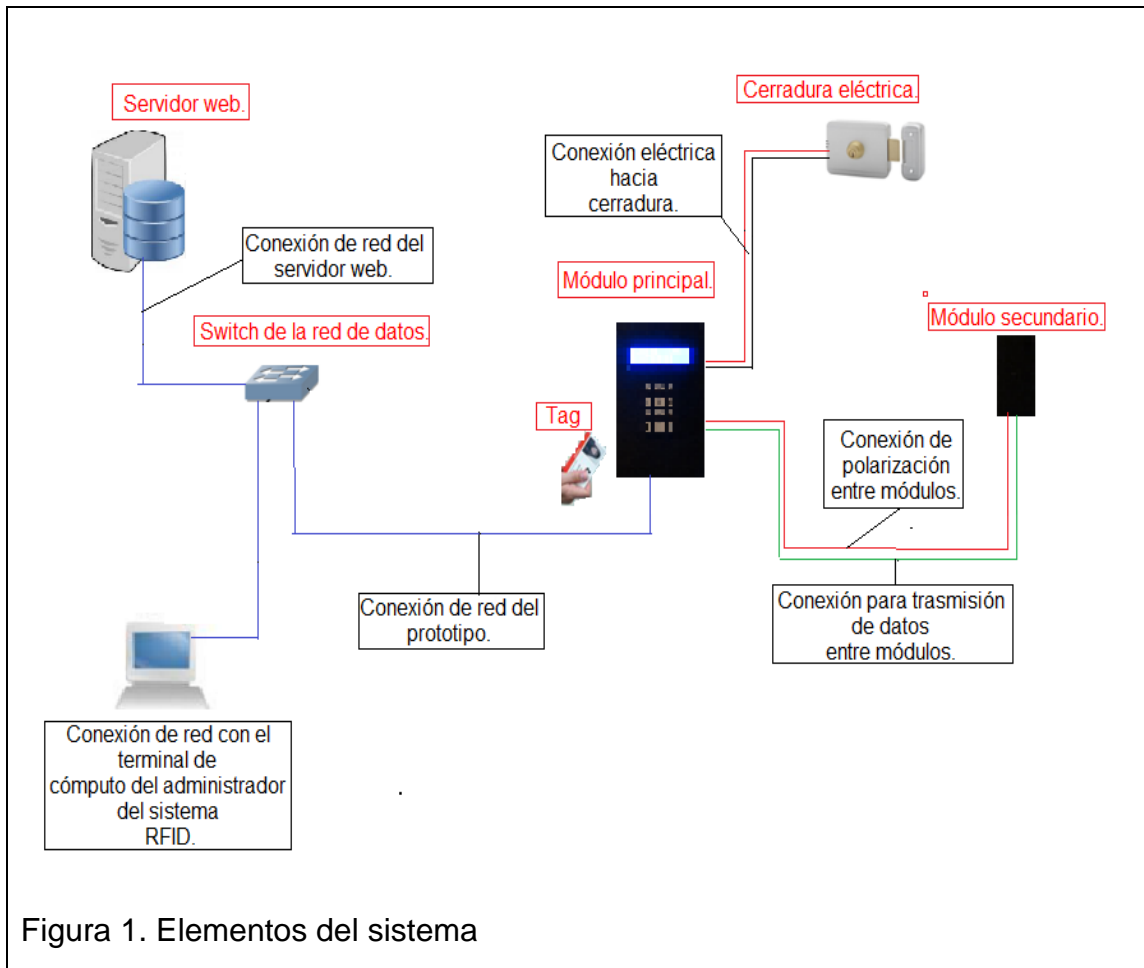
El presente proyecto está enfocado en el diseño e implementación de un prototipo de control de acceso mediante tecnología RFID, que, además, y como medida de seguridad solicitará una clave de usuario de cuatro dígitos, la cual deberá ser ingresada mediante un teclado hexadecimal.

Además, el prototipo en mención tendrá la capacidad de conectarse mediante red de datos para llevar a cabo las diferentes tareas de administración. El sistema de administración vía web permitirá interactuar, con el prototipo mediante conexión de red, las siguientes tareas en tiempo real:

1. Visualización de hora del sistema.
2. Grabación de nuevos usuarios en el sistema (tags).
3. Visualización de los registros de entrada y salida presentes en el prototipo.
4. Reseteo o eliminación de usuarios (tags registrados).
5. Cambio de clave de administración del sistema.
6. Opción de salir de los menús antes mencionados.

Adicionalmente, mediante el software de administración del prototipo se obtendrá los reportes de asistencia de los empleados registrados.

Descripción de los elementos del sistema de control de acceso por RFID.



Funcionamiento

Diagrama de flujo de funcionamiento de modulo primario

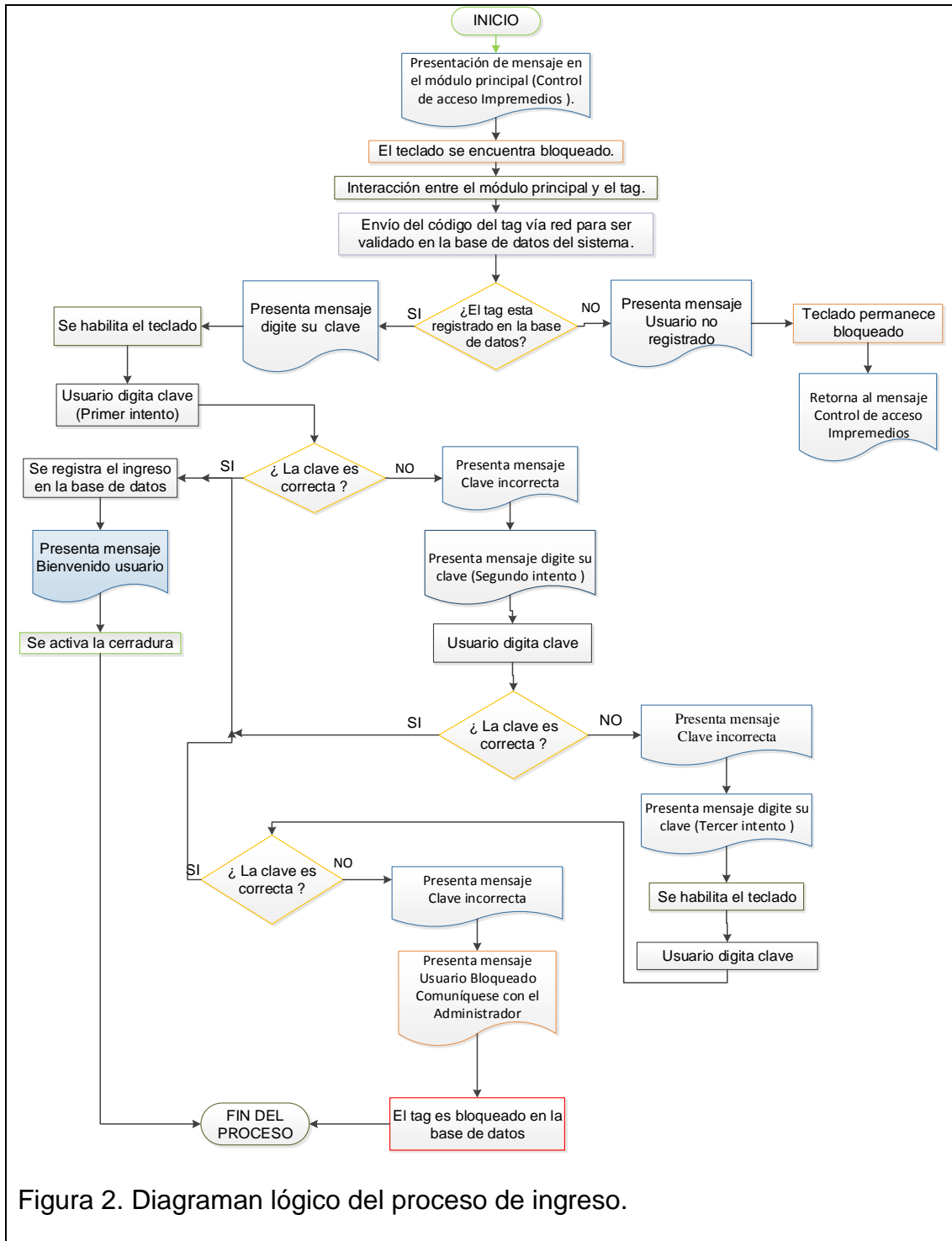
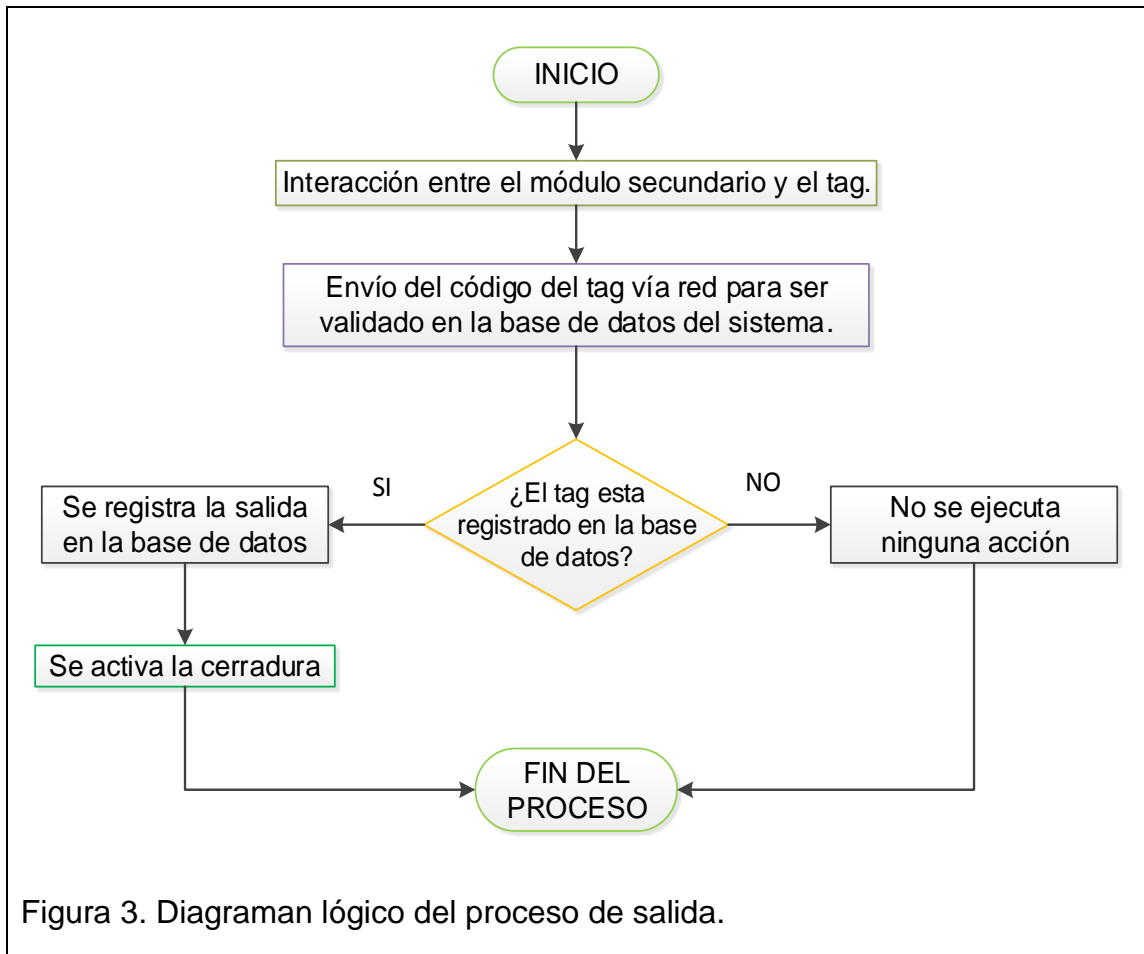
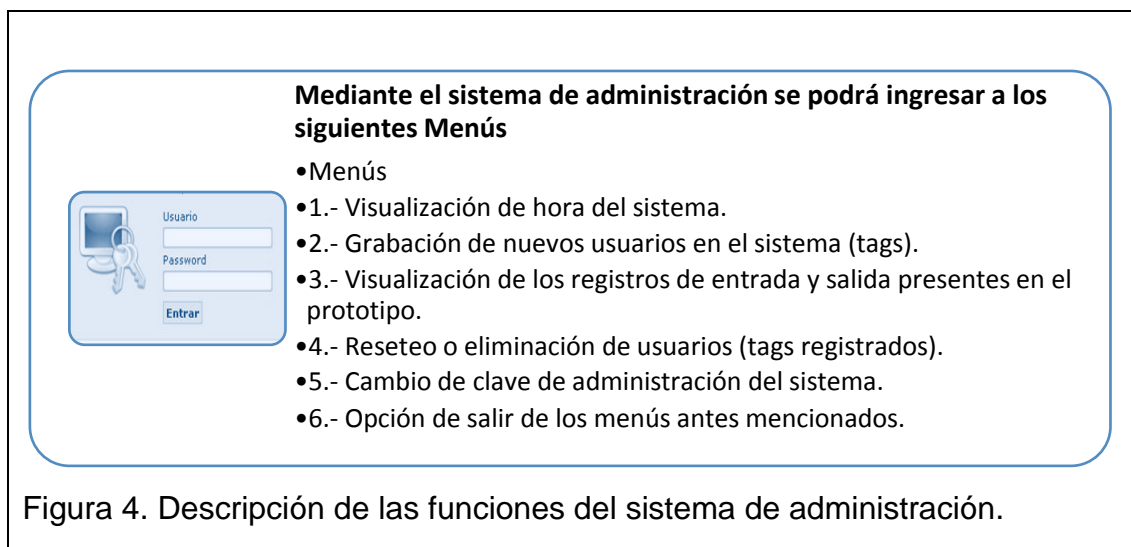


Figura 2. Diagraman lógico del proceso de ingreso.

Diagrama de flujo de funcionamiento de modulo secundario



Sistema de Administración



JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente, la empresa no cuenta con un sistema que le permita controlar la hora de entrada y salida de sus trabajadores, así como tampoco controlar además el ingreso de personal autorizado a las instalaciones de la misma.

Con la elaboración del presente proyecto se solventará la necesidad de la gerencia de la empresa para poder llevar un control detallado de las horas de ingreso y salida de su personal, y monitorear esta actividad, vía red, y en tiempo real.

Por otro lado, con la implementación del sistema de control de acceso se ayudará a incrementar la seguridad referente a la infraestructura de la empresa, ya que únicamente tendrán acceso a las instalaciones las personas que cuenten con un tag registrado y validado en el sistema, así como su respectiva clave de acceso de cuatro dígitos.

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de control de acceso con tecnología RFID, que además permita la validación de clave de cuatro dígitos para el personal de Impremédios. El mismo que podrá conectarse vía internet para llevar a cabo las respectivas tareas de administración en tiempo real.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información necesaria referente a tecnología RFID: micro controlador, circuitos integrados, protocolos de comunicación, entre otros.
- Analizar y evaluar los servicios que prestará el prototipo.
- Diseñar los circuitos y software de administración de prototipo necesario para la ejecución del control de acceso mediante tecnología RFID, y conexión a internet en tiempo real.
- Implementar el prototipo en la empresa IMPREMEDIOS.
- Realizar el análisis costo – beneficio del prototipo.

METODOLOGÍA

En el presente proyecto se utilizará el siguiente método de investigación.

Metodología orientada a desarrollo de prototipos

Esta metodología ayuda a la realización de prototipos cada vez más refinados, con el fin de incrementar la comprensión que tiene el sistema de dicho prototipo, tanto para el usuario como para el desarrollador. (DocSlide, 2016)

Fases:

1. Investigación preliminar.
2. Definición de los requerimientos del sistema.
3. Diseño técnico.
4. Programación y pruebas.
5. Operación y mantenimiento.

Procedimiento:

- Obtener la información permitiente con ayuda de la gerente de la empresa.
- Análisis de costos del proyecto.
- Diseño e implementación del prototipo.
- Ejecución de pruebas del sistema implementado.

I. CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1 Tecnología RFID

1.1 Antecedentes Históricos

RFID (Radio Frequency Identification)

Identificación por radiofrecuencia consiste en un sistema de autenticación por emisión de información a través del espectro electromagnético, mediante la utilización de etiquetas (transponders o tags) emisoras de ondas electromagnéticas hacia un receptor de las mismas.

Fue en la década de los años 40, y explícitamente a raíz de los acontecimientos de la Segunda Guerra Mundial que la Tecnología RFID dio sus primeros pasos. La necesidad surgió cuando los ejércitos inmersos en esta guerra utilizaban los sistemas de radar de reflejo de ondas para receptar la presencia de aviones en territorio aéreo, sin la certeza de saber si estos eran aliados o enemigos. Esta fue la razón que en el año 1939 los Británicos desarrollaron el primer sistema de identificación por transmisión y recepción de ondas electromagnéticas IFF (FRIEND OR FOE) amigo o enemigo. (Casero, 2013, p. 5).

El sistema IFF básicamente consistía en la emisión y recepción de ondas electromagnéticas en una determinada frecuencia que únicamente conocía el ejército aliado. Fue gracias a este sistema que, por primera vez, los ejércitos inmersos en esta guerra podían saber con exactitud si los aviones que surcaban sus cielos eran de un amigo o un enemigo.

Los primeros equipos dotados de tecnología RFID fueron llamados transponders, éstos equipos poseían la capacidad de emitir una señal electromagnética en una frecuencia y realizar el proceso de recepción de ondas en otra frecuencia, el primer equipo transponder creado recibió el nombre de Mark 1, pero tenía capacidades muy limitadas. (Casero, 2013, p. 5).

En la década de los años 50 los avances de la tecnología RFID se centraron en alcanzar mayores distancias de cobertura.

En los años 60 apareció la primera aplicación comercial de esta tecnología, se trató de un sistema dedicado para evitar los robos en grandes casas comerciales. Este sistema consistía en un transponder y un receptor que alojaba un solo bit de información, el cual permitía activar una alarma sonora al detectar que un producto superaba su radio de cobertura. (Casero, 2013, p. 6).

Llegada la época de los años 70 exactamente en enero del año 1973 en EE.UU. se registró la primera patente a nombre de Mario Carrillo, se trataba de un transponder activo basado en tecnología RFID el cual poseía una memoria re-escribible.

De igual manera, y en el mismo año, Charles Walton patentó el primer sistema de transponder pasivo RFID que permitía realizar la activación de una cerradura eléctrica al momento de validar la información en el transponder pasivo frente a un receptor RFID. (Casero, 2013, p. 7).

En la década de los años 80 en los Estados Unidos, RFID ingreso al ámbito de identificación de individuos, exactamente de mascotas.

En los años 90 en EE.UU. apareció una nueva aplicación comercial en el campo del transporte, es así que nace el tele peaje utilizando un sistema con tecnología RFID. (Casero, 2013, p. 7).

El tele peaje es un sistema de transmisión y recepción de información automático. Facilita el débito del valor económico por el paso de un vehículo por el peaje, esto se realiza mediante un emisor y un receptor que utilizan tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID).

En el año 1999 fue constituida la sociedad Auto-ID, la cual es la principal encargada del desarrollo e implementación de tecnología RFID. Esta sociedad consta de varios centros de investigación tecnológica, universidades, y laboratorios alrededor del mundo.

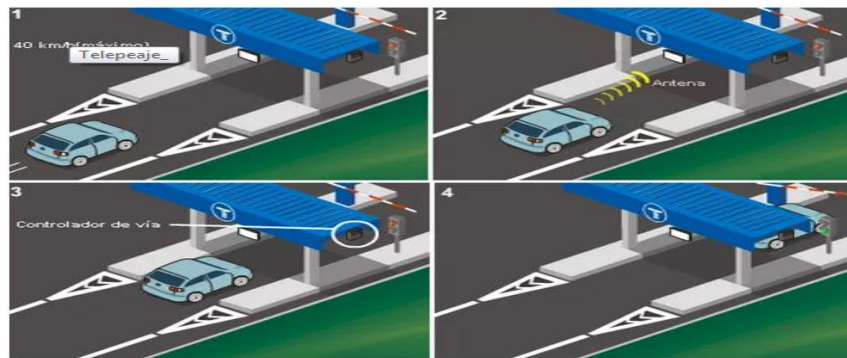


Figura 5. Sistema de Identificación por Radio Frecuencia para transporte (Tele peaje).

Tomado de Skyscrapercity.com, s.f.

Actualmente, la Auto-ID es conocida como AUTOID Labs., y está conformada por seis centros de investigación ubicados en Universidades de alto prestigio a nivel mundial, dicho grupo de elite de investigación está conformado por el Instituto Tecnológico de Massachussets en Estados Unidos, la Universidad de Cambridge en Reino Unido, Adelaica en Australia, Keio en Japón, Fudan en China y St. Gallen en Suiza.

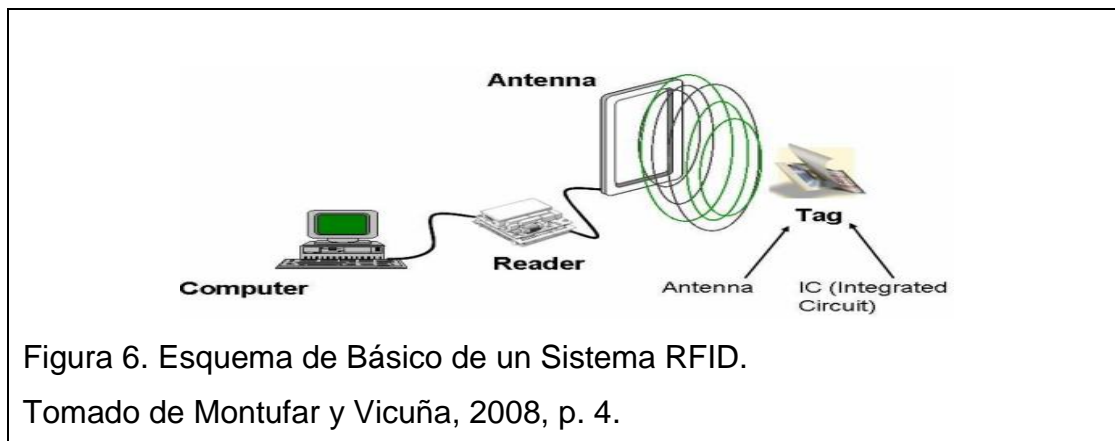
AUTOID Labs., en colaboración con EAN (European Article Numbering) y UCC (Uniform Code Council) desarrollaron la Red EPC (Código Electrónico de Producto), este código posee 96 bits y es almacenado en el microchip de las etiquetas o transponders RFID, lo que permite que cada producto tenga un número único, además que sea capaz de almacenar información pertinente a la empresa que lo fabricó y ciertas especificaciones del producto. (Casero, 2013, pp. 6 - 7).

1.2 Elementos de un Sistema RFID

En su concepción más básica un sistema RFID se encuentra constituido por tres elementos:

- Etiqueta (transponder o tag).
- Receptor Lector RFID.
- Sistema de Control.

En la figura 6, se puede apreciar los elementos de un sistema RFID.



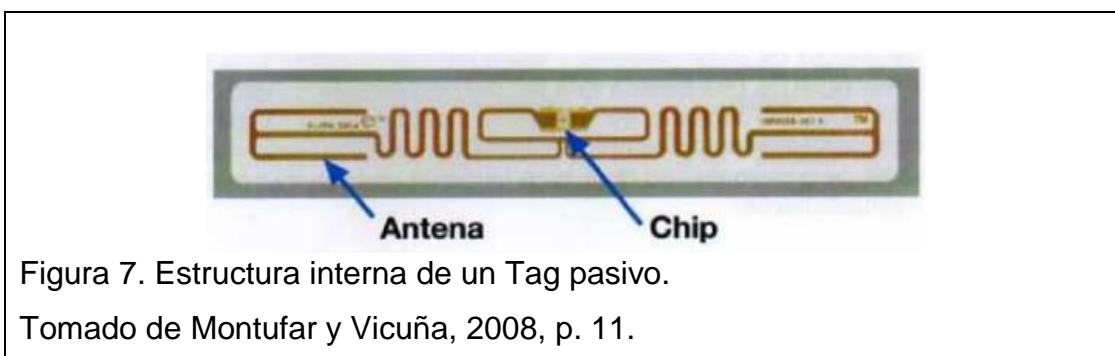
1.2.1 Etiqueta (transponder o tag).

Se trata de un dispositivo electrónico con una micro antena receptora integrada a él, esta antena recepta las ondas electromagnéticas que constituyen una petición realizada por un lector RFID, y trasmite esta energía hacia un microchip el cual responde con la emisión de información (número único). Esta emisión de información se realiza a través del espectro radio eléctrico. (Lopez, 2008, p. 16).

De acuerdo a la fuente de energía utilizada por el transponder, estos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Tags pasivos.
- Tags activos.
- Tags semi-activos.

En la figura 7, se presenta la circuitería interna de un tag pasivo.



1.2.1.1 Clasificación de Tags (Transponders) RFID.

1.2.1.1.1 Tag RFID Pasivos.

En este tipo de tags, el lector interactúa con un tag que no posee una fuente de energía propia, es por ello que aprovecha la energía emitida por el lector. Esta energía es almacenada en un capacitor y transmitida a un microchip para luego enviarla a su antena emisora con el fin de llevar a cabo la transmisión de información hacia el lector. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, p. 38).

El proceso antes mencionado puede llevarse a cabo una vez que el transponder se encuentra en el rango de distancia mínimo necesario para interactuar con el lector RFID.

Una notable desventaja que presenta este tipo de sistema es que, debido a que depende de una fuente de energía externa, su rango de distancia de acción que se limita al orden de los centímetros de distancia. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, p. 38).

1.2.1.1.2 Tag RFID Activo.

Este tipo de tag posee una fuente de energía integrada, lo que permite aumentar su capacidad de almacenamiento de información, así como su rango de acción. Este tipo de tag es de mayor tamaño debido a su batería integrada, también son más costosos, sin embargo, poseen ciertas ventajas frente a los tags de tipo pasivos. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, p. 38).

Los tag activos pueden funcionar de dos maneras diferentes: la primera es en estado de espera (invernación), es decir antes de encontrarse en el rango de cobertura del lector. Cuando entra en el rango de cobertura del lector comienzan la transmisión de información para poner en funcionamiento el sistema de identificación por radiofrecuencia. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, p. 39).

La segunda manera de funcionamiento de los tags activos es cuando estos, realizan un proceso de broadcast, hasta el momento en que entra al rango de cobertura del lector. Una notable ventaja que presenta estos tags es el hecho

que permiten mayores rangos de cobertura, su distancia se encuentra en el orden desde 20 m a 100 m.

1.2.1.1.3 Tag Semi-activos

Estos tags poseen una fuente de energía dedicada la cual únicamente energiza el microchip. La transmisión de información se la realizará de manera similar a los tags pasivos, con una diferencia pues al contar con una fuente de energía propia para energizar el chip el tiempo de respuesta será menor y de una mayor velocidad, además su rango de cobertura será mayor en comparación a los tags pasivos. (López, 2008, p. 16).

1.2.1.2 Clasificación de los Tag RFID por tipo de Memoria

A continuación, se presenta una breve descripción de los tipos de tags de acuerdo a su memoria.

1.2.1.2.1 Tags de una sola escritura

Este tipo de tag permite realizar una sola escritura de datos en él. Dicha escritura se la realizará en el momento de su fabricación o en su distribución, una vez grabada la etiqueta ésta ya no podrá ser modificada. (Vázquez, 2013, p.18)

1.2.1.2.2 Tags de solo Lectura

Estos tags, se asemejan a un sistema de código de barras, debido a que poseen un código serial único grabados en él, dicho código no puede ser modificado, este tipo de memorias son utilizados regularmente en los tag pasivos. (Vázquez, 2013, p.18)

1.2.1.2.3 Tags de lectura/escritura (R/W)

Este tipo de tag se caracteriza por poder modificar la información contenida en él, ya sea de manera parcial o totalmente. Este tipo de dispositivos es de mucha utilidad en aplicaciones en las que se requieran reutilizar los tags.

Finalmente se puede realizar una clasificación de las diferentes memorias de

almacenamiento de los tags. A continuación se presenta dicha clasificación.
(Vázquez, 2013, p.18)

1.2.1.2.4 EPROMs (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)

A pesar de tener un alto consumo de energía, estas memorias son las más utilizadas. Poseen un número limitado de ciclos de escritura que se encuentran en los rangos de 100000 a 1000000 ciclos. (Ruiz, 2011, pág. 69).

1.2.1.2.5 FRAMs (Ferromagnetic Random Access Memory)

A diferencia de las memorias EEPROMs las memorias FRAMs tienen un menor consumo de energía, su rango es de 100 veces menos. De igual manera su ciclo de escritura es de 100 veces menor que las memorias EEPROMs. (Ruiz, 2011, pág. 69).

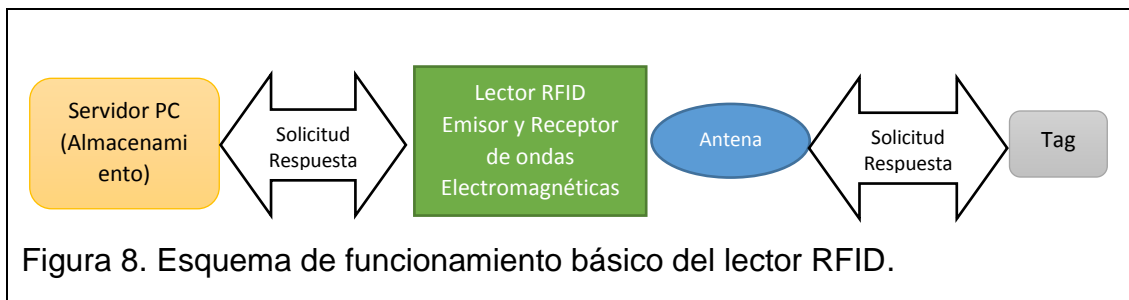
1.2.1.2.6 SRAMs (Static Random Access Memory)

Es la memoria de mayor uso para microondas. Posee una mayor velocidad a los ciclos de escritura, pero este tipo de memorias requieren energía permanente, es por ello cuentan con una batería auxiliar. (Ruiz, 2011, pág. 69).

1.2.2 Lector RFID.

El lector RFID es el encargado de emitir la señal de petición de información al transponder, de igual manera se encarga de recibir la información emitida por el tag, procesarla y validarla, para de esta manera verificar su idoneidad. (Portillo, Bermejo y Bernardos, 2008, p. 46).

En otras palabras, el lector RFID se encuentra compuesto por tres etapas principales, las cuales pueden ser apreciadas en la figura 8.



1.2.2.1 Módulo de radio frecuencia. (Emisor y receptor)

Este módulo está constituido por un emisor que genera una señal de radio frecuencia, la misma que hace la petición de trasmisión de información a un transponder. Por otro lado, el módulo de Radio Frecuencia consta también de un receptor que recibe la información enviada de retorno por el transponder. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, pp. 46).

En términos técnicos, el módulo de radio frecuencia es el encargado de las siguientes funciones.

- Propagar la señal de radio frecuencia para activar a los transponders (tags).
- Realizar el proceso de modulación al momento de la trasmisión de información entre el tag y el lector.
- Realizar el proceso de recepción y demodulación de información transmitida desde el tag al lector.

1.2.2.2 Unidad de control

Esta unidad por lo regular se encuentra constituida por un microcontrolador y al igual que el módulo de radiofrecuencia desempeña ciertas funciones integrales en un sistema RFID.

A continuación, se describen las funciones que se ejecutan en la unidad de control.

- A) Realiza el proceso de codificación y decodificación de los datos proporcionados por el tag.

- B) Verificación y autenticación de los datos provenientes de los tag.
- C) Realiza la función de intermediario al enviar la información obtenida de los tags hacia la parte lógica de una aplicación determinada.
- D) Como se mencionó en el literal B la unidad de control es la encargada de la validación y autenticación de los datos obtenidos de los tags. Dado que la tecnología RFID es susceptible a sufrir errores de transmisión debido a interferencias, por esta razón como medida de seguridad cuentan con un código de seguridad llamado checksum, el cual es comprobado por el lector (reader). Este checksum consta de los siguientes parámetros:
 - Comprobación de bits de paridad.
 - Comprobación de redundancia longitudinal (LRC, Longitudinal Redundancy Check).
 - Comprobación de redundancia cíclica (CRC, Cyclic Redundancy Check).(Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, pp. 46, 47).

1.2.2.3 Antena del Lector

La antena del lector es el dispositivo que habilita la comunicación bidireccional entre el tag y el lector del sistema RFID. Dependiendo la aplicación del sistema, existe una gran variedad de antenas que se ajustan a cada necesidad. (Portillo, Bermejo y Bernardos , 2008, p. 47).

1.2.3 Software de Control

De acuerdo a la función que cumpla el sistema de identificación por radio frecuencia, el sistema de control puede encontrarse alojado en distintos equipos tales como: en un equipo anfitrión (PC), un micro controlador, en un sitio web, etc. El sistema de control (software) es el encargado de interactuar con el sistema RFID para cumplir con una tarea determinada de acuerdo a las necesidades del proyecto solicitado. El software de control se encuentra constituido por la parte lógica del esquema RFID y es única de acuerdo a la aplicación que se desee dar al sistema de identificación por radio frecuencia.

El alojamiento del software de control, como ya se mencionó, dependerá del alcance que se le desee dar al sistema.

1.3 Principio de funcionamiento de un sistema RFID

Una vez que se han descrito los diferentes elementos que intervienen en un sistema RFID, se procederá a explicar cómo trabajan estos elementos de manera conjunta, para llevar a cabo el proceso de Identificación por Radio Frecuencia. De igual manera se mencionará los parámetros técnicos que se deben cumplir para este objetivo.

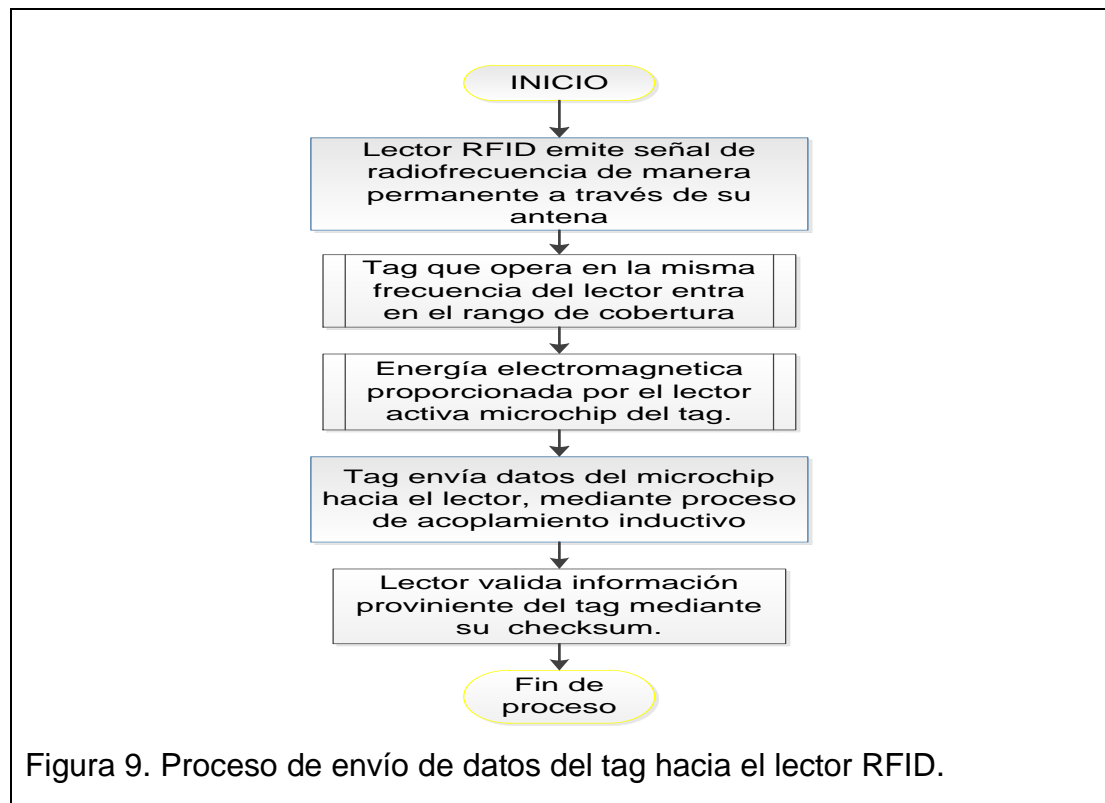
El lector emite de manera constante una señal de radiofrecuencia mediante su antena emisora, esta energía es captada por un tag al momento que se encuentra, en el rango de cobertura. La energía proporcionada por el lector activa el microchip integrado en el tag y además hace las veces de una señal “portadora”, para que se produzca la transmisión de datos del tag hacia el lector RFID.

En la etapa antes mencionada se produce un fenómeno llamado acoplamiento inductivo, este tema será abordado y explicado más adelante, (página 23).

En el proceso antes mencionado, se puede diferenciar las siguientes funciones que lleva a adelante el sistema.

1. La carga de energía del tag utilizando la energía emitida por el lector.
2. La transmisión de datos del tag.
3. La modulación y demodulación de los datos transmitidos hacia el lector.
4. La validación de la información proveniente de la etiqueta mediante el respectivo checksum del tag.
5. El proceso de identificación en el sistema culminará una vez que el lector verifica la ausencia de errores en la validación mencionada en el numeral anterior.

Todo el proceso antes descrito es detallado mediante un diagrama de flujo, el mismo que puede ser apreciado en la figura 9.



Un parámetro técnico muy importante en el funcionamiento de éste tipo de sistemas es que tanto el tag como el lector deben trabajar en una misma frecuencia.

1.4 Frecuencia de Operación de un Sistema RFID.

A continuación, se realiza un análisis de los rangos de frecuencias en las que pueden operar los sistemas RFID.

1.4.1 Espectro radio eléctrico.

Como se sabe el espectro electromagnético está conformado por las diferentes bandas de frecuencias existentes en la naturaleza.

En la tabla 1, se puede apreciar las diferentes bandas de frecuencia que componen el espectro radioeléctrico, pero cabe mencionar que los sistemas RFID únicamente funcionan en cuatro de estas de estas frecuencias.

Tabla 1. Espectro electromagnético

Nombre	Abreviatura	Frecuencias	Long. de onda
Extra baja frecuencia	ELF	3-30 Hz	100.000–10.000 km
Super baja frecuencia	SLF	30-300 Hz	10.000–1000 km
Ultra baja frecuencia	ULF	300–3000 Hz	1000–100 km
Muy baja frecuencia	VLF	3–30 kHz	100–10 km
Baja frecuencia	LF	30–300 kHz	10–1 km
Media frecuencia	MF	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia	HF	3–30 MHz	100–10 m
Muy alta frecuencia	VHF	30–300 MHz	10–1 m
Ultra alta frecuencia	UHF	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia	SHF	3-30 GHz	100-10 mm
Extra alta frecuencia	EHF	30-300 GHz	10–1 mm
Frecuencia milimétrica	mm	Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

Tomado de datateca.unad.edu.co

Nota. Rangos de frecuencias del espectro electromagnético.

Como se mencionó los sistemas RFID únicamente funcionan en cuatro frecuencias las cuales son:

- Frecuencia de operación 135 KHz.
- Frecuencia de operación 13,56 MHz.
- Frecuencia de operación 928 MHz.

- Frecuencia de operación 2,45 – 5,8 GHz.

1.5 Clasificación de los Sistemas RFID de acuerdo a su frecuencia de operación.

1.5.1 Sistemas de Baja frecuencia Low Frecuecy (LF).

En la tabla 2, se puede apreciar los principales parámetros técnicos y beneficios que presentan los sistemas RFID, que trabajan en (LF), Low Frecuecy de 135 KHz.

Tabla 2. Frecuencia de operación 135 KHz

Frecuencia de operación 135 KHz	
Tipo de tag Utilizado	Generalmente Pasivos
Capacidad de almacenamiento	Bajo entre 64 bits y 2 Kbits
Acoplamiento	Inductivo
Tasa de transferencia	Entre 200 bps y 1Kbps
Capacidad de lectura	Lento
Cobertura	Campo electromagnético creado entre tag y lector decrece rápidamente. Cobertura tag pasivo hasta 0,5 m Cobertura tag activo hasta 2 m
Observaciones	Son muy susceptibles a interferencias electromagnéticas industriales de baja frecuencia.
Aplicaciones	Este tipo de sistemas son utilizados en aplicaciones en las que se necesita leer poca cantidad de información y su área de cobertura es muy reducida. Ejemplo: Control de acceso. Identificación de objetos. Gestión de Bienes, etc.

Tomado de Casero, 2013, pp. 28.

1.5.2 Sistemas de Alta Frecuencia High Frecuecy (HF).

En la tabla 3, se puede apreciar los principales parámetros técnicos y

beneficios que presentan los sistemas RFID, que trabajan en (HF), High Frecuecy de 13,56 KHz.

Tabla 3. Frecuencia de operación 13,56 MHz.

Frecuencia de operación 13,56 MHz	
Tipo de tag utilizado	Generalmente pasivos
Capacidad de Almacenamiento	Entre 512 bits y 8 Kbits
Acoplamiento	Inductivo
Tasa de transferencia	25 Kbps
Capacidad de lectura	Hasta 40 tags por segundo
Cobertura	Aproximadamente de 1 metro
Observaciones	<p>Posee una buena penetración en líquidos y materiales no conductivos.</p> <p>Presenta inconvenientes al encontrarse cerca de materiales metálicos debido a que estos producen reflexiones de las ondas de radiofrecuencia.</p> <p>Poseen mayor resistencia a las interferencias en comparación a los sistemas LF.</p>
Aplicaciones	<p>Al igual que los sistemas LF, los sistemas de alta frecuencia High Frecuencia son utilizados en aplicaciones en las que se necesita leer poca cantidad de información y, su área de cobertura es muy reducida.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>Servicios de alquiler.</p> <p>Gestión de mercadería.</p> <p>Gestión de paquetes, etc.</p>

Tomado de Casero, 2013, p. 29.

1.5.3 Sistemas de Ultra Alta Frecuencia (UHF).

En la tabla 4, se puede apreciar los principales parámetros técnicos y beneficios que presentan los sistemas RFID, que trabajan en (UHF).

Tabla 4. Frecuencia de operación 928 MHz operación

Frecuencia de operación 928 MHz	
Tipo de tag utilizado	Generalmente pasivos.
Capacidad de almacenamiento	Entre 32 bits y 4 Kbits.
Acoplamiento	Inductivo.
Tasa de transferencia	28 Kbps o superior.
Capacidad de lectura	Hasta 100 tags por segundo.
Cobertura	Aproximadamente hasta 10 metros.
Observaciones	<p>Posee una buena penetración en materiales conductivos y no conductivos.</p> <p>Presenta dificultades frente a la presencia de líquidos.</p> <p>Presenta inconvenientes al encontrarse cerca de materiales metálicos debido a que estos producen reflexiones de las ondas de radiofrecuencia.</p> <p>Poseen mayor resistencia a las interferencias en comparación a los sistemas LF.</p> <p>Requiere una correcta orientación del tag en referencia a la antena del lector RFID.</p>
Aplicaciones	<p>Este tipo de sistemas son muy utilizados para aplicaciones en las que se requieren distancias de transmisión superiores a las de los sistemas antes mencionados.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>Trazabilidad y seguimientos de artículos.</p> <p>Gestión en cadena de suministros.</p>

Tomado de Casero, 2013, pp. 29 – 30

Nota. Especificaciones técnicas de los sistemas RFID que operan de 13,56 MHz

1.5.4 Sistemas en Frecuencias de Microondas 2,45 – 5,8 GHz

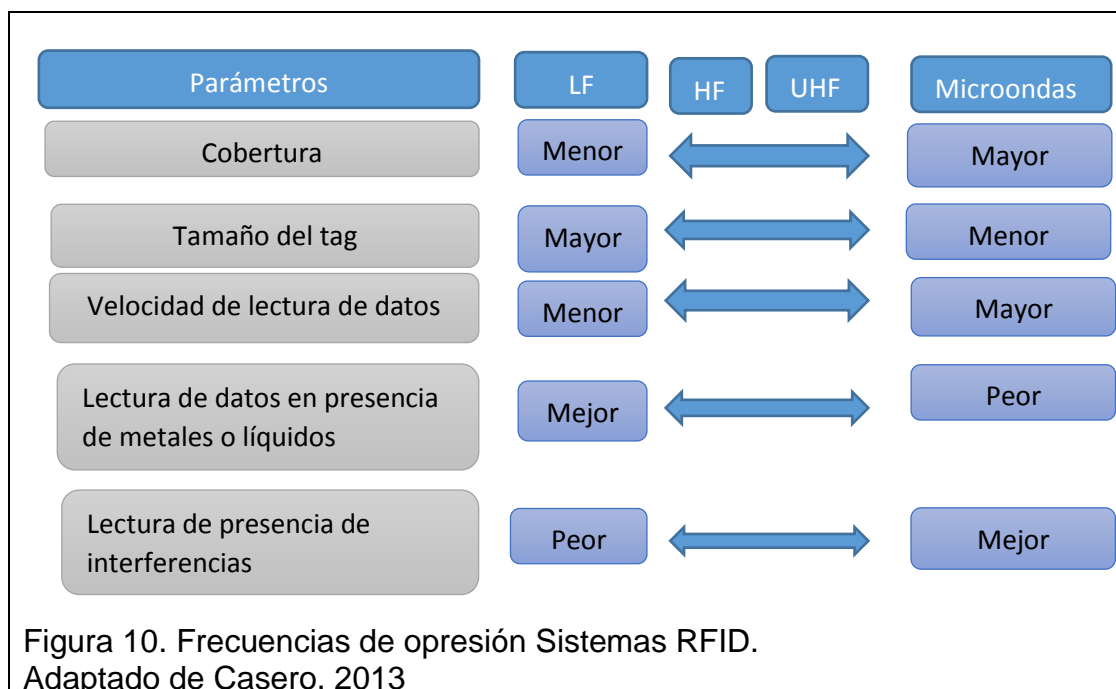
En la tabla 5, se puede apreciar los principales parámetros técnicos y beneficios que presentan los sistemas RFID, que trabajan en, la frecuencia de las microondas.

Tabla 5. Frecuencia de operación 928 MHz.

Frecuencia de operación 2,45 – 5,8 GHz	
Tipo de tag utilizado	Generalmente activos.
Capacidad de almacenamiento	Entre 128 bits y 512 Kbits.
Acoplamiento	Inductivo.
Tasa de transferencia	100 Kbps. 1 Mbps
Cobertura	Aproximadamente hasta de 15 metros.
Observaciones	<p>Posee una buena penetración en materiales no conductivos.</p> <p>Presenta dificultades frente a la presencia de líquidos debido a que depende del factor de absorción del medio.</p> <p>Presenta inconvenientes al encontrarse cerca de materiales metálicos debido a que estos producen reflexiones.</p> <p>Presenta susceptibilidad al ruido.</p>
Aplicaciones	<p>Este tipo de sistemas son muy utilizados para aplicaciones en las que se requieren alta velocidad de transmisión de datos y mayor cobertura.</p> <p>Ejemplo:</p> <p>Tele peajes</p> <p>Gestión de automatización.</p> <p>Logística militar.</p>

Tomado de Casero, 2013, pp. 30 - 31.

1.6 Resumen de Frecuencias de opresión Sistemas RFID



1.7 Clasificación de los Sistemas RFID de acuerdo a su acoplamiento.

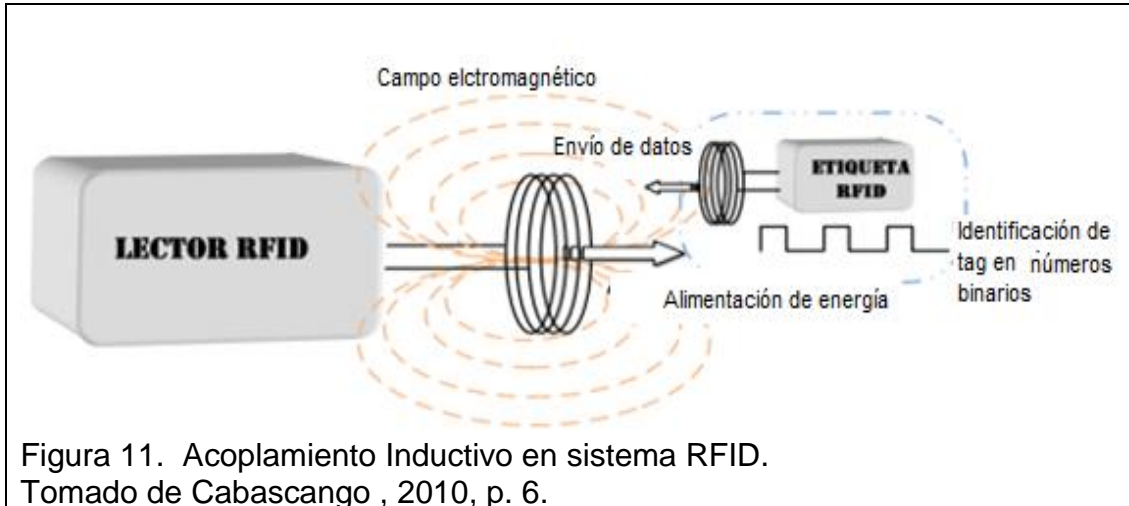
Una clasificación adicional que existe en los sistemas RFID es la que hace referencia a su tipo de acoplamiento. Desde este punto de vista existen 2 clases:

1.7.1 Acoplamiento Inductivo.

Como ya se mencionó en líneas anteriores tanto el lector como el tag de los sistemas RFID deberán funcionar en una misma frecuencia. Este tipo de acoplamiento requiere una mayor cantidad de radiación de energía por parte del lector, para esta manera activa la circuitería del tag mediante la recepción de esta energía, a través de su antena en forma de bobina. (Cabascango , 2010, p. 6.)

Este tipo de acoplamiento es utilizado generalmente en sistemas RFID LF y HF.

En la figura 11, se ilustra el funcionamiento de los sistemas RFID, que utilizan acoplamiento inductivo.

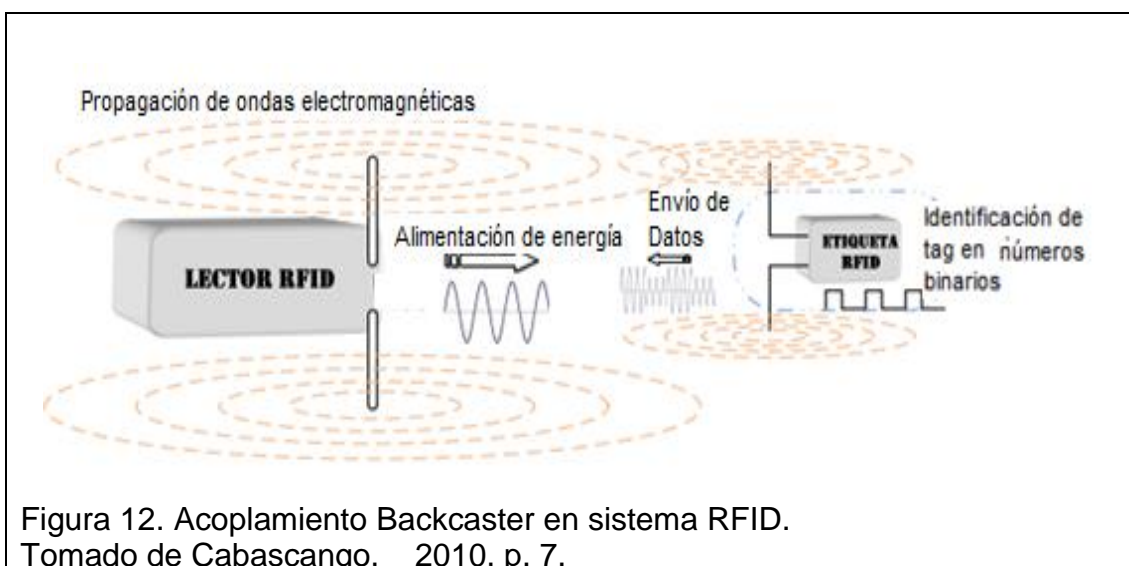


1.7.2 Acoplamiento Backcaster.

Al igual que el acoplamiento inductivo, el tag y el lector deberán trabajar en una misma frecuencia.

El principio elemental de funcionamiento de este tipo de acoplamiento es la transferencia de energía en un esquema Half Duplex. Esto permite al sistema ahorrar energía radiada puesto que dicho acoplamiento entre tag y lector se realiza de manera alternada. Este tipo de acoplamiento generalmente es utilizado en sistemas de UHF de 868 Mhz en Europa y 915 MHz en los Estados Unidos de América. (Cabascango , 2010, p. 7.)

En la figura 12, se ilustra el funcionamiento del acoplamiento Backcaster



Uno de los parámetros más importantes y sin el cual no se podría llevar a cabo la comunicación de un sistema RFID, es el EPC cuyo significado proveniente del inglés es “Electronic Product Code Global”.

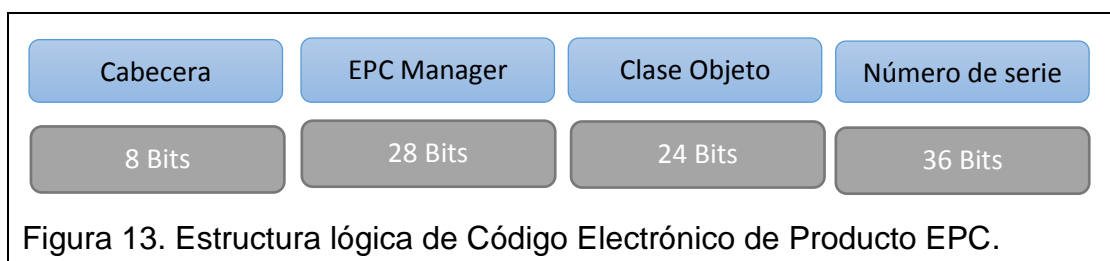
Electronic Product Code Global, en español “Código Electrónico de Producto” es el identificador único asignado a un producto, individuo o cosa, el cual se encuentra presente en un tag o transponder, validado mediante un lector RFID. (Cabascango , 2010, p. 7.)

Desde el punto de vista electrónico, el EPC se encuentra conformado por 96 bits de información que contienen los siguientes parámetros:

- Identificación del fabricante
- Clase de producto
- Número único del objeto a identificar

A continuación, en la figura 13, se presenta la trama a detalle del Código Electrónico de Producto.

1.8 Código Electrónico de Producto EPC.



El organismo encargado de comercializar y desarrollar estas normas EPC es EPCGlobal, quien realiza un seguimiento en todo el mundo de cada uno de los objetos en la cadena de distribución llamado Seguimiento Global por RFID.

1.9 Estándares ISO para RFID

La estandarización o normalización permite contar con tecnología probada, confiable y aceptada de manera universal y, además garantiza ser “duradera” en el transcurso del tiempo.

A continuación, se procederá a realizar una breve descripción de algunos estándares de RFID existentes actualmente.

1.9.1 ISO/IEC 10536 Identification cards – Contact less integrated circuitcards

Este estándar describe las características físicas, dimensiones y áreas de cobertura, así como el protocolo de transmisión utilizados por los tags inteligentes que operan en la frecuencia de 13.5 MHz. (Bustamate y Lozano , 2015, p. 26).

1.9.2 ISO/IEC 14443 Identification cards – proximity integrated circuit cards

Describe las características físicas de las tarjetas que operan en la frecuencia de 13.56 MHz, y cuyo rango de cobertura es mayor a 1 metro, de igual manera describe el funcionamiento del interfaz aéreo y de su protocolo de transmisión y anticolisión. (Bustamate y Lozano , 2015, p. 26).

1.9.3 ISO/IEC 15693 Contact less integrated circuit cards – Vicinity cards

Es el encargado del desarrollo de las características físicas, la interfaz aérea y los protocolos de transmisión y anticolisión para tarjetas sin contacto con circuitos integrados en la banda HF (13,56 MHz). (Bustamate y Lozano , 2015, pp. 26, 27).

1.10 Estándares ISO desarrollados para la gestión a nivel unidad

1.10.1 ISO/IEC 15961 RFID– Data protocol: application interface

Este estándar está enfocado al desarrollo de los comandos funcionales comunes, así como a la sintaxis utilizada para el almacenamiento de información o compresión de datos. Los estándares de la interfaz aérea no afectan al funcionamiento de este estándar. (Bustamate y Lozano, 2015, p. 27).

1.10.2 EPC™ Radio-Frequency Identity Class-1 Generation-2 UHF RFID

Este estándar fue el encargado de crear el protocolo necesario para la interfaz

aérea entre el lector y el transponder de un sistema RFID. En la creación de este estándar participaron las siguientes entidades:

EPC global, resultó de la unión entre EAN (EuropeanArticleNumbering), UCC (UniformCode Council), y tecnología desarrollada por Auto – ID Center. (Bustamate y Lozano , 2015, pp. 26 - 27).

1.11 RFID vs Otro tipo de tecnología de identificación (Auto – ID)

En la actualidad existen tres tipos principales de tecnologías de auto identificación que son:

Código de barras, memorias de contacto o también conocidos como botones de memoria y finalmente Identificación por radio frecuencia (RFID).

A continuación, se realiza una breve explicación de cada una de las tecnologías de auto identificación antes mencionadas.

1.11.1 Código de barras

Es la tecnología de auto identificación con mayor difusión a nivel mundial debido a su simplicidad y su bajo costo.

El código de barras es un sistema de identificación, constituido por una etiqueta que una disposición de barra y espacios en paralelo que permiten codificar información gracias a la disposición de estas barras y espacios. (Montes, 2011, p. 25).

Cabe mencionar que, el código de barras propiamente dicho no contiene la información de identificación, por el contrario, constituye la clave de acceso hacia dicha información que se encuentra presente en una base de datos.

La clave del código de barras es extraída mediante un lector óptico y para dicha lectura debe existir línea de vista entre la etiqueta y el lector óptico. (Montes, 2011, p. 26).

1.11.2 Botones de memoria de contacto.

Es un sistema de auto identificación que se diferencian del código de barras y RFID, por la ausencia de un rango de distancia para ejecutar la lectura de la información existente en ellos. Para que la lectura se realice es necesario un contacto físico ente el botón y el lector. (Montes, 2011, p. 45)

Una de las principales razones del por qué esta tecnología de auto identificación no ha sido expandida es la ausencia de estándares en su aplicación. Sin embargo este tipo de tecnología presenta varios parámetros muy destacables como son:

Pueden ser escritos y leídos por múltiples ocasiones.

Son excelentes para ambientes hostiles.

Como medida de seguridad la información almacenada en ellos puede ser cifrada.

La capacidad de almacenamiento de información de estos dispositivos puede llegar hasta los 8 MB. (Montes, 2011, p. 45)

1.11.3 RFID.

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, RFID es un sistema de auto identificación, el cual consta de tres elementos principales que son: lector, transponder y sistema de control.

Este tipo de sistema puede operar en diferentes frecuencias de acuerdo a la aplicación que se le quiera dar, además posee un rango de lectura que va desde los centímetros hasta algunos metros, dependiendo el tipo de lector y transponder utilizados. (Montes, 2011, p. 46)

1.11.4 Comparativa entre los Sistemas de Auto Identificación

En la siguiente tabla se detalla una lista de parámetros técnicos de los principales sistemas de auto identificación.

Tabla 6. Comparativa entre los Sistemas de Auto Identificación.

Item	Código de barras	Contacto de memoria	RFID pasivo	RFID activo
Modificación de datos.	Modificable	Modificable	Modificable	Modificable
Seguridad de datos.	Mínimo	Alto	Alta seguridad	Alto
Cantidad de datos.	Línea de códigos de barras caracteres	Arriba de 8 MB	Arriba de 64 KB	Arriba de 8 MB
Precio. Estándar.	Bajo Estables	Alto Propietario no estándar	Medio Involucrando a una norma acordada	Muy alto De propiedad y la evolución de los estándares abiertos
Vida útil.	Corto plazo	Largo	Indefinida	Batería de 35 años de vida
Distancia de lectura. Interferencia.	Línea de vista 30 cm Cualquier modificación en las barras	Contacto requerido Bloqueo de contacto	Distancia de hasta 10 m Bloqueo de contacto o ruido	Distancia de hasta 100 m Interferencia muy limitada

Tomado de Perez, 2009, p. 30.

Nota. Comparativa de especificaciones técnicas entre varios sistemas de auto identificación

1.12 Aplicaciones de tecnología RFID

Como ya se ha mencionado, RFID poseen un costo mucho mayor que el de su competidor directo, el código de barras, y es por esta razón que RFID aún no se ha popularizado a nivel mundial a pesar de todos sus beneficios. Sin embargo los sistemas de identificación por radio frecuencia han ingresado de a poco en el mercado mundial, una vez que se logre reducir los costos de su producción y su puesta en marcha RFID contará con una gran expansión.

Mientras tanto, en la actualidad, se puede apreciar varias aplicaciones prácticas en las que se utiliza este tipo de tecnología.

- Autenticación de medicamentos
- Control de activos
- Control de acceso
- Identificación de encomiendas a través de correos.
- Identificación vehicular
- Manufactura y control de procesos
- Industria del vestido
- Cadena de suministro
- Tele peaje.
- Identificación de equipajes en aeropuertos.
- Control de fechas de caducidad.
- Elaboración de censo de animales.
- Localización de documentos.

1.13 Ventajas y desventajas de los sistemas RFID.

1.13.1 Ventajas.

A diferencia del código de barras, y los botones de memoria, RFID no requiere línea de vista, ni tomar contacto con las etiquetas para verificar la información existente en ellas. Lo que le permite:

- Lograr la identificación de objetos, productos u otros de manera individual.
- Los lectores RFID pueden ejecutar la lectura de múltiples tags al mismo tiempo a diferencia de los otros sistemas de auto identificación antes mencionados.
- La información presente en los tags puede ser modificada y reescrita si se trabaja con un tags de lectura/escritura.
- Los tags pueden almacenar una gran cantidad de información si se los compara con el código de barras.

- Este tipo de tecnología presenta mayor seguridad frente a posibles falsificaciones.
- RFID posee una mayor resistencia al trabajo en ambientes hostiles.
- Este tipo de sistemas puede reemplazar o coexistir de manera conjunta con otros sistemas de auto identificación.
- Los tags no sufren ninguna clase de desgaste por lo que su almacenamiento de información es seguro.

(Montes, 2011, p. 253)

1.13.2 Desventajas

- Las etiquetas RFID poseen un costo mucho mayor en comparación con el sistema de código de barras.
- A pesar de existir diversos estándares para esta tecnología, en la actualidad, no existe un estándar aceptado de manera universal, lo cual constituye un problema, puesto que los sistemas RFID utilizados en Estados Unidos no son compatibles con los de Europa debido a su frecuencia de operación.
- Lamentablemente existe tráfico ilegal de etiquetas RFID lo cual compromete la seguridad a nivel empresarial y personal de quienes dependen de estos sistemas.

(Montes, 2011, p. 253)

1.13.3 Soluciones a las desventajas existentes en los sistemas RFID.

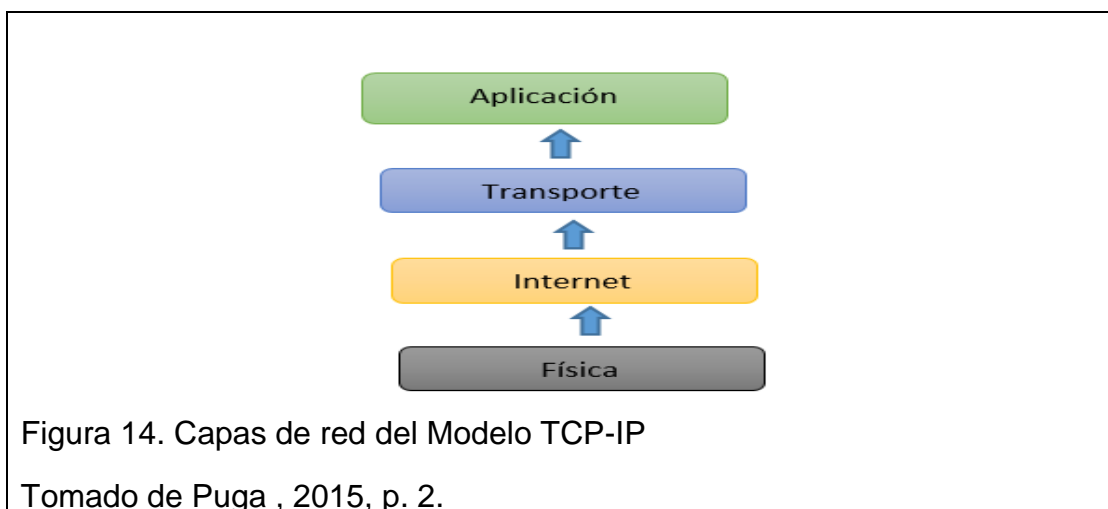
- Si bien es cierto que las etiquetas RFID tiene un costo mayor que las del código de barras, a la larga presentan una mayor durabilidad.
- Es posible tener sistemas de identificación por radio frecuencia que respeten los parámetros técnicos locales de cada nación.
- Como respuesta a la problemática del tráfico ilegal de etiquetas RFID existe la posibilidad de codificar la transferencia de información del tag hacia el lector RFID. (Montes, 2011, p. 253).

1.14 Conectividad de un dispositivo a la Red

1.14.1 Protocolo de red TCP IP

Como se sabe, un protocolo es un conjunto de reglas a seguir para obtener un resultado, es así que, desde este punto de vista, el protocolo de comunicación de redes TCP IP constituye el conjunto de parámetros necesarios para llevar a cabo la conexión de los equipos existentes en una red de datos.

Este protocolo de comunicación sobre red se encuentra formado por cuatro capas, las cuales se describen a continuación:



1.14.1.1 Capa Física

Es la capa física del modelo que se encarga de entregar los datos a través del hardware físico de la red. (Puga , 2015, p. 2)

1.14.1.2 Capa de red

Esta capa se encuentra entre las de acceso y de transporte, y es en la cual se fundamenta Internet Protocol (IP). Como se sabe este protocolo se encuentra orientado a conexión, y es el responsable de entregar los paquetes a través de las redes interconectadas. (Puga , 2015, p. 2)

1.14.1.3 Capa de Transporte

Esta capa usa dos protocolos: Transmisión Control Protocol (TCP) y User Datagram Protocol (UDP) para la entrega de datos y corrección de errores.

TCP representa un vigilante de tránsito y se asegura que los datos lleguen al destino previsto, mientras que UDP es indiferente a la entrega confiable de paquetes. (Puga , 2015, p. 3).

1.14.1.4 Capa de Aplicación

Es la capa más alta del modelo TCP/IP y combina las tres capas superiores del modelo OSI llamadas: aplicación, presentación y sesión en una sola. En ésta capa se encuentran los protocolos de más alto nivel como: Simple Mail Transfer Protocol (SMTP), usado para la transferencia de correo electrónico. Terminal Emulation Protocol (TELNET), utilizado para acceder a un equipo de forma remota y trabajar en él. Network File System (NFS), ofrece acceso remoto transparente a los recursos sobre la red, ente otros. (Puga , 2015, p. 3).

1.15 Internet de las Cosas IOT

Se trata de un concepto que ha tomado fuerza a partir del año 2009, este concepto describe la opción de interactuar con los distintos dispositivos eléctricos y electrónicos, mediante la conectividad de dichos equipos con la red global mejor conocida como internet. (Evans, 2011, p. 3)

Actualmente, existen diferentes dispositivos que permiten que un sin número de equipos puedan ser integrados al internet, en este trabajo de investigación se analizarán dos de estos dispositivos.

- Arduino.
- Raspberry.

1.15.1 Arduino

Se trata de una placa electrónica programable que permite la integración con un sin número de elementos electrónicos. Puede además realizar la conexión de múltiples proyectos (equipos) electrónicos con el mundo del internet mediante la utilización de un complemento, conocido como shield ethernet. (Arduino, 2015)

Esta placa electrónica se encuentra basada en software y hardware libre y su información está disponible para todos aquellos que se encuentren interesados en trabajar con este dispositivo. (Arduino, 2015)

Arduino puede tomar información del entorno que lo rodea, a través de sus pines de entrada. Puede interactuar mediante sus pines de salida con un sin número de elementos electrónicos como por ejemplo: controladores de luces, lectores, motores, entre otros. (Arduino, 2015)

La placa electrónica Arduino se encuentra constituida primordialmente por un micro controlador ATMEGA, este micro controlador cambiará dependiendo la placa electrónica Arduino con la que se decida trabajar. En el mercado existen diversas placas electrónicas Arduino entre las que se puede mencionar, Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Mega, Arduino YUN, entre otros.

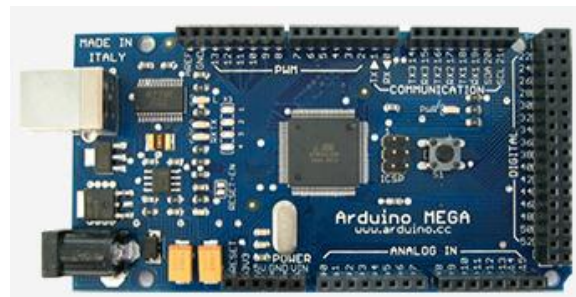


Figura 15. Arduino Mega 2560.



Figura 16. Arduino Shield Ethernet

Tomado de Arduino.cc, s.f.

El microcontrolador de la placa se programa mediante el lenguaje y entorno de desarrollo Arduino los cuales están basados en programación C. (Arduino, 2015)

Los proyectos realizados con cualquiera de los módulos Arduino, pueden ejecutarse sin necesidad de conectar el micro a un ordenador, pero tienen la posibilidad de hacerlo y comunicarse con diferentes tipos de software.

Como se mencionó existen diversos módulos de Arduino disponibles en el mercado y uno de ellos es el shield ethernet, el cual mediante programación y la inclusión de ciertas librerías hace posible la integración de los proyectos electrónicos con el mundo del internet, para de esta manera impulsar la tendencia actual en lo pertinente al Internet de las Cosas (IoT).

Como se pudo apreciar, esta placa electrónica presenta una gran cantidad de beneficios para el desarrollo de diferentes proyectos electrónicos.

1.15.2 Raspberry

Al igual que Arduino, Raspberry es un dispositivo que se encuentra basada en software y hardware libre y, además constituye otra excelente opción para llevar a cabo la integración de ciertos dispositivos o equipos electrónicos con los beneficios de internet. Sin embargo cabe mencionar que existe una notable diferencia entre Arduino y Raspberry. (Raspberry, 2015).

La diferencia primordial que se puede mencionar, es el hecho de que Raspberry es una mini computadora la misma que al igual que un computador normal se encuentra constituida por un microchip, memoria RAM y un espacio dedicado para el alojamiento de un sistema operativo.

Por otro lado, como ya se mencionó en líneas anteriores Arduino es una placa electrónica programable con la capacidad de ser conectada a distintos elementos electrónicos para llevar a cabo un objetivo específico.

Al igual que un computador normal, en Raspberry pueden ser instalados diferentes sistemas operativos de acuerdo a las necesidades del usuario, entre los cuales se puede mencionar Ubuntu Core, Ubuntu Mate, Raspbian, Windows IoT entre otros. También se podría decir que Raspbian es el sistema operativo

específico para este mini computador de acuerdo a las recomendaciones de la página oficial de Raspberry. (Raspberry, 2015)

Una ventaja sustancial que presenta Raspberry es el hecho de que al igual que los computadores normales, en él pueden ser instaladas un sin número de aplicaciones informáticas entre las que se pueden mencionar:

- Libre Office.
- Servidor Web.
- Python (Ambiente de desarrollo).
- VNC (Escritorio Remoto).
- Navegadores Web.
- Visualizadores de documentos en formato PDF, entre otros.

(Raspberry, 2015)

En conclusión, Raspberry al igual que Arduino constituye una excelente opción para poner en práctica el tema pertinente a Internet de las Cosas (IoT).

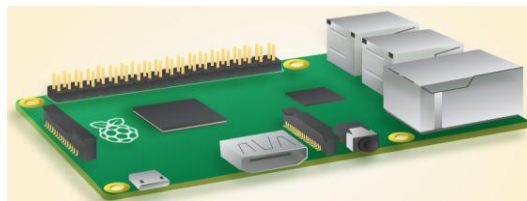


Figura 17. Raspberry PI 2 B.
Tomado de *raspberrypi.com*, s.f.

En el capítulo dos, se realiza un contraste de características técnicas entre Arduino y Raspberry, para mediante este contraste poder elegir cuál de estas dos opciones es la más favorable para el desarrollo del presente proyecto.

2. CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

En este capítulo, se describe a detalle todos los elementos físicos y lógicos que serán implementados y diseñados en el prototipo de control de acceso por RFID.

De igual manera, se describe el funcionamiento en su parte electrónica y lógica del prototipo a implementarse.

El desarrollo del prototipo, de este proyecto se encuentra basado en la metodología orientada a prototipos, la cual se encuentra compuesta de varias fases las mismas que se mencionan a continuación.

2.1 Metodología orientada a desarrollo de prototipos

Esta metodología ayuda a la realización de prototipos cada vez más refinados, con el fin de incrementar la comprensión que tiene el sistema de dicho prototipo, tanto para el usuario como para el desarrollador. (DocSlide, 2016)

2.1.1 Fases:

1. Investigación preliminar.
2. Definición de los requerimientos del sistema.
3. Diseño técnico.
4. Programación y pruebas.
5. Operación y mantenimiento.

2.1.2 Ventajas

- Existe una reducción de la incertidumbre y del riesgo.
- Se reduce el tiempo y costos.
- Hay incremento en la aceptación del nuevo sistema.
- Mejora la administración de proyectos.
- Existe mayor comunicación entre los desarrolladores y el usuario.

2.1.3 Desventajas

- Se depende de las herramientas de software para el éxito del prototipo.
- Puede existir una mala interpretación que pueden hacer los usuarios del prototipo, al cual pueden confundir con el sistema terminado. (DocSlide, 2016)

2.2 Descripción del Prototipo

En lo pertinente a hardware, el prototipo está constituido por los siguientes elementos:

- Modulo principal.
- Modulo secundario.
- Servidor de alojamiento de aplicación Web.

2.3.1 Módulo principal

Este módulo está constituido por el teclado matricial, LCD de visualización y lector RFID de ingreso, y será instalado a la entrada de la empresa, para a través de este módulo realizar la autenticación del personal mediante el tag RFID y la calve de cuatro dígitos utilizando el teclado al momento de ingresar a la empresa.

2.3.2 Módulo secundario

Este módulo, está constituido por el lector RFID de salida, y será instalado al interior de la empresa, para de esta manera poder llevar el control de salida del personal de la empresa.

Como ya se mencionó anteriormente, este prototipo de control de acceso por RFID, debe permitir conectividad con la red de datos, para de esta manera poder enviar los diferentes registros de ingreso y salida del personal, al sistema de administración del prototipo.

2.3.3 Servidor de alojamiento del sitio de administración web

El prototipo de control de acceso por RFID, dispone de un aplicativo de administración vía web, el cual se encuentra alojado en un servidor (computador).

Mediante este aplicativo de administración se puede llevar a cabo las siguientes tareas.

1. Visualización de hora del sistema.

2. Grabación de nuevos usuarios en el sistema (tags).
3. Visualización de los registros de entrada y salida presentes en el prototipo.
4. Reseteo o eliminación de usuarios (tags registrados).
5. Cambio de clave de administración del sistema.
6. Opción de salir de los menús antes mencionados.

Los aspectos pertinentes, al ambiente de desarrollo web para este proyecto, serán abordados en el ítem software del prototipo que es expuesto más adelante en este capítulo.

2.4 Selección del dispositivo a utilizar para el prototipo

En esta sección, se menciona todos los elementos electrónicos que intervienen en el circuito del prototipo, de igual manera, se realizará la selección del dispositivo que los manejará de manera lógica, para este fin se ha optado por realizar un contraste de tecnologías de dos dispositivos “similares” (arduino y raspberry) con los cuales se puede llevar a cabo este proyecto.

Elementos electrónicos que intervienen en el prototipo:

- LCD de visualización.
- Teclado matricial.
- Lectores RFID (ingreso y salida).
- Relé de conmutación.
- Reguladores de voltaje a 5V_{DC}.
- Conectores de polarización.

A más de los elementos electrónicos, el dispositivo a elegirse debe permitir conectividad con la red de datos de la empresa.

2.5. Selección del dispositivo a utilizar Arduino Vs Raspberry.

2.5.1 Objetivo

Seleccionar el dispositivo, que mejor se adapte a las necesidades en el desarrollo del presente proyecto.

2.5.1.1 Necesidades del proyecto en el ámbito de hardware.

2.5.1.1.2 Entradas y salidas digitales

El dispositivo a elegirse debe tomar la información del entorno que lo rodea, es decir los diferentes elementos electrónicos del hardware, es necesario contar con pines digitales que trabaje a cinco voltios de corriente continua, a continuación, se detalla el número de entradas y salidas digitales requeridas.

- **LCD.** - Cuatro pines digitales (dos de datos y dos de polarización).
- **Teclado matricial.** - siete pines digitales, cuatro para fila y tres para columnas.
- **Lectores RFID.** - cuatro pines digitales uno de transmisión, uno de recepción (puertos seriales) y dos de polarización, esto es por cada lector, es decir se requieren ocho pines en total.
- **Puerto serial de monitoreo.** - en el proceso de elaboración del software del prototipo, este puerto será utilizado para visualizar las diferentes pruebas de transmisión y recepción de datos.
- **Relé.** - tres pines, dos de polarización y uno para el envío de señal alto (5v) o bajo (0v).

2.5.2.1.3 Posibilidad de integración con elementos electrónicos

Tanto raspberry como arduino, permite la integración entre ellos y diversos elementos electrónicos, puesto que estos trabajan con un voltaje entre 3,7 y 5 V_{DC} respectivamente.

2.5.2.1.4 Disponibilidad de información respecto a funcionamiento

Puesto que, en la actualidad, existen muchas fuentes de información referente a cualquier tipo de tecnología, la obtención de información no constituye un factor limitante al momento de elegir con que dispositivo trabajar.

2.5.2.1.5 Posibilidad de integración a red

El dispositivo a elegirse debe permitir conectividad a red de datos, para

mediante esto lograr comunicación entre él y su sistema de administración vía web.

2.5.2.1.6 Hardware libre

El dispositivo a elegirse, debe estar basado en hardware libre, para así evitar limitaciones de implementación debido a hardware propietario.

2.5.2.1.7 Software libre

El dispositivo a elegirse, debe estar basado en software libre, para así evitar valores económicos adicionales por concepto de licencias de funcionamiento.

2.5.2.1.8 Tipo de dispositivo

Puesto que el sistema de administración vía web del prototipo será alojado en un computador, el prototipo únicamente debe transmitir y recibir los datos obtenidos desde los tags hacia la base de datos del sistema, los mismos que serán procesados por el sistema de administración, por este motivo se requiere únicamente una interfaz de envío y recepción de datos.

2.5.2.1.9 Sistema operativo

Debido a que, por motivos de seguridad, el sistema de administración será alojado en un host remoto (computador), el dispositivo a elegirse no requiere sistema operativo autónomo.

2.5.2.1.10 Lenguaje de programación

Puesto que en la actualidad, existen muchas fuentes de información referente a lenguajes de programación, esto no constituye un factor limitante al momento de elegir con que lenguaje de programación trabajar.

2.5.2.1.11 Voltaje de polarización

Debido a que, todos los elementos electrónicos requeridos para este prototipo trabajan con un voltaje de 5 V_{DC}, es preferible que el dispositivo a elegirse funcione con este mismo voltaje de polarización.

2.5.2.1.12 Reducción de costos

Puesto que el presente proyecto, constituye un prototipo, se requiere reducir sus costos de producción.

2.6 Aspectos técnicos comparativos: Arduino Mega 2560 y Raspberry

Pi2B

Esta comparativa entre características técnicas de estos dispositivos, se la realizan con el fin de seleccionar el dispositivo que mejor se adapte a los requerimientos para el desarrollo del prototipo de control de acceso por radio frecuencia.

Cabe mencionar, que existen otros dispositivos con los cuales se puede implementar este proyecto tales como: Odroid, Galileo, entre otros, la presente comparativa entre arduino y raspberry se la realiza puesto que son los elementos más comercializados en el mercado nacional, y esto es de gran ayuda en caso de falla electrónica de estos dispositivos.

A continuación, se realiza la comparativa entre estos dispositivos y sus respectivas características técnicas.

Tabla 7. Comparativa de especificaciones técnicas entre dispositivos Arduino Mega 2560 y Raspberry PI 2B.

Ítem	Parámetros	Arduino Mega 2560	Raspberry Pi 2B	Requerimiento necesario para el prototipo	Razón	Selección
1	Entradas y salidas digitales	54	40	16	<p>Se utilizarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siete pines para control de teclado matricial. • Cuatro pines para control de LCD. • Dos pines para ejecutar reset del circuito. • Un pin para activación de rele. • Dos pines para polarización. 	Arduino ó Raspberry
2	Puertos seriales	4	1	3	<p>Se utilizará:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uno para monitoreo y programación. • Uno para transmisión y recepción de datos de lector RFID de ingreso. • Uno para transmisión y recepción de datos de lector RFID de salida. 	Arduino
3	Posibilidad de integración con elementos electrónicos	Alta	Alta	SI	<p>Se requiere que el dispositivo interactúe con los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • LCD. • Teclado matricial. • Relé. • Lectores RFID. 	Arduino ó Raspberry
4	Disponibilidad de información	Alta	Alta	SI	Necesaria para el desarrollo de software.	Arduino ó Raspberry

5	Posibilidad de integración a red	SI	SI	SI	Permite lograr conectividad con aplicación de administración alojada en el servidor web.	Arduino ó Raspberry
6	Hardware libre	SI	SI	SI	Reducción de costo de producción.	Arduino ó Raspberry
7	Software libre	SI	SI	SI	Reducción de costo de producción.	Arduino ó Raspberry
8	Tipo de dispositivo	Placa electrónica programable, utilizada para prototipos	Mini PC	Placa electrónica para prototipos	El prototipo no requiere sistema operativo autónomo.	Arduino
9	Sistema operativo	NO	SI	NO	No se requiere instalar más aplicaciones ni servicios (programación estática).	Arduino
10	Procesador	Atmega 2560	ARM	Atmega 2560	Evitar sub-utilización del micro controlador ARM.	Arduino
11	Puertos USB	NO	4	NO	Esta interfaz no es requerida para el prototipo.	Arduino
12	Lenguaje de programación	C	Python	C / Python	Lenguajes de programación ligeros.	Arduino ó Raspberry
13	Salidas de video	NO	SI	NO	Esta interfaz no es requerida para el prototipo.	Arduino
14	Salida de audio	NO	SI	NO	Esta interfaz no es requerida para el prototipo.	Arduino
15	Voltaje de	Continuo	DC	Continuo	Los elementos electrónicos del	Arduino ó

	entrada.				prototipo trabajan con este tipo de voltaje.	Raspberry
16	Costo referencial en el mercado nacional	\$21	\$75	Reducir costos de producción	Arduino tiene un menor costo.	Arduino

Nota. Comparación de los principales características técnicas del Arduino Mega y Raspberry PI 2B.

Adaptado de Arduino y Raspberry, 2016.

Como conclusión, de lo expuesto en la tabla 7, se puede determinar que Arduino Mega 2560, es el dispositivo que mejor se adapta a las necesidades para la implementación del presente proyecto. Por esta razón Arduino Mega 2560 es el dispositivo seleccionado para el desarrollo de este proyecto

2.7 Hardware

Una vez determinada la mejor opción de hardware, para la implementación del prototipo de control de acceso por RFID, a continuación, se procede a realizar una explicación detallada de Arduino Mega 2560.

2.7.1 Arduino Mega 2560.

Arduino, es una plataforma de placas electrónicas de código abierto basado en hardware y software libre.

Arduino Mega 2560, puede tomar información del entorno que le rodea, como, por ejemplo: controladores de luces, lectores, motores y otros elementos electrónicos, mediante sus pines de entrada y salida e interactuar con ellos mediante su programación. (Gomez, 2012, p. 15).

El microcontrolador integrado en la placa, se programa mediante el lenguaje de programación y el entorno de desarrollo Arduino, los cuales están basados en lenguaje de programación C.

En la figura 18, se puede apreciar la placa programable Arduino Mega 2560.

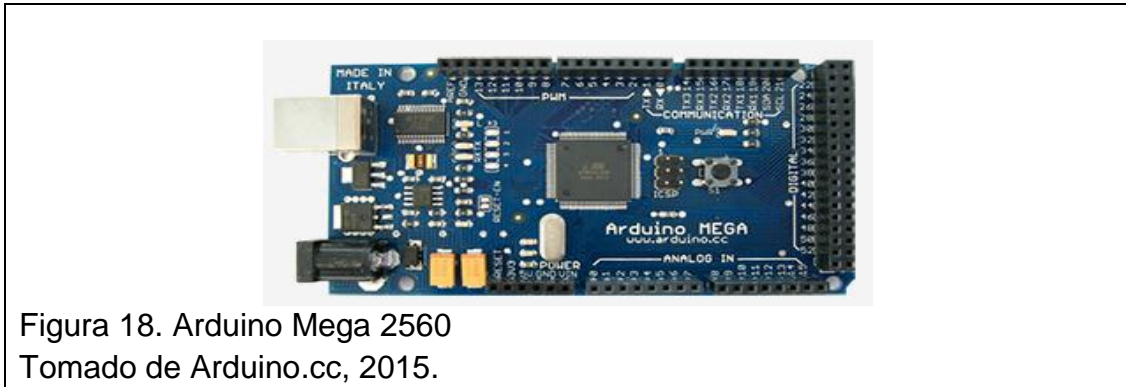


Figura 18. Arduino Mega 2560
Tomado de Arduino.cc, 2015.

2.7.2 Estructura de Arduino Mega 2560

Para el desarrollo del presente proyecto se optó por la utilización de la placa electrónica Arduino Mega 2560, puesto que al integrarse con su módulo ethernet facilita la conectividad de los proyectos hacia una red de datos.

Por otro lado, esta placa electrónica posee una gran cantidad de pines digitales y analógicos en sus diferentes puertos, los cuales pueden ser utilizados con diferentes propósitos dependiendo el proyecto a ejecutarse.

Otra gran ventaja que posee esta placa electrónica y que fue una de las razones por las que fue elegida para este proyecto, es que posee cuatro puertos seriales de los cuales serán utilizados tres en el presente proyecto.

Otra característica que posee esta placa, es que dispone de varios pines de polarización de energía, factor necesario para interactuar con otros elementos electrónicos que requieren polarización, entre los que se puede mencionar: LCD, leds, rele, lectores RFID, entre otros.

Adicional a lo mencionado anteriormente, ésta placa electrónica puede ser polarizada mediante un ordenador usando la interfaz de conexión USB, o en su defecto puede ser energizada mediante una fuente externa de energía.

Si se opta por la polarización mediante un ordenador, ésta conexión utilizará el puerto serial 0 del Atmega 2560. Por el contrario, si se elige la polarización externa el puerto serial 0 quedará disponible para su utilización en alguna aplicación.

Otro aspecto importante, que se puede mencionar referente a la placa Arduino es el hecho que posee un botón de reseteo, el cual facilita el reinicio del programa que este ejecutando.

Finalmente, se puede mencionar que Arduino Mega, a pesar de la gran cantidad de pines que posee, tiene unas dimensiones muy reducidas lo cual favorece a la implementación de cualquier proyecto electrónico.

2.7.2.1 Características de Arduino Mega 2560

Tabla 8. Características técnicas de Arduino Mega 2560.

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5V
Entrada de voltaje recomendado	7-12V
Entrada límite de voltaje	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Entradas Analógicas Pins	16
Corriente DC I/O Pin	40 mA
Corriente DC 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
USB Host Chip	MAX3421E

Nota. Principales características técnicas de Arduino Mega 2560.

Tomado de Arduino.cc, 2015.

2.8 Descripción de los pines de Arduino MEGA 2560

En la figura 19, se puede apreciar la distribución física de los diferentes pines de la placa electrónica Arduino 2560.

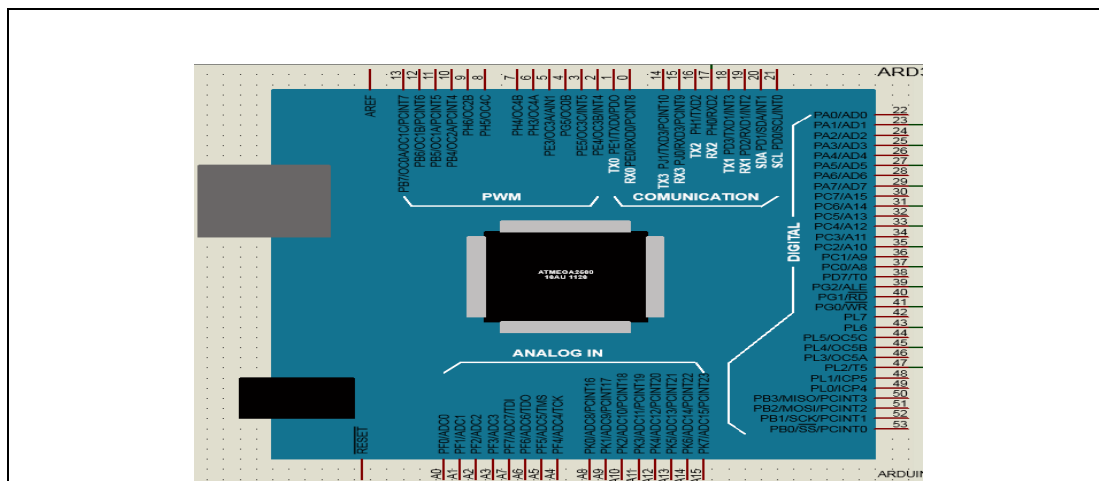


Figura 19. Distribución de pines Arduino Mega 2560.
Tomado de Proteus Profesional 8.

Como paso siguiente, se realiza una breve descripción del grupo de pines a utilizarse en el prototipo.

2.8.1 Pines digitales

Esta placa electrónica dispone de 54 pines digitales, los mismos que pueden funcionar como entradas o salidas de acuerdo a como sean programadas (pinMode (), digitalWrite (), y digitalRead ()).

Estos pines operan a 5 voltios y cada uno de ellos pueden recibir o entregar una intensidad de corriente máxima de 400mA. (Arduino, 2015)

2.8.2 Pines del Puerto Serial

A continuación, se presenta la tabla 9, en la cual se puede apreciar la distribución de los puertos seriales con sus respectivos pines de transmisión y recepción respectivamente.

Tabla 9. Puertos seriales y sus pines.

Puerto	PIN RX	PIN TX
Serial 0	0	1
Serial 1	19	18
Serial 2	17	16
Serial 3	15	14

Adaptado de Arduino.cc, 2015.

2.8.3 Reset

La placa viene provista de un pin mediante el cual se puede ejecutar la acción de reinicio del microcontrolador ATMEGA 2560. Mediante este pin se puede suministrar un valor de 0 V a la placa electrónica. (Gomez, 2012, pp. 15.).

2.9 Arduino Ethernet Shield

En la figura 20, se aprecia el módulo shield ethernet de arduino

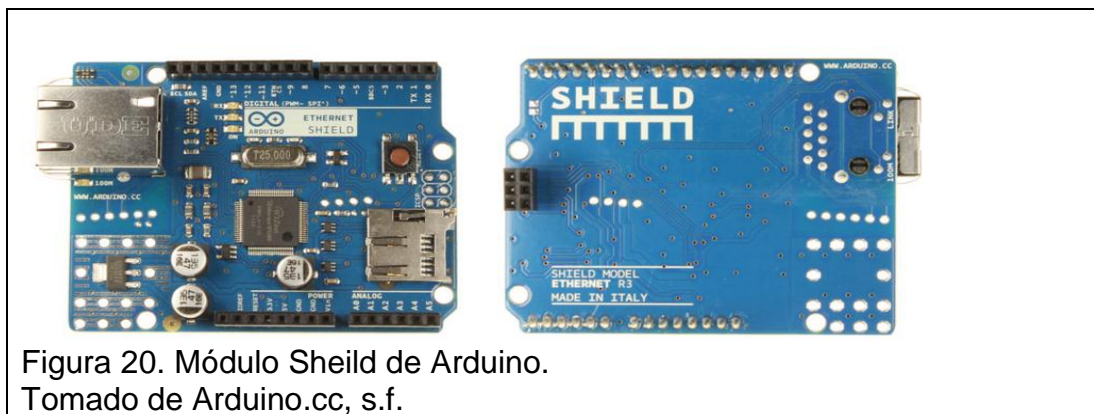


Figura 20. Módulo Shield de Arduino.
Tomado de Arduino.cc, s.f.

Esta es una placa complementaria de Arduino, mediante la cual se puede lograr conectividad a red de datos a una velocidad de 100 base T y opera bajo el estándar IEEE 8002.3.

La tarjeta electrónica Ethernet Shield, se encuentra constituida por un microchip w5100 el cual hace posible la conectividad a internet, mediante la configuración de los parámetros de red necesarios en él, (dirección IP, máscara de sub red, gateway y DNS).

Adicional a eso, esta tarjeta complementaria de Arduino puede funcionar de dos formas: como un cliente o servidor.

Una vez que esta tarjeta es instalada a la placa principal de Arduino Mega 2560, el shield ethernet, requiere ser iniciada ingresando los parámetros necesarios mediante el software de desarrollo de Arduino. El tema referente a la inicialización del shield ethernet será abordado más adelante en el presente capítulo.

Una gran ventaja del shield ethernet es que optimiza la utilización de sus pines, dado que puede ser apilable.

Arduino Mega 2560, utiliza los pines digitales 50,51 y 52 (SPI) para comunicarse con este shield. El pin 10 es empleado para seleccionar el W5100 y el pin 4 para la tarjeta SD, mientras se emplee las funcionalidades de Ethernet, estos pines no estarán disponibles. De igual manera, se debe tomar en cuenta que, en Arduino Mega a pesar de que el pin 53 (SS pin) no es empleado para seleccionar ni el W5100 ni la tarjeta éste debe ser configurado como una salida, debido a que de otra manera la interfaz SPI no funcionará. (ELECTRONILAB, s.f.).

2.10 Interfaz de programación de Arduino.

El entorno de desarrollo Arduino, se encuentra disponible de forma gratuita en su página web.

El entorno está constituido por un editor de texto para escribir el código, un área de mensajes, una consola de texto, una barra de herramientas con botones para las funciones comunes, y una serie de menús. Este entorno de desarrollo permite la conexión con el hardware de Arduino, para cargar los programas y comunicarse con ellos. (Arduino, 2015).

En la figura 21 se aprecia el entorno de desarrollo de Arduino.

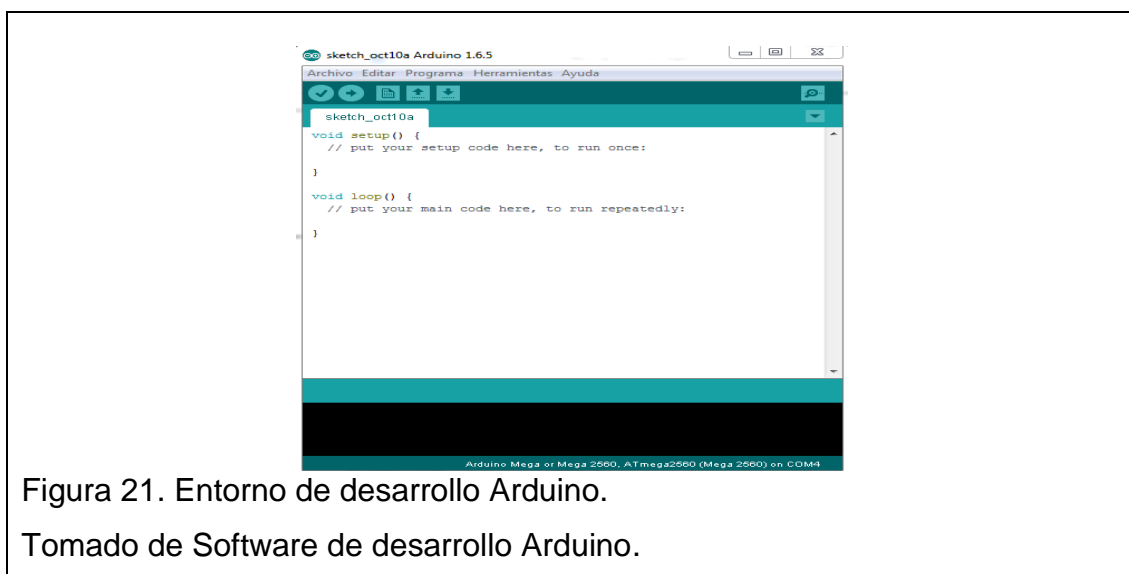


Figura 21. Entorno de desarrollo Arduino.

Tomado de Software de desarrollo Arduino.

2.11 Lector RFID ID-3LA

Como se mencionó en el capítulo 1, una parte fundamental de un sistema RFID es el lector de radio frecuencia, en el desarrollo del presente proyecto se optó por la utilización del lector ID-3LA, éste es un lector que opera en la frecuencia de 125 KHz (low frequency), con la implementación de una antena externa, que además es compatible con el tag pasivo EM-4001 que será utilizado en el desarrollo de éste proyecto.



Figura 22. Lector RFID ID-3LA.

Tomado de ID-innovations ID-3LA Reader Module Datasheet , p.1.

Este es un lector que trabaja en la banda de Low Frequency, y por esta razón su rango de cobertura es reducido (verificar tabla 2), además es uno de los lectores más utilizados en la implementación de sistemas de radio frecuencia, por esta razón este lector será utilizado en el desarrollo de este proyecto.

2.11.1 Características técnicas de Lector ID-3LA

Tabla 10. Características del lector ID-3L

Especificaciones ID-3AL	
Parámetros	ID-3LA
Dimensiones	20.5 mm, 22mm, 6.2mm
Frecuencia	125 KHz
Formato de tarjeta	EM 4001 o Compatible
Voltaje de funcionamiento	2.8 thru +5 VDC
I/O Corriente de salida	+/- 200mA

Tomado de ID-innovations ID-3LA Reader Module Datasheet, s.f, p.3.

Nota: Características técnicas principales del lector ID 3LA.

2.11.2 Descripción de pines del lector

Tabla 11. Descripción de pines del lector ID-3LA

Pin	Descripción	ASCII
Pin 1	Cero voltios	GND
Pin 2	Conexión a 5V	Reset Bar
Pin 3	DNC	Antena
Pin 4	DNC	Antena
Pin 5	Card present	No funtion
Pin 6	Tag in range	Tag in range
Pin 7	Formato de selección	GND
Pin 8	Salida de dato 1	CMOS
Pin 9	Salida de dato 1	TTL Data
Pin 10	3 KHz logic	Led / Beeper
Pin 11	Voltaje	5 V

Tomado de ID-innovations ID-3LA Reader Module Datasheet, s.f, p. 6.

2.11.3 Modo de conexión del lector RFID ID 3LA.

El modo de conexión del lector utilizado, está basado en las recomendaciones dadas por el fabricante, conexiones que se aprecian en la figura 23.

Cabe mencionar que los pines 5, 6,7 y 8 no son utilizados en el presente proyecto, y los pines 5 y 6 no son funcionales debido a que el método de adquisición de datos es mediante formato ASCII. Por otro lado se utilizará el pin 9 pues este constituye una salida de valores de voltaje TTL.

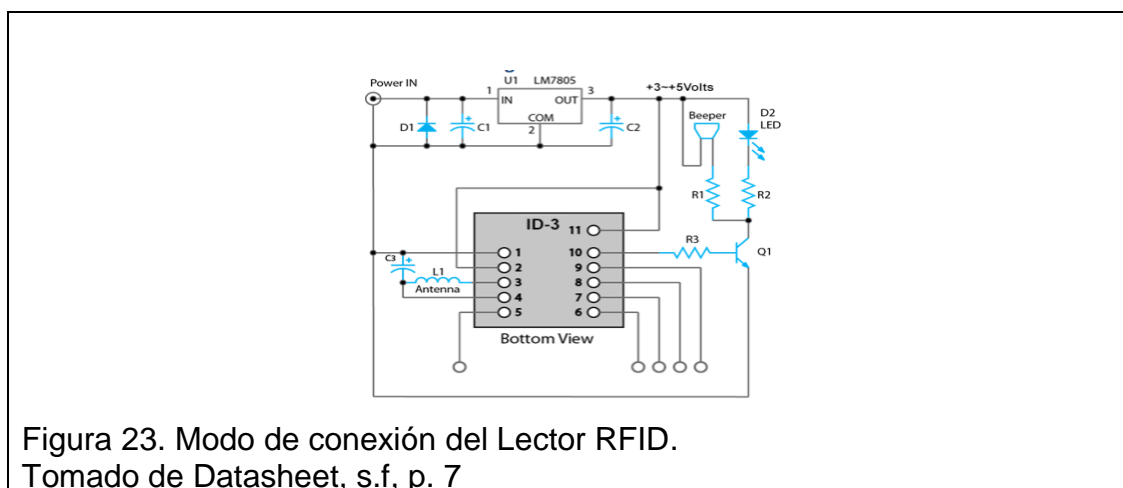


Figura 23. Modo de conexión del Lector RFID.
Tomado de Datasheet, s.f, p. 7

Tabla 12. Elementos de conexión del lector ID-3LA

Elementos electrónicos	
Descripción	Valor
R1	100 Ω
R2	4,7 K Ω
R3	2,2 K Ω
c1	10 μ F
c2	100 μ F
Q1	BC457 or similar
D1	1N4001
D2	Red or Green LED
L1	1.07mH
Beeper	3kHz 5v PKPK AC beeper

Tomado de ID-innovations ID-3LA Reader Module Datasheet, s.f, p. 7.

Nota. Elementos de conexión del lector ID-3LA, con sus respectivos valores.

2.11.4 Trasmisión de datos

Para el presente proyecto, se optó por utilizar el pin 9 puesto que proporciona voltajes TTL, los cuales serán enviados por el microcontrolador, y mediante estos llevar a cabo las diversas tareas del sistema RFID.

Esta salida transmite los datos de manera serial de acuerdo al formato ASCII escogido para el presente proyecto. (ID-innovations ID-3LA Reader Module Datasheet, s.f, p. 12).

2.12 Tag EM 4001

Este es un tag pasivo compatible con el lector de radio frecuencia ID-3LA. Trabaja a una frecuencia de 125 KHz, la misma frecuencia del lector, es por esta razón que será utilizado en el desarrollo de éste proyecto.

Este es un tag pasivo únicamente de lectura y no puede ser reescrito.



Figura 24. Tag RFID EM 4001.

2.13 LCD 16 x 2

Se trata de un dispositivo electrónico (periférico), mediante el cual se puede llevar a cabo visualización de información, pertinente a la programación existente en un microcontrolador. Para el desarrollo del presente proyecto se utilizará un LCD 16 x 2, el cual se encuentra provisto de la interfaz I2C.

2.13.1 Circuitería interna del LCD y el bus serial I2C

En la figura 25 se puede apreciar la circuitería interna del LCD 1602A, junto con el bus serial I2C.

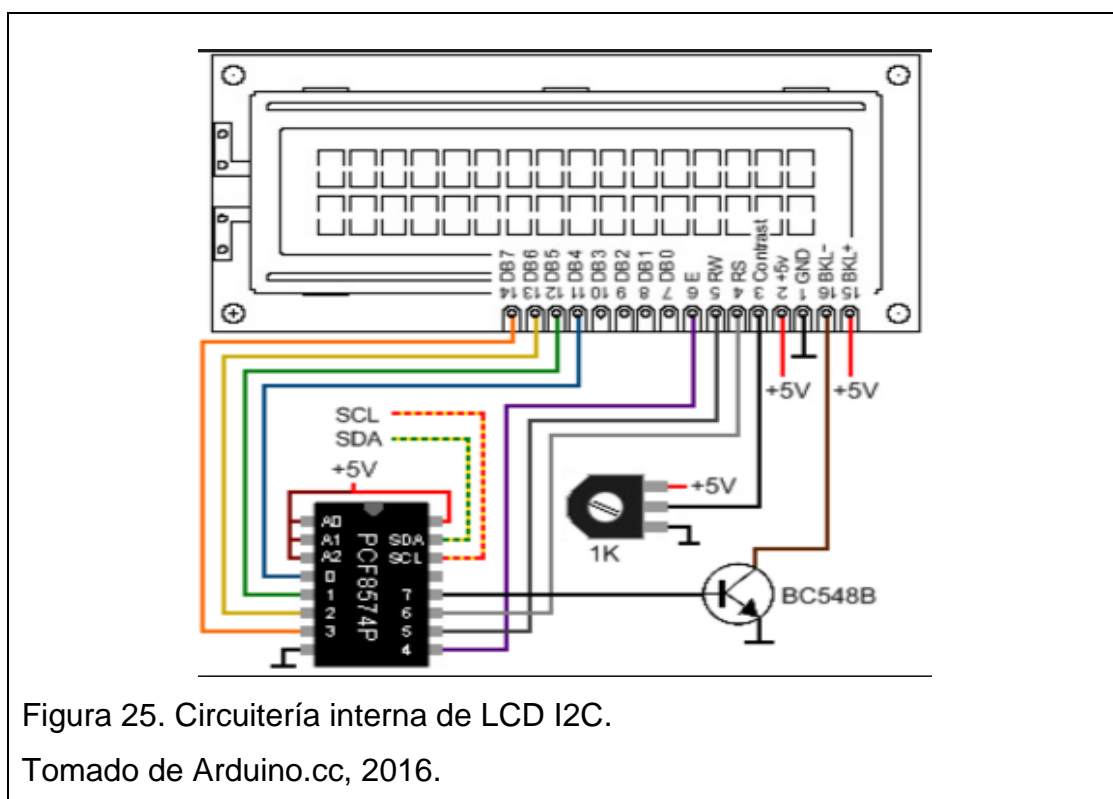


Figura 25. Circuitería interna de LCD I2C.

Tomado de Arduino.cc, 2016.

2.14 Teclado Matricial 4 X 3

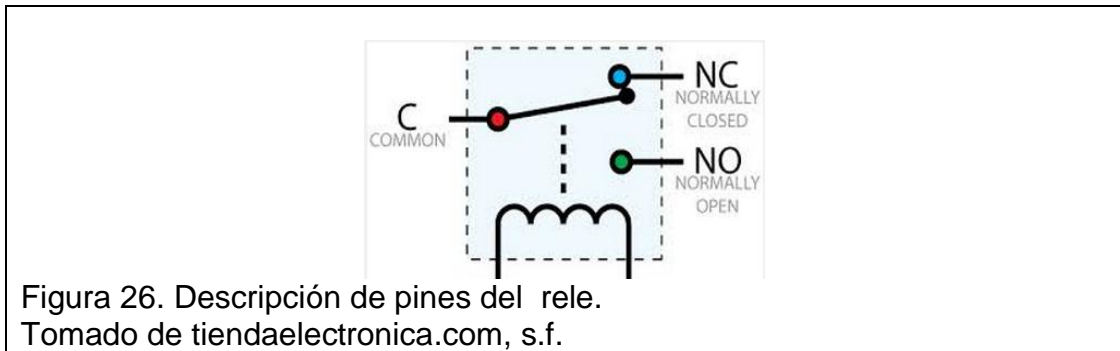
Los teclados matriciales son periféricos muy útiles para la adquisición de información proveniente de la programación de un micro controlador.

De igual manera, el teclado matricial es muy utilizado para la interacción de dispositivos electrónicos con los usuarios finales.

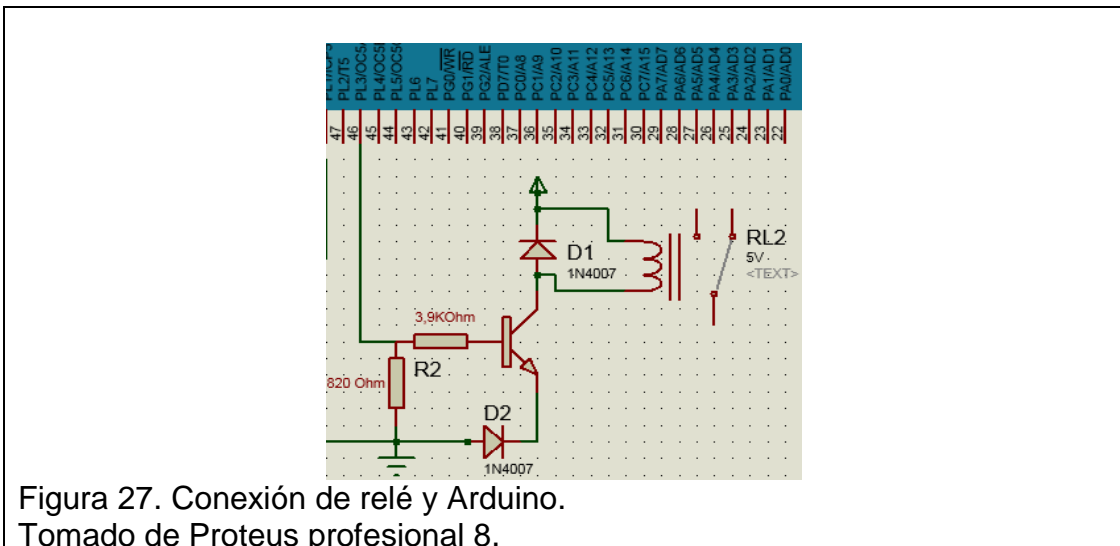
En el desarrollo de este proyecto se utiliza este periférico, para el ingreso de una clave de autenticación, para cada usuario que disponga de un tag autorizado en el sistema de control de acceso, para de esta manera brindar un parámetro más de seguridad al ingreso de personal autorizado a las instalaciones de la empresa.

2.15 Relé

Es un elemento electrónico, que cumple con la función de conmutación de circuitos eléctricos, para de esta manera, dichos circuitos permitan el paso de corriente o abriéndolos para evitar el paso de dicha corriente.



2.15.1 Conexión del Relé hacia Arduino Mega 2560



A continuación, se realiza los cálculos necesarios para determinar el valor de la resistencia de la base del transistor, para que dicho transistor pueda trabajar en

corte y saturación y así ejecutar la conmutación del relé, de igual manera se realiza el cálculo de la resistencia necesaria para la protección del led indicador.

2.15.2.1 Cálculo de la resistencia de base del transistor

En la tabla 13 se aprecia la nomenclatura utilizada para realizar todos los cálculos pertinentes a la resistencia de la base del transistor y a la resistencia del led indicador de activación del relé.

Tabla 13. Nomenclatura utilizada para los cálculos

Nomenclatura	
Ic	Corriente de Colector
Ib	Corriente de Base
β	Beta del transistor
Rb	Resistencia de base
Vo	Voltaje de entrada
I(led)	Corriente de led
V(P46)	Voltaje del pin 46
R(led)	R(resistencia de led)

Adaptado de Boilestad, 2009, p. 144.

Nota. Nomenclatura de los parámetros a calcular

$$I_c = 10\text{mA} ; \beta = 100$$

$$I_b > I_c / \beta \quad \text{Ecuación 1}$$

$$I_b > 10\text{mA} / 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

$$I_b > 0,1\text{mA} \quad \therefore \quad I_b \cong 1,1 \text{mA}$$

$$R_b = \frac{V_o - V_{be}}{I_b} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$R_b = \frac{5V - 0,8}{1,1\text{mA}} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$R_b \cong 3,9 \text{K}\Omega$$

2.15.2.2 Calculo de la resistencia de protección del led indicador

$$I(\text{led}) \cong 6\text{mA}$$

$$V(P46) \cong 5V$$

$$R(\text{led}) = \frac{V(P46)}{I(\text{led})} = \left(\frac{5V}{6\text{mA}}\right)$$

Ecuación

$$R(\text{led}) \cong 820\Omega$$

2.16 Regulador de voltaje 7805

Es un dispositivo electrónico, que se energiza con una cantidad de tensión determinada y es capaz de entregar una cantidad menor y acondicionada para un equipo determinado.

El regulador de voltaje 7805, puede ser energizado con valores de voltaje continuo comprendidos entre 7 a 25 voltios y entrega a su salida un valor de voltaje fijo de $5V_{DC}$. (sparkfun.com, 2016)

Debido a que Arduino Mega 2560 utiliza $5V_{DC}$ para su funcionamiento, el regulador de voltaje 7805 será el encargado de energizar a este dispositivo.

A continuación, se presenta el modo de conexión recomendado por el fabricante.

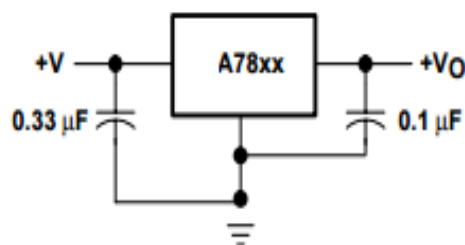


Figura 28. Regulador de voltaje 7805.

Tomado de sparkfun.com, 2016.

2.17 Circuito de integración de hardware del proyecto

Una vez, culminada la etapa de verificación de los modos de conexión de cada uno de los elementos que intervienen en el circuito del prototipo, a continuación, en la figura 29, se presenta el diagrama lógico integral del prototipo del control de acceso por RFID.

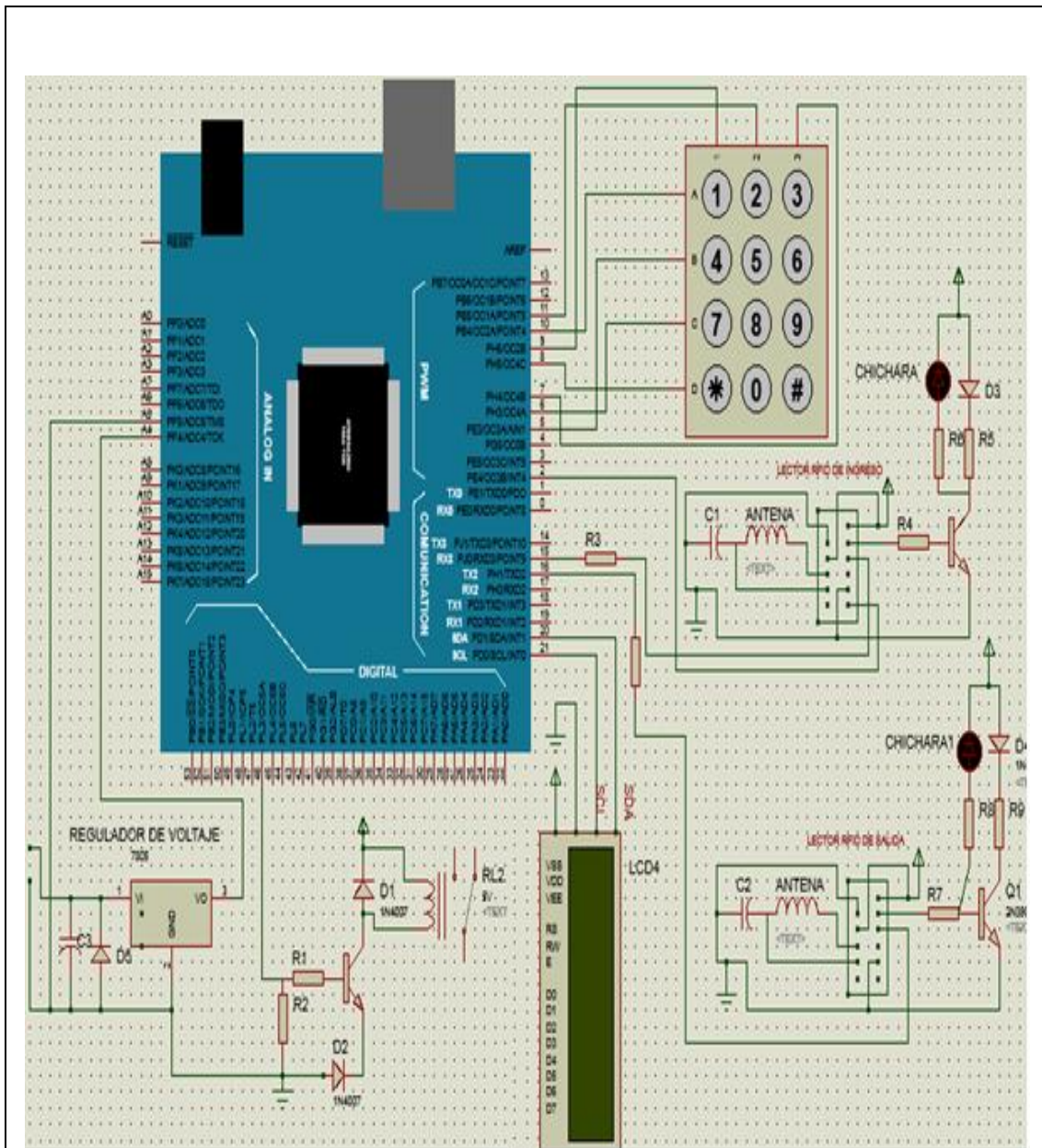


Figura 29. Conexión de todos los elementos electrónicos del prototipo.

Tomado de Proteus profesional 8

2.18 Diseño de la placa electrónica del módulo principal del prototipo

Para llevar a cabo la elaboración de la placa principal y secundaria del prototipo de control de acceso, se utiliza el programa de elaboración de circuitos electrónicos Proteus.

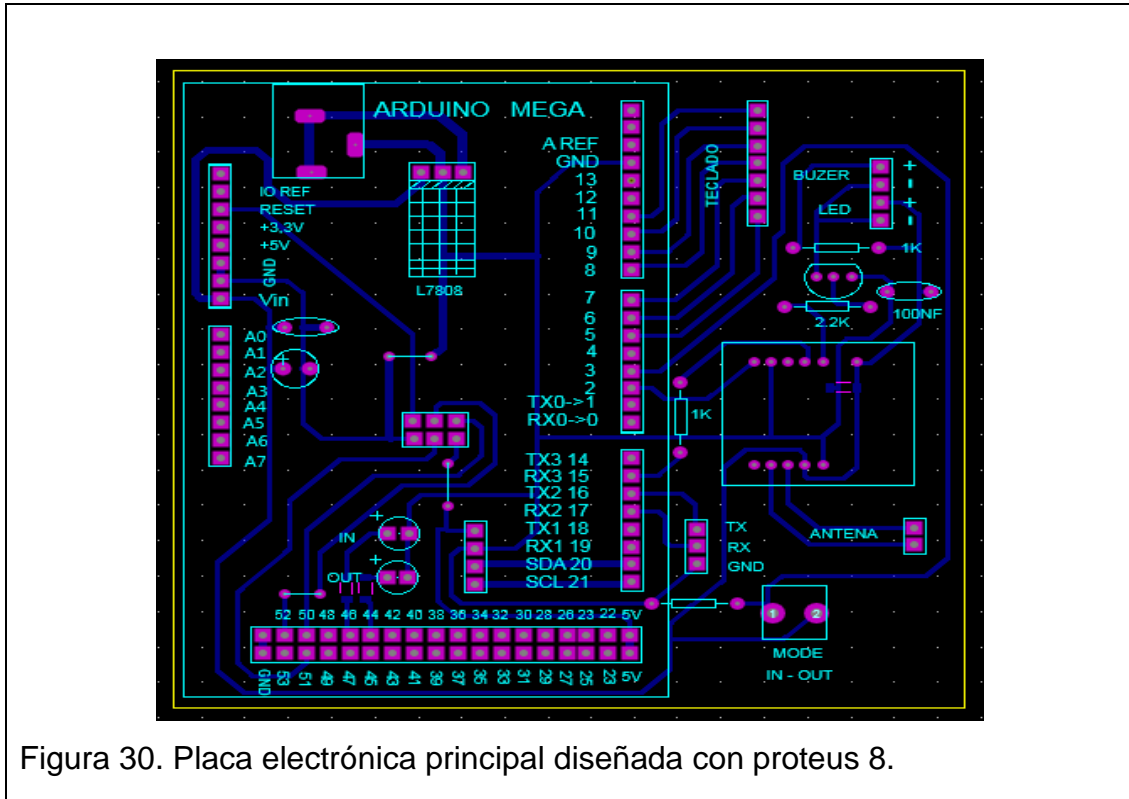


Figura 30. Placa electrónica principal diseñada con proteus 8.

2.18.1 Diseño de la placa electrónica del módulo secundario.

Al igual que la tarjeta electrónica principal la tarjeta secundaria fue diseñada con Proteus.

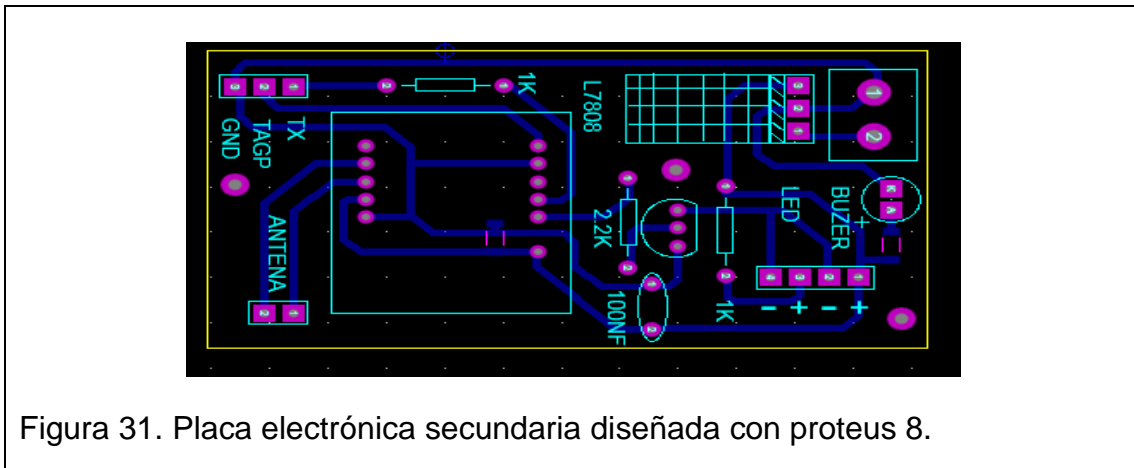


Figura 31. Placa electrónica secundaria diseñada con proteus 8.

2.19 Integración del control de acceso por radio frecuencia a Ethernet

Una funcionalidad primordial del presente proyecto, es la integración del prototipo de control de acceso hacia la red de datos para poder administrarlo.

2.19.1 Método de conexión del prototipo a la red de datos

Una de las ventajas que presenta el uso de Arduino en sus diferentes variantes entre las que se puede mencionar: Arduino uno, Arduino Leonardo o Arduino Mega 2560, en el desarrollo de proyectos que requieren ser integrados a la red, es la posibilidad de implementación del shield ethernet que facilita dicha integración a la red de datos.

En la figura 32 se presenta la forma de conexión del módulo Shield Ethernet y Arduino.

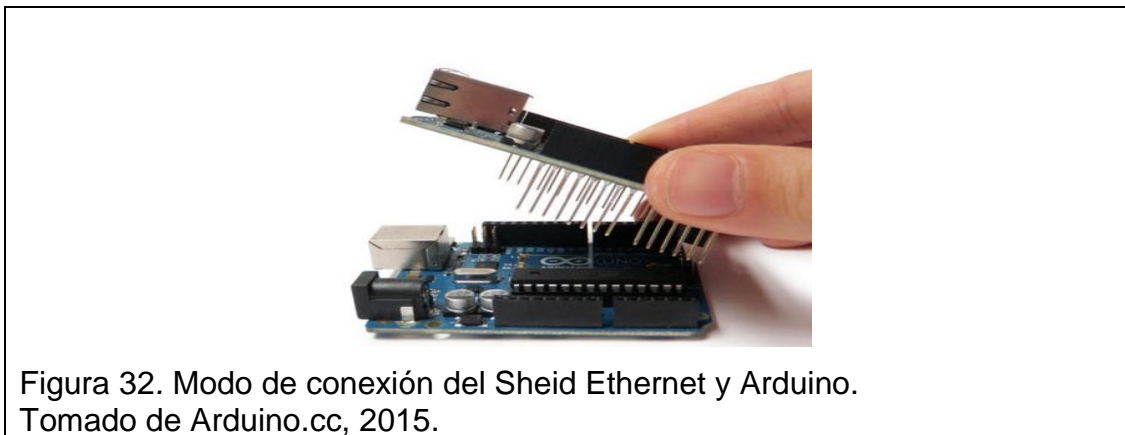


Figura 32. Modo de conexión del Shield Ethernet y Arduino.
Tomado de Arduino.cc, 2015.

Una vez que se integra la tarjeta Shield Ethernet al módulo de Arduino, este puede ser configurado de dos modos: el primero, en manera de cliente, o la segunda en forma de servidor.

Un parámetro importante de este dispositivo, es que no dispone de PoE (power over Ethernet), por lo que su energización se realiza mediante la palca de Arduino principal, la misma que deberá disponer de una fuente de energía externa.

2.19.2 Configuración de Arduino Sheild Ethernet

Como primer paso, para la utilización del Sheild Ethernet de Arduino, es la importación de las librerías correspondientes, necesarias para su configuración. Esta importación se la realiza mediante el ambiente de desarrollo de Arduino y las librerías necesarias son:

- Ethernet
- SPI

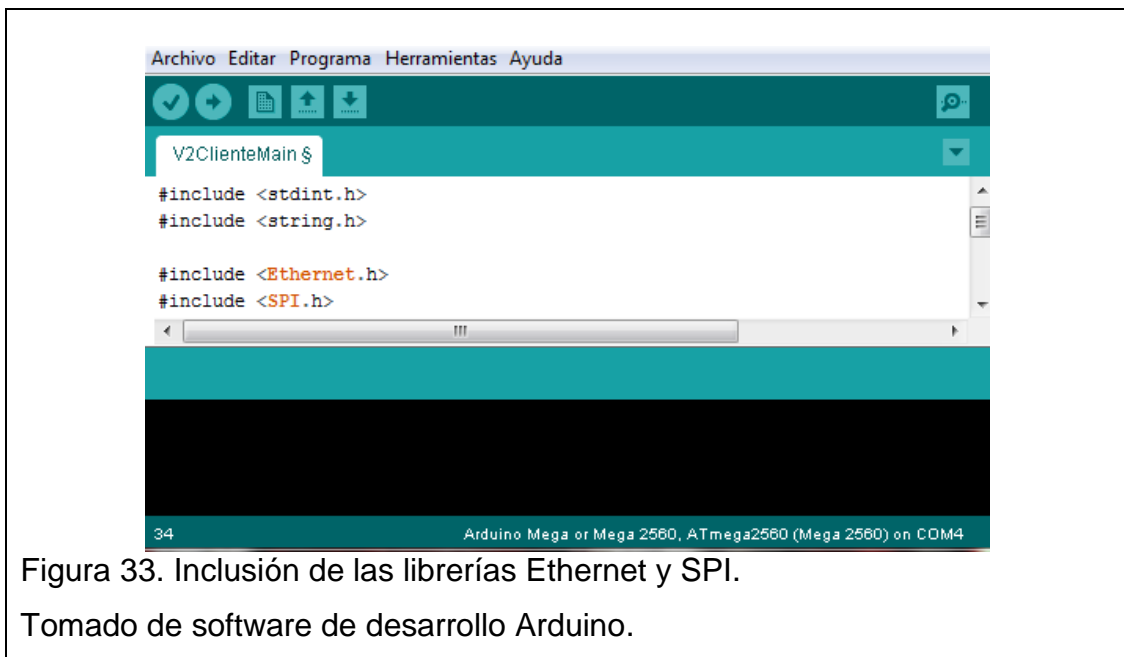


Figura 33. Inclusión de las librerías Ethernet y SPI.

Tomado de software de desarrollo Arduino.

Posterior a la importación de las librerías mencionadas se requiere la configuración de los respectivos parámetros necesarios para la conectividad a la red de datos. Estos parámetros son:

- Dirección MAC.
- Dirección IP
- Máscara de Subred.
- Getway
- Modo de trabajo (Cliente o servidor)

Como se mencionó anteriormente, el prototipo trabaja bajo el esquema de cliente, por lo tanto, al igual que un equipo terminal requiere de parámetros de

configuración en el aspecto de red, esta configuración se la realiza mediante el entorno de configuración de Arduino, además el sistema de administración estará alojado en un servidor (host remoto), por ello es necesario configurar en el entorno de desarrollo de Arduino, la dirección IP del servidor al cual se conecta el prototipo de control de acceso.

En la figura 34 se puede apreciar los parámetros utilizados para el desarrollo del prototipo de control de acceso.

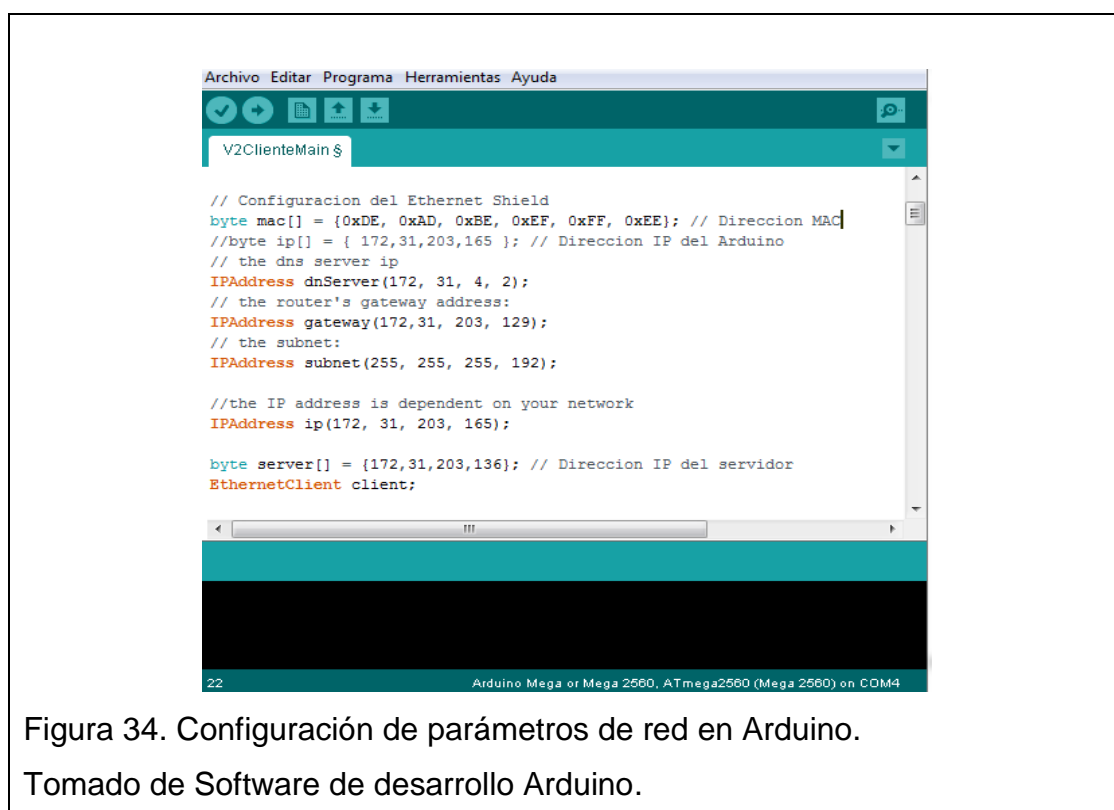


Figura 34. Configuración de parámetros de red en Arduino.

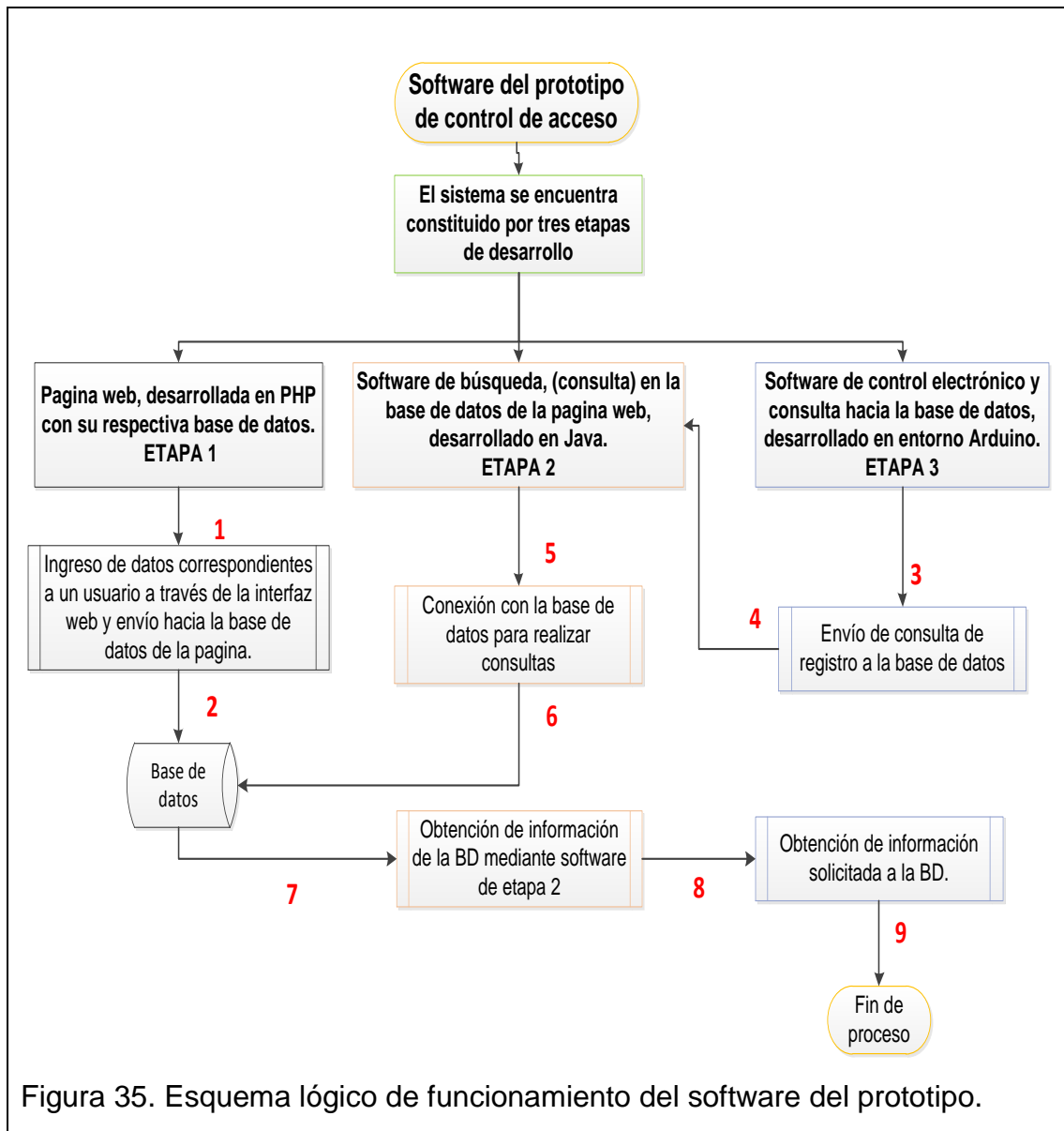
Tomado de Software de desarrollo Arduino.

Cabe mencionar, que Arduino tiene la posibilidad de trabajar mediante la función de DHCP (adquisición de dirección IP de manera dinámica). Pero debido a que el prototipo será un equipo estático, se le asigna una dirección IP fija para su conexión de red con el servidor.

2.20 Software

A continuación, en la figura 35, se presenta el esquema lógico de funcionamiento del software del prototipo, esto se lo realiza con el fin de

visualizar la etapa de interfaces y control de flujo de la metodología orientada a prototipos, metodología que es utilizada en este proyecto.



El sistema de funcionamiento del prototipo de control de acceso por RFID, se encuentra formado por tres etapas de software, los cuales trabajarán de manera conjunta para darle la funcionalidad al prototipo.

2.20.1 Software de administración del prototipo ETAPA 1

La administración del control de acceso de identificación por radio frecuencia, será administrado desde una plataforma web desarrollada mediante PHP con

una conexión a base de datos MySQL, la cual se encuentra embebida en el programa XAMPP.

La plataforma XAMPP, es elegida para el desarrollo del sistema de administración por las siguientes razones:

- Es un programa de desarrollo multiplataforma, por lo cual puede ser implementado fácilmente en los diferentes sistemas operativos: Windows, Linux, Mac.
- Software libre, como se mencionó anteriormente, puesto que el presente trabajo se trata de un prototipo es necesario reducir sus costos, XAMPP es software libre y no requiere gastos adicionales por concepto de licenciamiento.
- La interfaz de administración posee un sistema de almacenamiento de registros (base de datos), XAMPP posee el motor de base de datos de MySQL, el mismo que viene incluido dentro de XAMPP, y puede ser activado o no, de acuerdo a las necesidades del programador.

2.20.2 PHP. (Hypertext Preprocessor)

Es un lenguaje de programación orientado a la web, mediante el cual se puede desarrollar páginas web con cualquier fin. El lenguaje de programación PHP se encuentra estructurado mediante una sintaxis que se fundamenta en etiquetas, mediante las cuales se puede diseñar las diferentes interfaces de visualización y tareas a cumplir en el sitio web desarrollado.

2.20.3 Sitio web de administración del control de acceso por radio frecuencia

Conforme a lo ya mencionado, la administración del control de acceso por radio frecuencia, será ejecutada mediante una interfaz web, la misma que permite llevar a cabo las siguientes tareas.

- a. Visualización de hora del sistema.

- b. Grabación de nuevos usuarios en el sistema (tags).
- c. Visualización de los registros de entrada y salida presentes en el prototipo.
- d. Reseteo o eliminación de usuarios (tags, registrados).
- e. Cambio de clave de administración del sistema.
- f. Opción de salir de los menús antes mencionados.

2.20.4 Sistema de administración.

El sistema de administración del prototipo de acceso por radio frecuencia ha sido denominado SCAI, el significado de estas siglas es, Sistema de Control de Acceso Impremedios.

2.20.4.1 Acceso al sistema

El sitio web de administración, cuenta con una clave de acceso al sistema para permitir el acceso únicamente al administrador asignado para la gestión del mismo.



2.20.4.2 Menús

En la figura 37, se puede apreciar todos los menús de configuración con los cuales puede interactuar el administrador del sistema.

Al dar clic en cualquiera de las opciones, el sistema será direccionado a la opción solicitada.

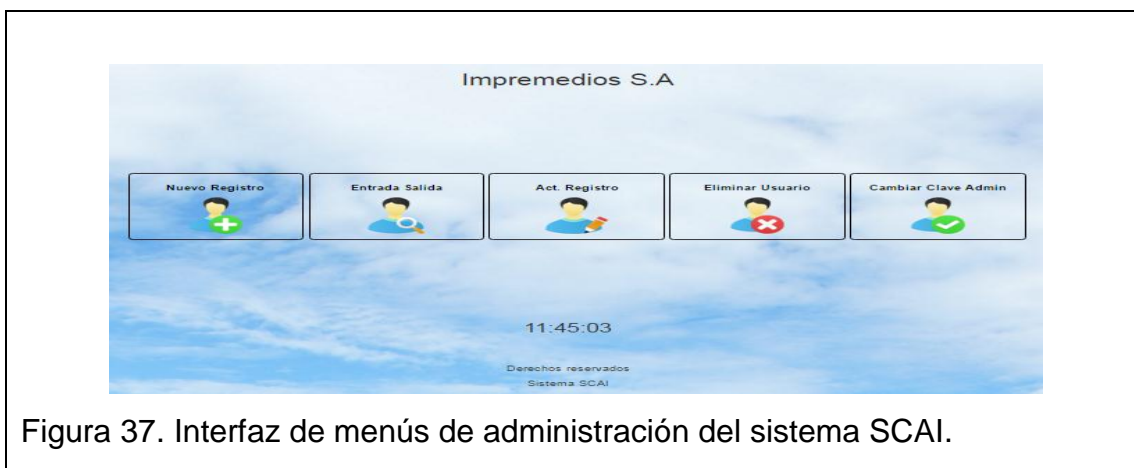


Figura 37. Interfaz de menús de administración del sistema SCAI.

2.20.5 Descripción de los Menús.

2.20.5.1 Menú Nuevo Registro.

Mediante esta opción, el administrador puede realizar el ingreso de un nuevo usuario junto con su respectivo tag de identificación al sistema.

En la figura 38, se puede apreciar los parámetros solicitados para el registro de un nuevo usuario al sistema.

Todos los datos solicitados en este menú serán registrados en la base de datos Controltm, la estructura de esta base de datos será explicada más adelante en el tema estructura de la base de datos.

La inserción de registros en la base de datos mediante este menú se lleva a cabo a través de sentencias MySQL, y su código de programación puede ser visualizado en el anexo B, del presente trabajo de investigación.

Figura 38. Interfaz de menú registro de usuarios del sistema SCAI.

2.20.5.2 Menú Entrada Salida

Mediante este menú, el administrador del sistema puede realizar las consultas pertinentes de ingresos y salidas del personal de la empresa con las respectivas horas y fechas registradas, esta consulta se la realiza utilizando como referencia varios parámetros de búsqueda tales como: cédula, nombre, apellido, tag, o en su defecto por una fecha determinada.

Adicional en este formulario es factible realizar la exportación de las consultas realizadas, en formato PDF o Excel.

Finalmente, en este formulario existe un selector el cual permite visualizar un número determinado de registros.

Todo el detalle de ingresos y salidas del personal es exportado hacia el formulario del menú en mención desde la base de datos, Controltm, específicamente de la tabla tb_ingerso, la estructura de esta base de datos será explicada más adelante en el tema estructura de la base de datos.

Esta consulta de ingresos y/o salidas del personal se la extrae desde la base de datos mediante sentencias de MySQL, y su código de programación puede ser

visualizado en el anexo B, del presente trabajo de investigación.

En la figura 39, se puede apreciar la interfaz gráfica del menú descrito.



Figura 39. Interfaz de menú entrada salida del sistema SCAI.

2.20.5.3 Menú Modificar Usuario

Mediante este menú, el administrador del sistema puede realizar la actualización pertinente a la información de un usuario determinado que se encuentre registrado en el sistema, esta actualización se la realiza utilizando como referencia el número de cédula del usuario.

La actualización de información es insertada en la base de datos Controltm, en la tabla tb_usuarios del sistema de administración, la estructura de esta base de datos será explicada más adelante en el tema estructura de la base de datos.

Ésta actualización se realiza en la base de datos mediante sentencias de MySQL, y su código de programación puede ser visualizado en el anexo B, del presente trabajo de investigación.

En la figura 40, se puede apreciar la interfaz gráfica del menú descrito.

Figura 40. Interfaz de menú Actualización de usuarios del sistema SCAI.

2.20.5.4 Menú Eliminar Usuario

Mediante este menú, el administrador del sistema puede realizar la eliminación pertinente a la información de un usuario determinado que se encuentre registrado en el sistema. Ésta eliminación de información se la realiza utilizando como referencia el número de cédula del usuario.

Esta eliminación de usuarios se lleva a cabo en la base de datos Controltm, en la tabla tb_usuarios, del sistema de administración, la estructura de esta base

de datos será explicada más adelante en el tema estructura de la base de datos.

Dicha eliminación se realiza en la base de datos mediante sentencias MySQL, y su código de programación podrá ser visualizado en el anexo B, del presente trabajo de investigación.

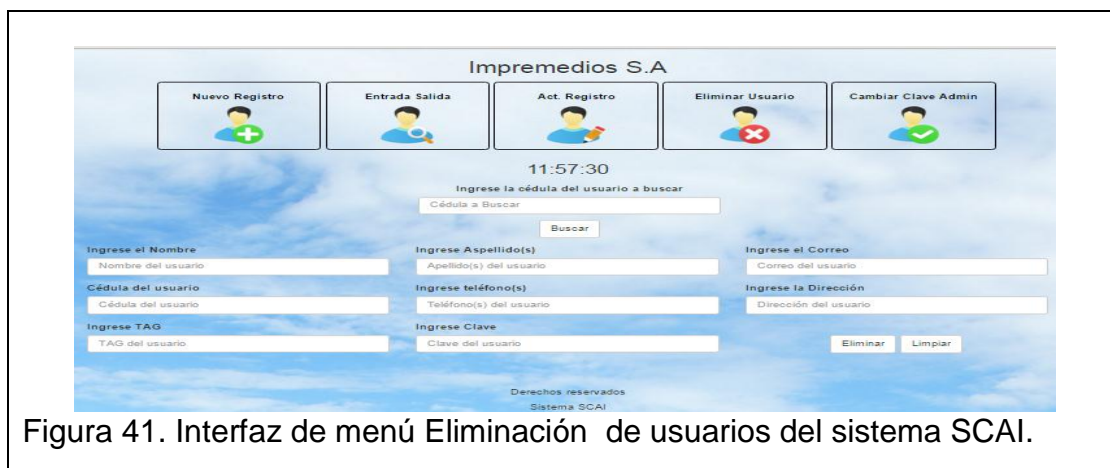


Figura 41. Interfaz de menú Eliminación de usuarios del sistema SCAI.

2.20.5.5 Menú cambiar clave de administración

A través de este menú, el administrador del sistema puede realizar la actualización/cambio de clave de administración del sistema.

Esta actualización/cambio, es insertada en la base de datos Controltm, en la tabla tb_admin, mediante la sentencias MySQL, y su código de programación puede ser visualizado en el anexo B, del presente trabajo de investigación.

En la figura 42, se puede apreciar la interfaz gráfica del menú descrito.



Figura 42. Interfaz de menú modificación de clave de administración.

2.21 Estructura de la base de datos

Como se mencionó anteriormente, el sistema de administración del prototipo de control de acceso por RFID, se encuentra constituido por un sitio web y su respectiva base de datos.

La base de datos del sistema, se encuentra integrada mediante el software XAMPP, el cual permite gestionar bases de datos mediante interfaz gráfica de phpmyadmin.

2.21.1 XAMPP

XAMPP, es un programa informático (software libre), multi plataforma que puede ser ejecutado en Windows, Linux o MAC. Este software permite activar los siguientes servicios de acuerdo a las necesidades del programador.

- Servidor Web Apache
- Gestor de base de datos MySQL
- Servidor de Archivos FileZilla
- Servidor de correo Mercury
- Contenedor de servlets Tomcat.

En el desarrollo del presente trabajo, serán activados los servicios de servidor web

Apache y gestor de base de datos MySQL,

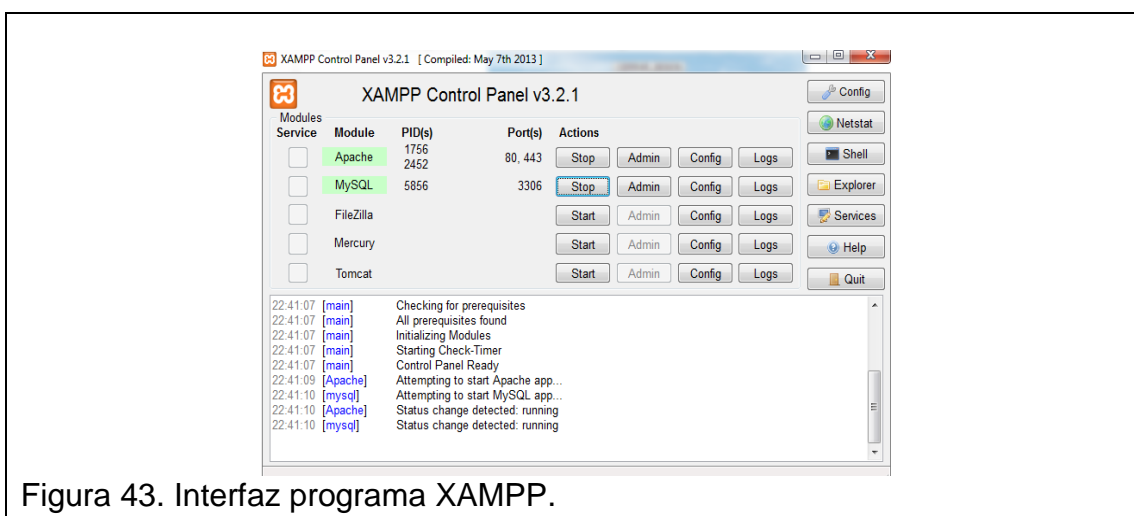


Figura 43. Interfaz programa XAMPP.

2.21.2 Gestión de base de datos

XAMPP, permite activar el gestor de base de datos MySQL, mediante la interface de phpMyAdmin, esta aplicación permite realizar las diversas tareas pertinentes a la administración de base de datos entre las que se puede mencionar:

- Creación y eliminación de base de datos.
- Creación y eliminación de tablas.
- Inserción, eliminación, actualización y consulta de datos.
- Brindar privilegios de acceso a las bases de datos a los usuarios que administren las mismas.

2.21.3 Base de datos del prototipo

La base de datos del sistema de control de acceso por radio frecuencia, se encuentra estructurada por tres tablas en donde se aloja la información pertinente a los registros de los usuarios existentes en el sistema.

La estructura de esta base de datos es llevada a cabo mediante el aplicativo phpMyAdmin, el cual se encuentra incluido dentro de la suite del software XAMPP. En la figura 44, se observa la estructura lógica de la base de datos del sistema de control de accesos por RFID, con sus respectivas tablas de alojamiento de información

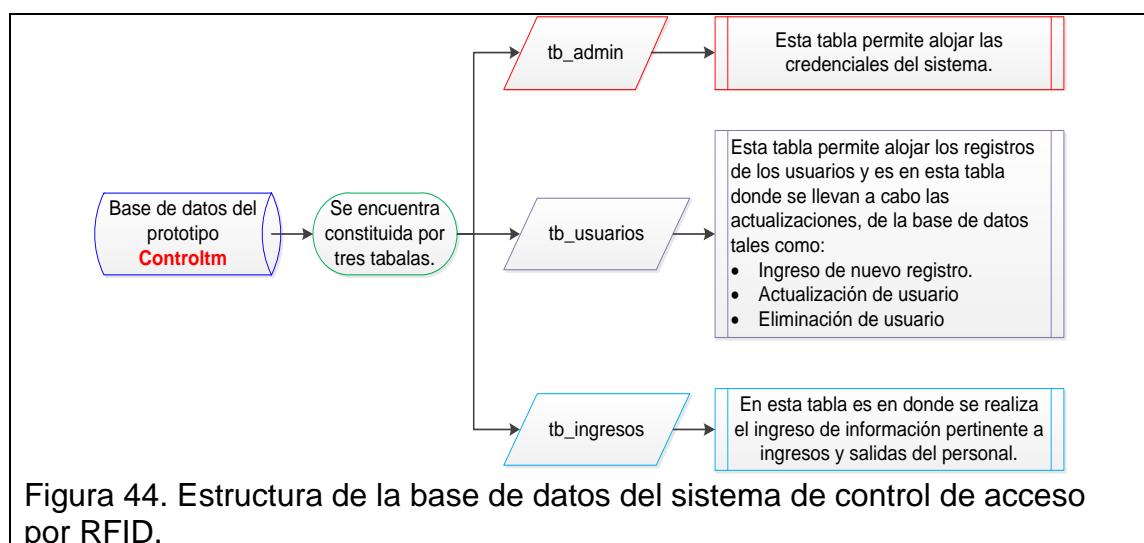
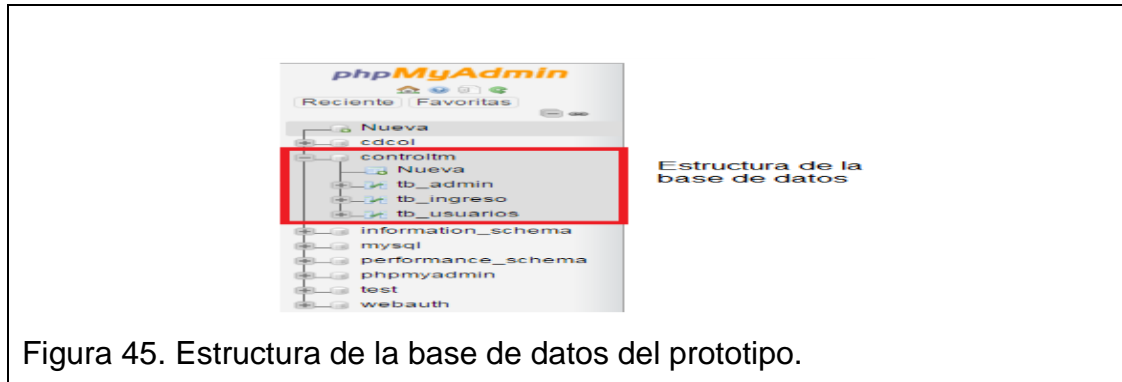


Figura 44. Estructura de la base de datos del sistema de control de acceso por RFID.

En la figura 45, se puede apreciar la estructura de la base de datos del sistema desde el aplicativo phpMyAdmin.



2.22 Software de consulta ETAPA 2

Este software realiza la tarea de intermediario, para lograr la comunicación entre el microcontrolador y la base de datos del sistema de administración de la Etapa 1.

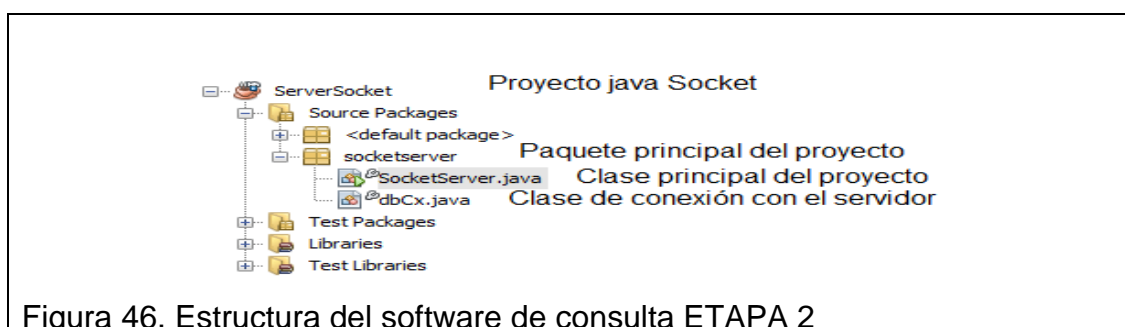
Este programa es desarrollado en Java mediante el IDE de NetBeas, este aplicativo permite realizar consultas de manera dinámica en la base de datos, Controltm del software de administración de la etapa1.

El aplicativo desarrollado permite una comunicación bidireccional entre el microcontrolador y el sistema de administración de la página web.

La estructura de este aplicativo es la siguiente.

Consta de un proyecto principal, denominado ServerSocket, el cual posee un paquete principal denominado socketserver, el cual se compone de dos clases.

En la figura 46, se puede apreciar la estructura del proyecto en mención.



2.22.1 Descripción de las clases del proyecto de consulta ETAPA 2

Como se puede apreciar en la figura 46, el aplicativo consta de dos clases, la clase SocketServer constituye la clase principal y la clase bdCx es la clase que realiza la conexión a la base de datos del sistema de administración de la ETAPA 1.

2.22.1.1 Clase principal para conexión con el servidor SocketServer

Esta clase se compone de dos métodos, un método principal que permite que la base de datos se comunique con el microcontrolador a través de un puerto de escucha 1243, este puerto fue tomado debido a que no consta en la lista de los puertos denominados “bien conocidos” y por ello se encuentra disponible y puede ser utilizado en el desarrollo de aplicativos.

Mediante este puerto, se realiza la trasmisión y recepción de datos provenientes del microcontrolador y la base de datos y viceversa.

El segundo método de esta clase recibe el procesamiento de la información de las diferentes consultas realizadas a la base de datos a través de los diferentes métodos existentes en la clase bdCx, los mismos que será explicados más adelante.

2.22.1.2 Clase de conexión a la base de datos bdCx

Esta clase se encuentra constituida por seis métodos, los cuales son descritos a continuación:

➤ **Método de conexión a la base de datos**

Como su nombre lo indica, permite realizar la conexión hacia la base de datos del sistema de administración de la etapa 1, en donde se realizan las diversas consultas.

➤ **Método de búsqueda de consulta del tag ingresado**

Este método, recibe la información de consulta, proveniente del microcontrolador de Arduino, la procesa y realiza el barrido en búsqueda

en la base de datos, para verificar la existencia del código del tag que ha interactuado con el prototipo.

Si el tag se encuentra registrado en la base de datos, se envía una respuesta afirmativa y se solicita el ingreso de la clave de usuario asociada al tag, caso contrario si el tag no está presente en la base de datos la respuesta será negativa y se presenta el mensaje usuario no registrado.

➤ **Método de comprobación de la clave de usuario**

➤ Este método permite, validar la veracidad de la clave digitada por el usuario, una vez verificada la existencia del código del tag en la base de datos del sistema de la etapa 1.

➤ **Método de búsqueda de nombre de usuario autenticado**

Una vez ejecutado el método de comprobación de clave del usuario, y si la clave es correcta, se procede a realizar un barrido a través de la base de datos y se captura el nombre del usuario, esta información es enviada al microcontrolador y es presentado en el LCD del prototipo.

➤ **Método para registrar el ingreso o salida del personal**

Este método se encuentra conformado por dos opciones.

Usuario ingresa. - Puesto que al ingresar un usuario a la empresa, el prototipo debe realizar el proceso de autenticación mediante tag y clave, la inserción de registro de ingreso se realiza una vez culminado los procesos de:

1. Método de búsqueda de consulta del tag ingresado.
2. Método de comprobación de la clave de usuario.
3. Método para buscar nombre de usuario autenticado.

Usuario sale. - La segunda opción del método de registro, se realiza cuando un usuario desea salir de la instalaciones de la empresa, debido

a que el usuario fue autenticado al ingreso, en el proceso de salida únicamente se realiza la verificación del tag en la base de datos del sistema, si el tag se encuentra registrado en la base de datos, se procede a realizar la inserción del registro de salida.

➤ **Método para bloquear usuario que ingreso mal la contraseña por tres oportunidades**

Como parte del método de autenticación de la clave asociada al tag del usuario, si la clave digitada por usuario es errada por tres ocasiones, se procede a bloquear al usuario en la base de datos.

Todo el código de programación, pertinente al software de consulta de la etapa dos puede ser revisado al final del presente documento, en el anexo C.

2.23 Software de microcontrolador ETAPA 3

La programación pertinente al microcontrolador de arduino, permite integrar la conexión de red, los elementos electrónicos del prototipo y la comunicación hacia el software de consulta de la etapa 2 y constituye la tercera etapa del software del prototipo.

Mediante la programación del microcontrolador se integra la interacción de las diferentes funciones de envío y recepción de información desde la base de datos del software de administración de la etapa 1, a través de los métodos implementados en el software de consulta de la etapa 2.

2.23.1 Descripción de programación del micro controlador

➤ **Librerías necesarias.**

En la figura 47, se puede apreciar las diferentes librerías incluidas en el código de programación del microcontrolador.

```
#include <SPI.h> //librerias
#include <Ethernet.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

Figura 47. Parámetros de configuración de Sheild Ethernet

Tomado de Software Arduino 1.6.8

SPI.- permite la comunicación entre los elementos de electrónica digital.

Ethernet.- permite la conectividad de red del shield ethernet.

Wire.- librería requerida para utilizar el bus de comunicación I2C.

LiquidCrystal_I2C.- permite la configuración del LCD a través del bus de comunicación I2C.

➤ **Configuración e inicialización del Shield Ethernet**

Mediante estas líneas de código, se realiza los parámetros de configuración e inicialización de la shield ethernet, requerida para lograr conexión con el servidor del sistema de administración.

En la figura 48 se verifica los parámetros de inicialización del Shield Ethernet.

```
byte mac[] = {0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };// direccion mac del modulo
IPAddress ip(192, 168, 1, 8); // direccion IP del modulo
IPAddress server(192, 168, 1, 9); //direccion Ip del servidor
EthernetClient client; // EL MODULO COMO CLIENTE

Serial.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 0 SE LO UTILIZA PARA MONITOR Y CARGA DEL PROGRAMA |
delay(100);
Serial2.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 2 SE LO UTILIZA PARA REALIZAR LA LECTURA DEL RFID DE SALIDA
delay(100);
Serial3.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 3 SE LO UTILIZA PARA REALIZAR LA LECTURA DEL RFID DE ENTRADA
delay(100);
```

Figura 48. Parámetros de inicialización del Shield Ethernet

Tomado de Software Arduino 1.6.8

➤ **Declaración de todas las variables.**

Se declaran todas las variables que intervienen en la programación del microcontrolador, mediante las cuales se podrán llevar a cabo, las diferentes funciones solicitadas hacia el software de consulta de la etapa 2.

El código de programación de la declaración de variables será presentado en el anexo D, de este trabajo.

➤ **Configuración de las filas y columnas del teclado matricial.**

Se realiza la asignación de pines que controlaran las filas y columnas del teclado matricial.

En la figura 49, se puede observar la configuración del teclado matricial.

```

void setup() {
  delay(500);
  // pinMode(mode, INPUT);
  pinMode(ledin, OUTPUT);
  pinMode(ledout, OUTPUT);
  for (byte i = 0; i < rows; i++) //for loop used to make pin mode of outputs as output
  {
    pinMode(Output[i], OUTPUT);
  }
  for (byte s = 0; s < columns; s++) //for loop used to makk pin mode of inputs as inputpullup
  {
    pinMode(Input[s], INPUT_PULLUP);
  }
}

```

Figura 49. Código de programación para inicializar el teclado matricial.
Tomado de Software Arduino 1.6.8

➤ Inicialización de puertos seriales.

Permite la inicialización de los puertos seriales de microcontrolador.

Puerto serial 0, es utilizado para monitorear la trasmisión de datos en la etapa de programación, de igual manera es utilizado para realizar la carga del programa hacia el microcontrolador de arduino.

Puerto serial 2, es utilizado para recibir los datos provenientes del lector RFID de entrada.

Puerto Serial 3, es utilizado para recibir los datos provenientes del lector RFID de salida.

En la figura 50, se verifica el código de programación necesaria para inicializar los puertos seriales.

```

Serial.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 0 SE LO UTILIZA PARA MONITOR Y CARGA DEL PROGRAMA |
delay(100);
Serial2.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 2 SE LO UTILIZA PARA REALIZAR LA LECTURA DEL RFID DE SALIDA
delay(100);
Serial3.begin(9600); // EL PUERTO SERIAL 3 SE LO UTILIZA PARA REALIZAR LA LECTURA DEL RFID DE ENTRADA
delay(100);

```

Figura 50. Inicialización de los puertos seriales.
Tomado de Software Arduino 1.6.8

➤ Proceso de lectura de tag y su clave

Lectura de tag.- el lector RFID recibe el código del tag con el que interactúa, este código es almacenado en un vector denominado tagString, este vector es enviado hacia el software de consulta de la

etapa 2, para realizar la búsqueda en la base de datos del sistema de administración de la etapa 1.

El código de programación de esta sección es presentado al final de este trabajo en el anexo D.

Lectura de clave.- si el tag, se encuentra registrado en la base de datos, el software de consulta envía la solicitud de clave del usuario, el código de la clave es almacenado en vector denominado keyString, este vector es enviado hacia el software de consulta de la etapa 2, para realizar la búsqueda en la base de datos del sistema de administración de la etapa 1.

El código de programación de esta sección es presentado al final de este trabajo en el anexo D.

2.23.2 Funciones del sistema

- **Función que permite la conexión al servidor.-** mediante esta función, se realiza la configuración del puerto de escucha 1243, seleccionado para la conexión entre el microcontrolador y el servidor.

Mediante el ingreso de los diferentes parámetros de red, utilizados para inicializar el shield ethernet, el módulo de arduino es configurado como cliente por lo cual se encuentra monitoreando la conexión hacia el servidor.

En la programación del microcontrolador, se declara la variable conexión, la cual se encuentra en un valor de 0, pero una vez establecida la comunicación con el servidor esta variable cambia al valor de 1, este valor es comparado con el del software de consulta de la etapa 2, si este valor coincide se presenta el mensaje de conexión con el servidor.

El código de programación de esta sección es presentada en el anexo D, de este trabajo.

- **Función de lectura del tag de entrada.-** esta función permite, verificar que el proceso que se está realizando es el de ingreso, esta validación

se la realiza mediante el envío de información del tag de ingreso, a través del puerto serial 2, el código del tag es recibido por el microcontrolador y se le asigna un valor de 1, este valor es enviado hacia el software de consulta de la etapa 2, para realizar la comparación del valor y determinar que el proceso es el de ingreso.

El código de programación de esta sección es presentado al final de este trabajo en el anexo D.

- **Función de lectura del tag de salida.-** esta función permite, verificar que el proceso que se está realizando es el de salida, esta validación se la realiza mediante el envío de información del tag de salida, a través del puerto serial 3, el código del tag es recibido por el microcontrolador y se le asigna un valor de 2, este valor es enviado hacia el software de consulta de la etapa 2, para realizar la comparación del valor y determinar que el proceso es el de salida.

El código de programación de esta sección es presentado al final de este trabajo en el anexo D.

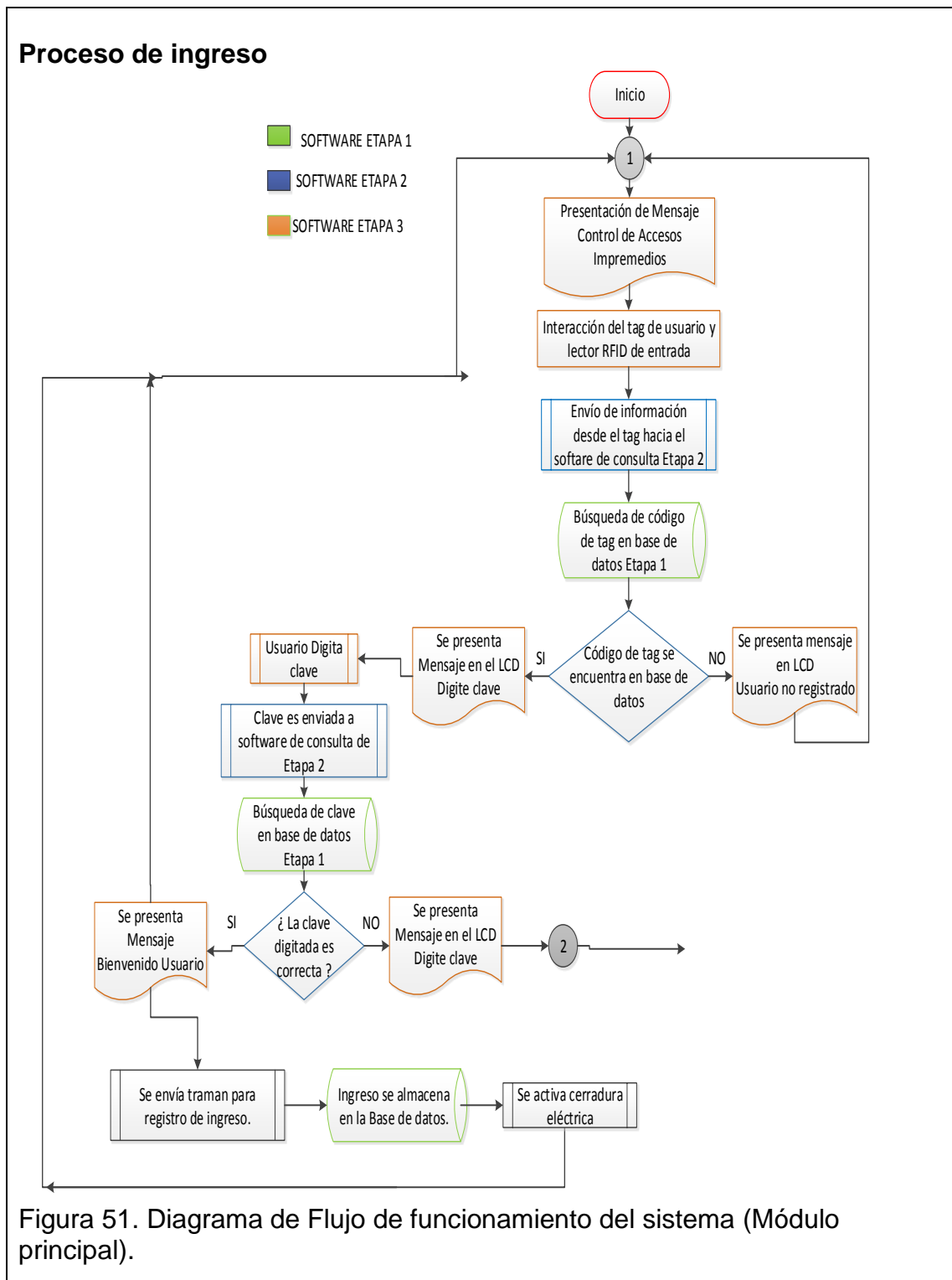
- **Función de presentación de los diferentes mensajes en el LCD.**

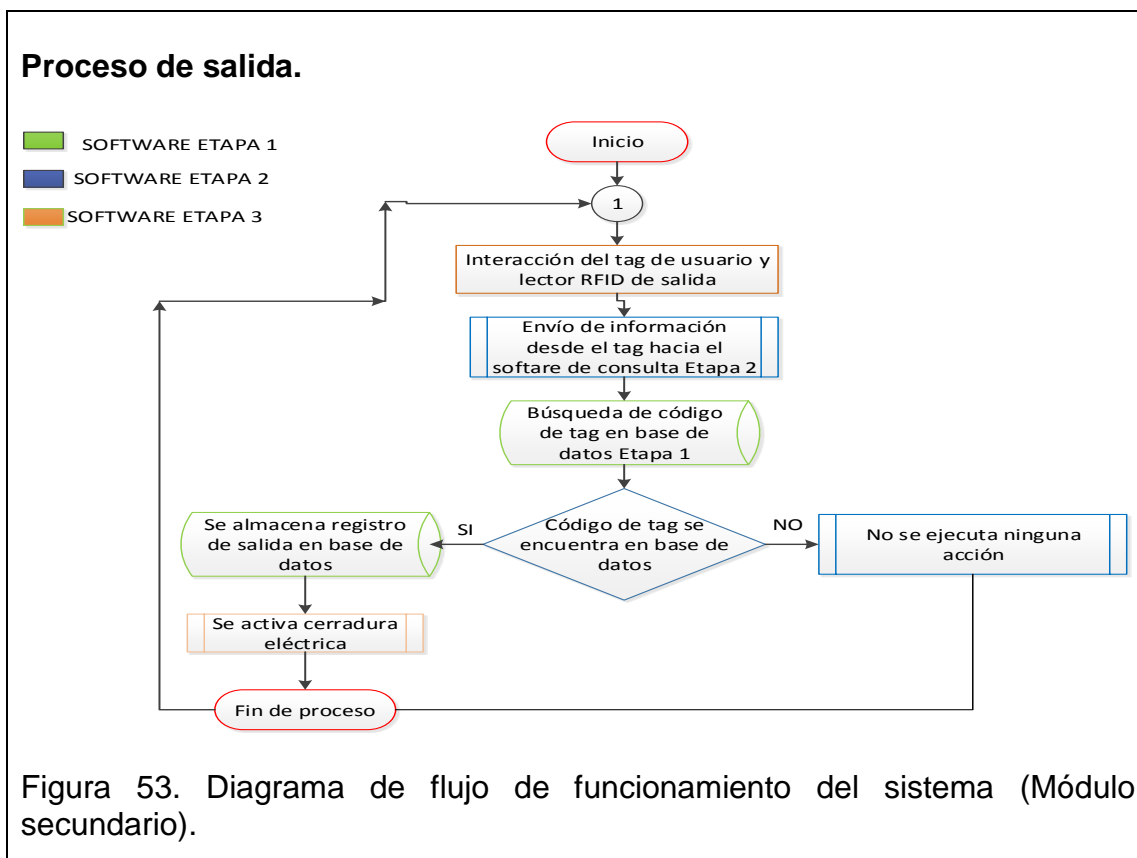
Mediante esta función, el microcontrolador realiza el procesamiento de impresión de los diferentes mensajes a presentar en el LCD del prototipo, este proceso se lleva a cabo con las diferentes respuestas obtenidas desde el software de consulta de la etapa 2, los cuales son procesados por el microcontrolador, el código de programación de esta sección es presentada en el anexo D, de este trabajo.

- **Función de lectura del teclado.-** mediante esta función, se realiza la activación del teclado matricial una vez validada la existencia del tag en la base de datos, el código de programación de esta sección es presentada en el anexo D, de este trabajo.

- **Función que decodifica el teclado matricial.-** a través de esta función, se realiza la interpretación de cada una de las teclas, de este periférico, el código de programación de esta sección es presentada en el anexo D, de este trabajo.

2.24 Diagrama de integración lógica de las tres etapas del software del prototipo.





2.25 Servidor informático

El sistema de administración del prototipo, se encuentra alojado en un servidor, en el cual, se requiere la instalación de los programas XAMPP y Java, estos programas son distribución libre.

A continuación, se mencionan los parámetros técnicos mínimos necesarios para la instalación de los programas descritos.

Tabla 14. Especificaciones del servidor Informático.

	Requisitos mínimos necesarios		Mínimo recomendable
Programas Instalados	XAMPP 3.2.1	JAVA 8.77	
Procesador	Pentium 1000 MHz	Dual core	Dual Core
Memoria RAM	512 MHz	1 GB	1 GB
Espacio libre en disco duro	160 MB	500 MB	660 MB

Adaptado de XAMPP.com y Java.com

La empresa Impremedios, dispone de un computador, en el cual se instalará el sistema de administración, este computador cumple con los parámetros mínimos necesarios para la instalación de los programas requeridos.

A continuación, se describe las características técnicas del computador designado para el sistema de administración.

Tabla 15. Parámetros técnicos del servidor de Impremédios.

Parámetros técnicos del servidor	
Procesador	Core I7 tercera generación
Memoria RAM	4 GB
Espacio libre en disco duro	450 GB

De lo expuesto en la tabla 15, se confirma que el servidor asignado cumple con las características mínimas necesarias.

3. CAPÍTULO III. ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO

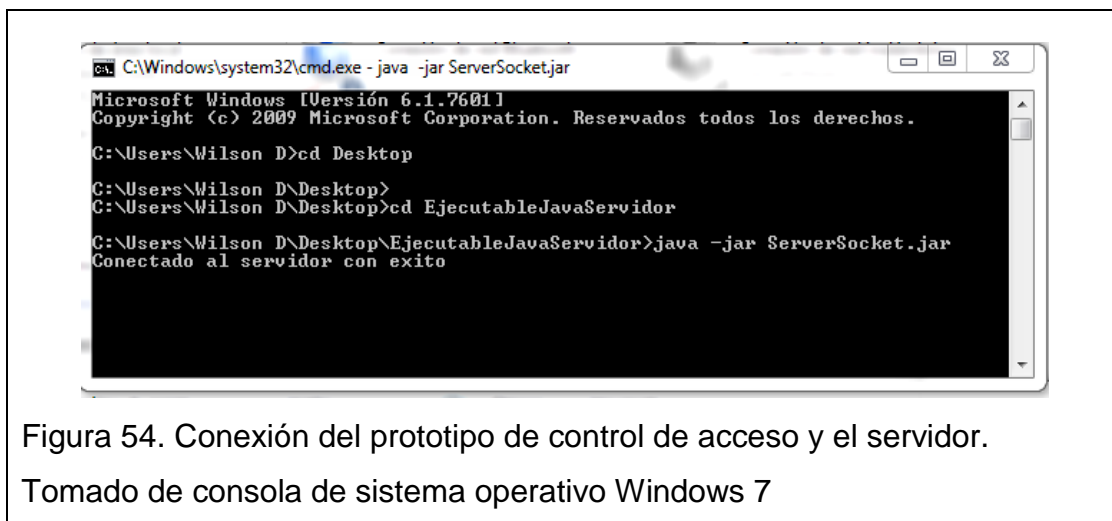
En el presente capítulo, se aborda los temas pertinentes al armado del hardware y las respectivas pruebas de funcionamiento del prototipo. De igual manera, se realizan todas las pruebas, pertinentes a la parte lógica del funcionamiento del sistema de administración del control de acceso por radio frecuencia. Finalmente, se realiza el análisis costo beneficio en la implementación del presente proyecto en la empresa Impremedios.

Como primer paso, en el desarrollo de este capítulo se realiza el montaje de todos los elementos mencionados en el capítulo dos.

Adicionalmente, se ejecuta la carga del programa en el microcontrolador, una vez realizada esta tarea, se ejecuta el software de consulta de la etapa 2, se verifica la conexión entre el modulo principal y el software de consulta.

La conexión entre el software y el prototipo, se la puede apreciar mediante la consola de comandos del sistema operativo.

En la figura 54, se visualiza la conexión del módulo de control de accesos y el servidor.



El proceso anterior, se lo realiza con la finalidad de verificar en primera instancia, el correcto funcionamiento del hardware y software del prototipo de control de acceso por radio frecuencia.

3.1 Ensamblaje del prototipo

Una vez ejecutado, al armado de los elementos electrónicos y superados la prueba previa de conexión entre el prototipo y el software de consulta, se lleva a cabo el ensamblaje de todos los elementos electrónicos que componen el prototipo, en su respectivo chasis (cajas contenedoras).

En la figura 55 y 56, se puede observar el montaje de los elementos electrónicos que conforman los módulos primario y secundario.



Figura 55. Módulo Principal del Prototipo



Figura 56. Módulo secundario del prototipo.

3.2 Montaje total de la infraestructura del sistema de control de acceso

Para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento del sistema, se procede a instalar todos los elementos del sistema, mediante la utilización de una

maqueta, en la cual se utiliza una bombilla eléctrica para la simulación de la apertura de la cerradura eléctrica.

La maqueta se encuentra formada por, los dos módulos del control de acceso ingreso/salida, un switch de red, la bobilla eléctrica y el servidor informático del sistema.

En la figura 57 se puede apreciar la maqueta.



Figura 57. Sistema de control de acceso por RFID.

En la figura 58, se pueden apreciar el mensaje de acceso presentado por el LCD del módulo primario.



Figura 58. Mensaje inicial del módulo de Ingreso.

3.3 Pruebas finales de funcionamiento

Una vez realizada la instalación de la maqueta, se procede a ejecutar las respectivas pruebas de funcionamiento finales. Dichas pruebas incluyen, la verificación del funcionamiento de las siguientes funciones del sistema.

- Pruebas de conectividad vía red.
- Pruebas de funcionamiento del sistema de administración.
- Verificación de envío de datos a la base de datos.
- Lectura de tags.
- Ingreso de claves por teclado.

Estas pruebas, fueron realizadas en un periodo de tiempo de 72 horas continuas.

3.3.1 Pruebas de conectividad vía red

En la figura 59, se puede apreciar la prueba de conectividad. Esta prueba se la ejecuta mediante el comando ping, desde el servidor del sistema de administración hacia la dirección IP, asignada al prototipo de control de acceso por radio frecuencia.

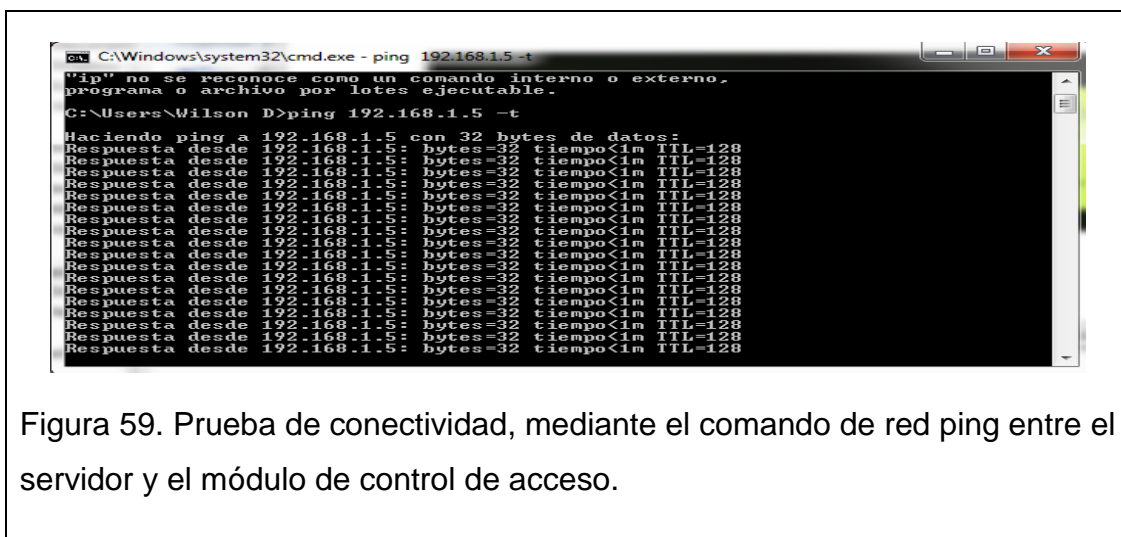


Figura 59. Prueba de conectividad, mediante el comando de red ping entre el servidor y el módulo de control de acceso.

Como se puede apreciar en la figura 59, existe conectividad entre el servidor y el prototipo.

Los tiempos de respuesta son de 1 milisegundo y su tiempo de TTL es de 128.

3.3.2 Pruebas de funcionamiento del sistema de administración

Una vez, superadas todas las pruebas en las que intervienen el hardware del prototipo, se procede a ejecutar las respectivas pruebas de funcionamiento a la interfaz de administración del sistema.

3.3.2.1 Prueba de ingreso al sistema

Esta prueba, se la realiza mediante la utilización de los navegadores de internet, Google Chrome y Mozilla.

Previamente, se ejecuta XAMPP, mediante el cual se activa los servicios de web server Apache y el de gestor de base de datos MySQL.

En la barra de búsqueda de los navegadores web, se digita la dirección ip asignada al servidor (192.168.1.12/controltm), donde se encuentra alojado el sistema de administración del control de acceso por radio frecuencia.

En la figura 60, se puede observar el correcto funcionamiento de ingreso al sistema de administración del prototipo.



Figura 60. Ingreso al sistema de administración del control de acceso SCAI.

3.3.2.2 Visualización de Hora del Sistema.

Una vez ingresado al sistema, se puede visualizar la hora actual, este dato es tomado desde el sistema del servidor.

En la figura 61, se observa los diferentes accesos a los menús del sistema, de igual manera se puede apreciar la hora del sistema.



Figura 61. Visualización de menús y hora del sistema SCAI.

3.3.2.3 Prueba de Menú Nuevo Registro

El primer menú existente, es registrar de un nuevo usuario en el sistema, para este fin se utiliza el formulario del menú y posteriormente, se verifica la correcta inserción de la información en la base de datos del sistema.

Una vez ingresada toda la información solicitada en el formulario de registro, se presiona el botón registrar, y la información es enviada a la base de datos del sistema.

En la figura 62, se puede apreciar el ingreso de datos de un usuario mediante la utilización del formulario de registro del sistema de administración.

En la figura 63, se aprecia la correcta inserción de información ingresada en la base de datos del sistema.

Figura 62. Formulario de registro de usuarios sistema SCAI.



+ Opciones										
	id_user	us_nombre	us_apellido	us_correo	us_cedula	us_telefono	us_direccion	us_tag	us_clave	1
Editar Copiar Borrar	46	MARCIA	CASTRO	marcia@hotmail.com	1234568901	345678900	la Tola	0	2346	
Editar Copiar Borrar	39	Jaime	Delgado	jimmy@yahoo.com	1234567898	1234567890	La Vicentina	4B00DA35EB	2222	
Editar Copiar Borrar	50	Wilson	Delgado	wilson.delgado@epn.edu.ec	1719624634	2506318	La Floresta	1700612E40	1111	

Figura 63. Verificación de inserción de registro en la base de datos.

3.3.2.4 Prueba de menú entrada salida

Este menú permite, realizar la consulta de registros de ingreso y salida del personal.

La consulta de ingresos y salidas, puede ser realizada mediante varios parámetros de búsqueda, los cuales son: nombre, apellido, cedula o una fecha determinada.

En la figura 64, se puede apreciar la consulta de registros de ingreso y salida.



Impremedios S.A.

23:59:17

Mostrar 10 entradas

Fecha 1: Fecha 2:

Filtrar: Copiar PDF Excel Imprimir

Nombre	Apellido	Cédula	TAG Entrada	TAG Salida	Fecha
Wilson	Delgado	1719624634	1700612E40		2015/08/20 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634		1700612E40	2015/08/20 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634	1700612E40		2015/08/20 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634		1700612E40	2015/08/20 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634	1700612E40		2015/08/20 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634		1700612E40	2015/08/21 12:00 AM
Wilson	Delgado	1719624634	1700612E40		2016/04/09 2:51 PM

Figura 64. Formulario de consulta de ingreso y salida de usuarios sistema SCAI.

Adicionalmente, este menú permite exportar la consulta realizada a un archivo Excel o PDF.

3.3.2.5 Prueba de menú actualizar registro

A través de este menú, se puede realizar la modificación de información de un usuario registrado en el sistema. Como se puede apreciar en las figuras 65 y 66, se realiza la consulta de información pertinente a un usuario, este proceso puede ser verificado a través de la inspección de la base de datos, donde se

puede observar la información pertinente al usuario Wilson Delgado que será actualizada.

Impremedios S.A

Nuevo Registro Entrada Salida Act. Registro Eliminar Usuario Cambiar Clave Admin

12:24:11

Ingrese la cédula del usuario a buscar

1719624634

Buscar

Ingrese el Nombre Wilson

Ingrese Apellido(s) Delgado

Ingrese el Correo wilson.delgado@epn.edu.ec

Cédula del usuario 1719624634

Ingrese teléfono(s) 2506318

Ingrese la Dirección La Floresta

Ingrese TAG 1700612E40

Ingrese Clave

Modificar Limpiar

Figura 65. Información actual del usuario Wilson Delgado presentada por el menú actualizar registro.

+ Opciones		id_user	us_nombre	us_apellido	us_correo	us_cedula	us_telefono	us_direccion	us_tag	us_clave
		46	MARCIA	CASTRO	marcia@hotmail.com	1234568901	345678900	la Tola	0	2346
		39	Jaime	Delgado	jimmy@yahoo.com	1234567898	1234567890	La Vicentina	4B00DA35EB	2222
		50	Wilson	Delgado	wilson.delgado@epn.edu.ec	1719624634	2506318	La Floresta	1700612E40	1111

Figura 66. Información actual del usuario Wilson Delgado presente en la base de datos del sistema.

En la figura 67 y 68 se observa la información pertinente al usuario Wilson Delgado, y la actualización en el número telefónico y domicilio.

Impremedios S.A

Nuevo Registro Entrada Salida Act. Registro Eliminar Usuario Cambiar Clave Admin

12:30:42

Ingrese la cédula del usuario a buscar

1719624634

Buscar

Ingrese el Nombre Wilson

Ingrese Apellido(s) Delgado

Ingrese el Correo wilson.delgado@epn.edu.ec

Cédula del usuario 1719624634

Ingrese teléfono(s) 0995449994

Ingrese la Dirección Universidad de las Américas

Ingrese TAG 1700612E40

Ingrese Clave

Modificar Limpiar

Figura 67. Actualización de información del usuario Wilson Delgado.

	id_user	us_nombre	us_apellido	us_correo	us_cedula	us_telefono	us_direccion	us_tag	us_clave
Editar Copiar Borrar	46	MARCIA	CASTRO	marcia@hotmail.com	1234568901	345678900	la Tola	0	2346
Editar Copiar Borrar	39	Jaime	Delgado	jimmy@yahoo.com	1234567898	1234567890	La Vicentina	4B00DA35EB	2222
Editar Copiar Borrar	50	Wilson	Delgado	wilson.delgado@epn.edu.ec	1719624634	995449994	Universidad de las Américas	1700612E40	1111

Figura 68. Verificación de actualización de información del usuario Wilson Delgado, en la base de datos del sistema.

3.3.2.6 Prueba de cambio de clave del sistema

Finalmente, se realiza la prueba de cambio de clave de administración del sistema del control de acceso.

La clave da acceso al sistema, se encuentra encriptado en la base de datos como medida de seguridad. En las figuras 69, 70 y 71, se pueden apreciar la actualización de clave del administrador del sistema.

Figura 69. Formulario de actualización de clave del administrador.

	id_admin	usuario_admin	clave_admin
Editar Copiar Borrar	1	admin1	6c7ca345f63f835cb353ff15bd6c5e052ec08e7a
Editar Copiar Borrar	2	admin2	d5f12e53a182c062b6bf30c1445153faff12269a

Figura 70. Clave de administrador encriptada en la base de datos del sistema.

	id_admin	usuario_admin	clave_admin
Editar Copiar Borrar	1	admin1	6c7ca345f63f835cb353ff15bd6c5e052ec08e7a
Editar Copiar Borrar	2	admin2	7110eda4d09e062aa5e4a390b0a572ac0d2c0220

Figura 71. Clave de administrador actualizada y encriptada.

Como se puede apreciar, en el desarrollo de las pruebas descritas, tanto la parte electrónica como la parte lógica del sistema funcionan de manera correcta.

3.4 Verificación de envío de información a la base de datos

Una vez verificada, la conectividad entre el prototipo de control de acceso y la red de datos, el siguiente paso es validar que el prototipo envíe de manera correcta al servidor la información adquirida de los tags, tanto en el proceso de ingreso o salida.

Esta transmisión de datos, desde el prototipo hacia la base de datos del sistema, se la realiza mediante el puerto 1243, el cual fue configurado como puerto escucha, entre el prototipo y el software de consulta de la etapa 2.



id_ingreso	tag_in	tag_out	fecha
471	1700612E40		2015-08-21 00:00:00
472	7A0092D7C6	NULL	2016-03-30 15:35:43
473	NULL	7A0092D7C6	2016-03-30 15:40:28
474	7A0092D7C6	NULL	2016-03-30 15:43:00
475	7A00928C18	NULL	2016-03-30 15:43:31
476	7A00928C18	NULL	2016-03-30 15:44:09
477	NULL	7A00928C18	2016-03-30 15:44:29
478	7A0092D7C6	NULL	2016-03-30 16:27:21
479	7A0092D6F1	NULL	2016-03-30 16:28:14
480	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 09:53:49
481	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 12:47:08
482	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 12:49:44
483	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 12:53:14
484	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 13:01:14
485	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 13:05:10
486	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 13:07:21
487	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 13:11:12
488	7A0092D7C6	NULL	2016-03-31 13:26:17

Figura 72. Registros enviados desde el prototipo a la base de datos.

Para verificar lo descrito, se realiza el chequeo de la base de datos del sistema, y se confirma los respectivos registros de ingreso o salidas en la tabla `tb_ingreso`, como se puede apreciar en la figura 72. Esta prueba es superada con éxito.

3.4.1 Prueba de lecturas de tags registrados en el sistema

Una vez comprobada la conectividad, ente el módulo principal y el servidor, la primera prueba que se realiza es la de lectura de tags. Para este fin, se procede a interactuar con el prototipo y la lectura de tres tags diferentes.

Proceso realizado en la lectura de un tag:

1. Microcontrolador envía los datos del tag, hacia el software de consulta de la etapa 2.
2. Software de consulta de la etapa 2, verifica la existencia del código del tag en la base de datos del software de la etapa 1.
3. Debido a que, el código del tag se encuentra registrado en la base de datos, el software de consulta solicita el ingreso de la clave asociada.
4. El LCD presenta mensaje, digite su clave por favor.

Este proceso es superado con éxito, como se puede apreciar en la figura 73.



Figura 73. Interacción Módulo RFID y el tag.

3.4.2 Ingreso de clave por teclado (clave correcta)

Una vez superada, la prueba de lectura de datos de los tags registrados, la segunda prueba a la que es sometido el prototipo, es la del ingreso de las diferentes claves asociadas a cada tag, este ingreso se lo realiza mediante el teclado matricial del prototipo. Este procedimiento es el segundo parámetro de seguridad para habilitar el ingreso al personal.

Proceso realizado en la lectura de la clave asociada a un tag:

1. Microcontrolador, presenta mensaje en LCD solicitando la clave de usuario.
2. Usuario digita la clave, esta clave es enviada vía red al software de consulta de la etapa 2, se realiza la búsqueda en la base de datos de la etapa 1.
3. Debido a que, el código de la clave se encuentra registrado en la base de datos, y corresponde al tag que interactuó con el prototipo, el

software de consulta captura el nombre del usuario y lo envía al microcontrolador.

4. El LCD presenta mensaje, Bienvenido usuario.

En las siguientes figuras, se puede apreciar el resultado de la prueba descrita.



Figura 74. Lectura del tag.

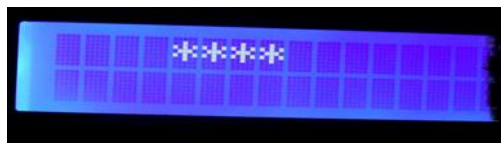


Figura 75. Ingreso de clave vía teclado.



Figura 76. Clave correcta ingresada.

3.4.3 Ingreso de clave por teclado (clave incorrecta)

Si un usuario, dispone de un tag registrado en el sistema, pero ingresa una clave incorrecta, el prototipo realiza el siguiente proceso:

1. Microcontrolador, presenta mensaje en LCD, solicitando la clave de usuario.
2. Usuario digita la clave, esta clave es enviada vía red al software de consulta de la etapa 2, para realizar la búsqueda en la base de datos de la etapa 1.
3. Debido a que, el código de la clave no se encuentra registrado en la base de datos, y no corresponde al tag que interactuó con el prototipo, el software de consulta envía mensaje de advertencia al microcontrolador.
4. El LCD presenta mensaje, clave incorrecta.

En las siguientes figuras se puede apreciar el proceso antes descrito.



Figura 77. Lectura del tag.



Figura 78. Ingreso de clave vía teclado.



Figura 79. Clave incorrecta.

Posterior a este mensaje, el prototipo solicitará el ingreso nuevamente de la clave de usuario, este proceso se lo realizará hasta por dos oportunidades más, si estos intentos son fallidos el usuario será bloqueado en la base de datos del sistema y se presentarán los mensajes de, usuario bloqueado, comuníquese con el administrador, como se puede apreciar en las figuras 80 y 81.



Figura 80. Mensaje usuario bloqueado.



Figura 81. Mensaje comuníquese con el administrador.

3.4.4 Prueba de lecturas de tags no registrados en el sistema.

Si un tag, no se encuentra registrado en la base de datos del sistema de la etapa 1, este tag no podrá continuar con el proceso de validación de clave, el

prototipo presentará el mensaje, usuario no registrado, desactivará el teclado y regresará al mensaje principal del prototipo, como se puede observar en las figuras 82 y 83.



Figura 82. Mensaje usuario no registrado.



Figura 83. Retorno al mensaje de inicio.

3.5 Análisis costo – beneficio del prototipo

Como parte final, en el desarrollo del presente capítulo, se realiza el análisis costo beneficio referente al diseño e implementación de este proyecto.

Este análisis, se lo realiza en base a la relación beneficio-costo, en la ejecución de un proyecto.

El análisis costo-beneficio, es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto. (CreceNegocios.com, 2016)

3.5.1 Análisis costo – beneficio del prototipo implementado en Imprimidos.

Puesto que la empresa patrocinadora, facilita los materiales necesarios para el proyecto, el desarrollo de la parte lógica (software), de este proyecto no tendrá costo para esta empresa.

Desde este punto de vista, se determina que el costo de los materiales, mano de obra e instalación del prototipo es el siguiente:

Tabla 16. *Materiales del control de acceso RFID.*

Cantidad	Detalle	V. Unit	V. Total
1	Placa electrónica Arduino Mega 2560.	\$ 21	\$ 21
1	Shield Ethernet Arduino.	\$ 15	\$ 15
2	Integrado ID-3AL.	\$ 48	\$ 96
1	LCD 1602A.	\$ 6	\$ 6
1	Teclados matriciales 4 x 3.	\$ 6	\$ 6
2	Antenas receptoras externas.	\$ 8	\$ 16
2	Cajas contenedoras.	\$ 6	\$ 12
2	Buses de conexión.	\$ 1	\$ 2
2	Led.	\$ 0,25	\$ 0,5
1	Baquelita.	\$ 1	\$ 1
1	Rele 5 V _{DC} - 110 V _{AC} .	\$ 2	\$ 2
1	Ácido Sulfúrico.	\$ 0,80	\$ 0,8
2	Transistores 3904.	\$ 0,30	\$ 0,60
5	Resistencias.	\$ 0,08	\$ 0,4
1	Cerradura eléctrica.	\$ 40	\$ 40
1	Mano de obra (electrónica)	\$ 50	\$ 50
1	Instalación	\$ 150	\$ 150
Valor de materiales			\$ 418,70

Nota. Lista de materiales de los elementos que intervienen en el prototipo de control de acceso RFID.

El valor expuesto en la tabla 16, constituye la inversión a realizar por parte de Impremédios, para obtener el sistema de control de acceso por radio frecuencia.

Como se mencionó en los antecedentes, Impremédios, no cuenta con un sistema de control de accesos automático, este control se lo realiza actualmente de manera manual, pero no existe mecanismo que determine la veracidad de esta información.

3.5.2 Situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.

- a. El control de acceso de la empresa se lo realiza de manera manual, mediante el uso de hojas de papel.
- b. De acuerdo a información brindada por la gerente de la empresa, existe un promedio de atraso por cada trabajador de aproximadamente 110 minutos al mes. (Verificar anexo E)
- c. La recepcionista de la empresa, tarda aproximadamente un día en el procesamiento de información de ingresos, salidas y atrasos de los trabajadores, este procesamiento se lo realiza en base a la información recopilada en el literal a.

A continuación, se procede, a cuantificar y tabular cada uno de los aspectos mencionados en los literales: a, b y c.

Tabla 17. Situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.

Literal	Descripción	Costo unitario
a	Costo suministros necesarios.	Actualmente, se gasta una hoja de papel por día, esta hoja tiene un costo de 0,05 centavos de dólar
b	Costo promedio de atraso del personal.	5 minutos promedio por día a cada trabajador (existen 6 trabajadores) costo de minuto de atraso \$ 0,06.
c	Costo de tiempo de procesamiento de información	La recepcionista tarda 8 horas procesando la información de entradas, salidas y atrasos de los trabajadores, el costo de hora de trabajo de la recepcionista \$ 2,84.

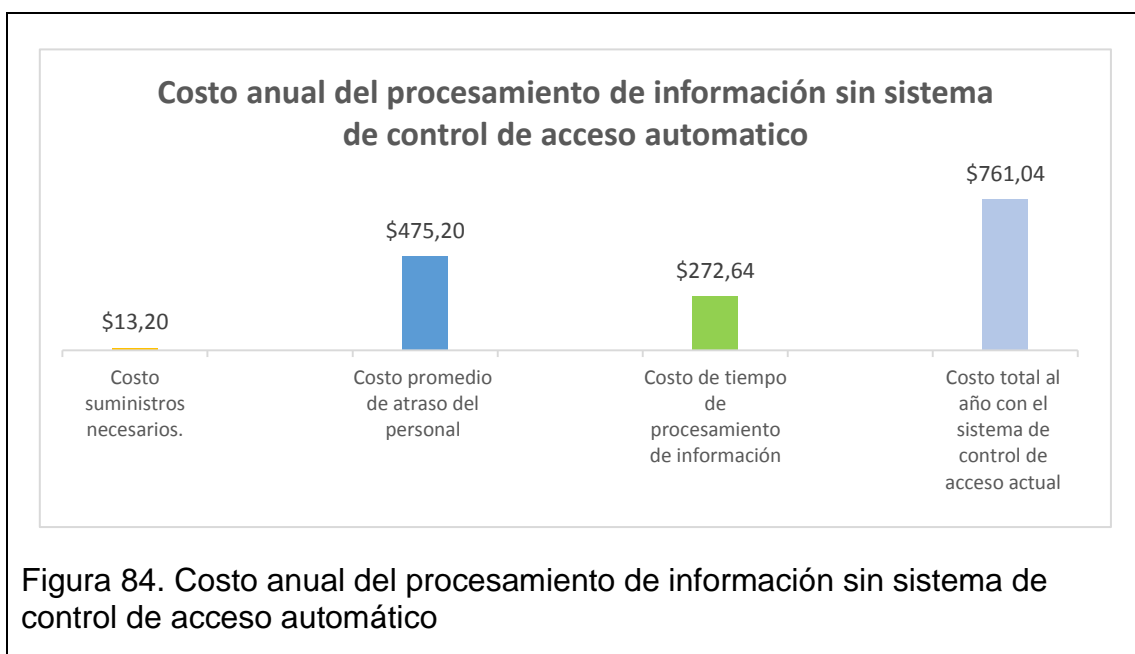
Nota. Tabulación de parámetros de la situación actual de la empresa con sistema de control de acceso actual

En la tabla 18, se procede a realizar los cálculos respectivos para verificar el costo de procesamiento de información con el actual sistema de control de acceso de la empresa.

Tabla 18. Cuantificación de la situación actual de la empresa al controlar el ingreso y salida del personal.

Costo anual del procesamiento de información					
Literal	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo por mes	Costo por año
a	Costo suministros necesarios.	\$ 0,05	22 Hojas al mes	\$ 1,10	\$ 13,20
b	Costo promedio de atraso del personal	\$ 0,06	660 Minutos de atrasos totales.	\$ 39,60	\$ 475,20
c	Costo de tiempo de procesamiento de información	\$ 2,84 Costo de hora de trabajo	8 Horas	\$ 22,72	\$ 272,64
Costo total al año con el sistema de control de acceso actual (manual)					\$ 761,04

Nota. Tabulación y cuantificación de parámetros de la situación actual de la empresa con sistema de control de acceso actual



3.5.3 Situación proyectada una vez implementado del control de accesos RFID.

- Al implementar el prototipo de control de acceso, Impremedios contará

- con un sistema automático de control de acceso.
- b. Con la implementación del control de accesos, la gerente de la empresa ha proyectado mejorar la seguridad de la empresa, y reducir el promedio de atrasos del personal.
 - c. El tiempo de procesamiento, de la información pertinente a los ingresos y salidas del personal, se reducirá notablemente, puesto que el sistema entrega de manera automática esta información.

A continuación, se procede, a cuantificar y tabular cada uno de los aspectos mencionados en los literales: a, b y c.

Tabla 19. Situación proyectada una vez implementado del control de accesos.

Literal	Descripción	Costo unitario
a	Costo suministros necesarios.	Tarjeta de acceso RFID, \$ 6, costo único.
b	Costo promedio de atraso del personal	Mediante la implementación del prototipo, se proyecta, reducir a la mitad el promedio de atrasos del personal, puesto que existirá un control efectivo de los atrasos.
c	Costo de tiempo de procesamiento de información	La recopilación de información será automática, el tiempo aproximado de procesamiento por parte de la recepcionista será de una hora.

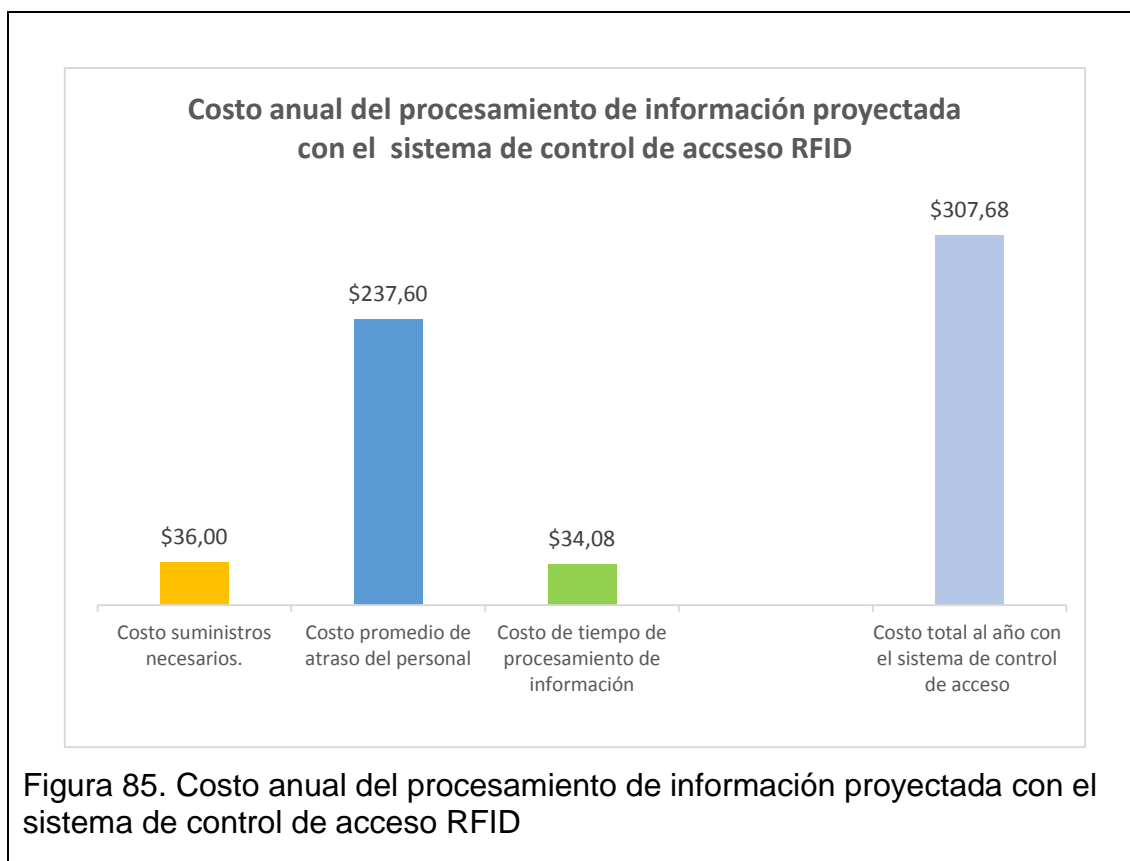
Nota. Tabulación de parámetros de la situación proyectada de la empresa con el sistema de control RFID.

En la tabla 20, se procede a realizar los cálculos respectivos para verificar el costo de procesamiento de información proyectada una vez implementado el control de acceso RFID.

Tabla 20. Cuantificación de la situación proyectada de la empresa con el sistema de control de acceso RFID.

Costo anual de procesamiento de información proyectado					
Literal	Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo por mes	Costo por año
a	Costo suministros necesarios.	\$ 6 costo por tarjeta RFID	6	\$ 36,00	\$ 36,00
b	Costo promedio de atraso del personal	\$ 0,06	330 Minutos de atrasos totales.	\$ 19,80	\$ 237,60
c	Costo de tiempo de procesamiento de información	\$ 2,84	1 Hora	\$ 2,84	\$ 34,08
Costo total al año con el sistema de control de acceso RFID					\$ 307,68

Nota. Tabulación y cuantificación de parámetros de la situación proyectada con el sistema de control de acceso RFID.



3.5.4 Relación costo beneficio del control de acceso a implementarse en Impremédios.

La relación costo-beneficio (B/C), también conocida como índice neto de rentabilidad, es un criterio de análisis de costo-beneficio de un proyecto, es un cociente que se obtiene al dividir el valor actual de los ingresos totales netos o beneficios netos (VAI) entre el valor actual de los costos de inversión o costos totales (VAC) de un proyecto. (CreceNegocios.com, 2016)

Según el análisis costo-beneficio, un proyecto o negocio será rentable cuando la relación costo-beneficio es mayor que la unidad. (CreceNegocios.com, 2016)

$$B/C = \frac{VAI}{VAC} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Entonces, desde este punto de vista, se procede a realizar la relación costo-beneficio de este proyecto.

Tabla 21. Nomenclatura parámetros de cálculos.

Nomenclatura	
Beneficio proyectado	BP
Costo de procesamiento actual de información	CPAI
Costo de procesamiento anual proyectado con el sistema RFID	CPAP
Costo de inversión	CI

Nota. Nomenclatura de los parámetros para realizar los cálculos de la relación costo beneficio. Adaptado de CreceNegocios.com

$$BP = CPAI - CPAP \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$BP = 731,04 - 307,68 \quad (\text{Verificar tablas 18 y 20})$$

$$BP = 423,36.$$

$$CI = 418,70 \quad (\text{Verificar tabla 16})$$

$$B/C = \frac{(423,36)}{418,7} = 1,01 \quad (\text{Ecuación 8})$$

Como se puede apreciar, el cociente de la relación costo – beneficio del proyecto es mayor a 1, por lo tanto, se determina que la implementación del sistema de control de accesos por radio frecuencia es rentable para esta empresa.

3.6 Análisis costo – beneficio del prototipo, desde el punto de vista comercial.

En este análisis se aborda el tema de rentabilidad del prototipo para poder ser comercializado.

En este punto, adicional al costo de implementación del hardware, se realiza el avalúo del costo de desarrollo del software del sistema.

El tiempo aproximado invertido en el desarrollo de la programación de la parte lógica del prototipo es de 48 horas laborables. Dado que la hora de programación de un profesional semi senior es de aproximadamente 30 dólares en el mercado ecuatoriano, el costo referencial del desarrollo del software de este prototipo es de 1440 dólares americanos.

En la tabla 22 se aprecia el costo total de implementación prototipo de control de acceso por radio frecuencia con su respectivo sistema de administración vía web.

Tabla 22. Costo total del prototipo.

Ítem	Detalle	Valor Unitario	Valor Total
1	Hardware e instalación del prototipo	\$ 418,70	\$ 418,70
2	Costo de programación del sistema del control de acceso por radio frecuencia (48 horas invertidas)	\$ 1440	\$ 1440
Valor de materiales			\$ 1858,70

Nota. Costo total del prototipo software y hardware.

Un aspecto importante, a destacar es el hecho de que el costo de desarrollo del software del prototipo deberá ser considerado una sola vez, debido a que el

mismo software podrá ser instalado a futuro en nuevas implementaciones de este proyecto. Es así que en futuras instalaciones únicamente se deberá tomar en cuenta el costo de los materiales, y el costo del software será devengado de manera paulatina.

3.6.1 Costos directos de producción del prototipo.

El costo de producción del prototipo constituye un valor fijo, este valor asciende a \$ 1858,70, como se puede apreciar en la tabla 22.

3.6.2 Costos indirectos en la producción del prototipo.

Entre los costos indirectos de este prototipo se puede mencionar, la utilización de los siguientes elementos.

Tabla 23. Costos indirectos de producción.

Item	Descripción	Valor aproximado
1	Estaño	\$ 1
2	Energía eléctrica	\$ 1
3	Silicona	\$ 1
4	Pomada para soldar	\$ 2
5	Cautín	\$ 3
Total de costos indirectos		\$ 8

Nota. Costos indirectos la producción del prototipo

3.6.3 Precio de comercialización

El precio de comercialización resultará de la sumatoria de costo de materiales del prototipo, porcentaje de devengación del software, mano de obra y porcentaje de utilidad.

Precio= *Cost. de mat. + devengación de cost. de software (10%) + utilidad*

(Ecuación 9)

Utilidad = *(Cost. de mat. + devengación de cost. de software) * 0,3*

(Ecuación 10)

Utilidad = $(418,70 + 144) * 0,3$

$$\text{Utilidad} = 168,81$$

$$\text{Precio} = 418,7 + 168,81$$

$$\text{Precio} = \$ 587,51$$

3.6.4 Punto de equilibrio de comercialización del sistema de control de acceso.

El punto de equilibrio para la comercialización de un producto, es calculado en base a la cantidad de unidades vendidas.

El cálculo del punto de equilibrio se encuentra determinada por la siguiente ecuación.

$$PE = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio} - \text{Costo Variable}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$\text{Costo Fijo} = 1858,7 + 587,51 \quad (\text{Verificar tabla 22})$$

$$\text{Precio} = 587,51 \quad (\text{Verificar ecuación 9})$$

$$\text{Costo Variable} = 8 \quad (\text{Verificar tabla 23})$$

$$PE = \frac{1858,7 + 587,51}{587,51 - 8}$$

$$PE = 4,22 \text{ unidades}$$

$$PE = 5 \text{ Unidades}$$

De los resultados anteriores, se determina que, el punto de equilibrio en la comercialización del prototipo de control de acceso por RFID, se da al vender cinco unidades, lo que indica que se percibirá beneficio en la comercialización de este prototipo a partir de la venta de la sexta unidad.

3.6.5 Costo referencial de soluciones similares

Actualmente, en el mercado existen sistemas de control de acceso por radio frecuencia muy similar al desarrollado en este proyecto, su costo aproximado es de \$ 1041 dólares, mientras que el costo de comercialización de la presente solución sería de \$ 587,51 dólares.

Esta diferencia económica se debe a múltiples factores tales como:

- El sistema desarrollado se encuentra basado en su totalidad en hardware y software libre, lo cual reduce sus costos, al no ser necesario adquirir ninguna clase de licencia.
- Otro factor por el cual el costo de comercialización de este proyecto es competitivo frente a sistemas similares, es debido a que el costo de desarrollo del software del sistema, influye como costo directo en el desarrollo del primer prototipo, al futuro el costo del software será devengado paulatinamente debido a que el mismo software será utilizado en la fabricación de futuros sistemas de control de acceso RFID.

En el anexo F, de este proyecto se puede apreciar el costo referencial de un sistema de control de acceso similar al implementado en este proyecto.

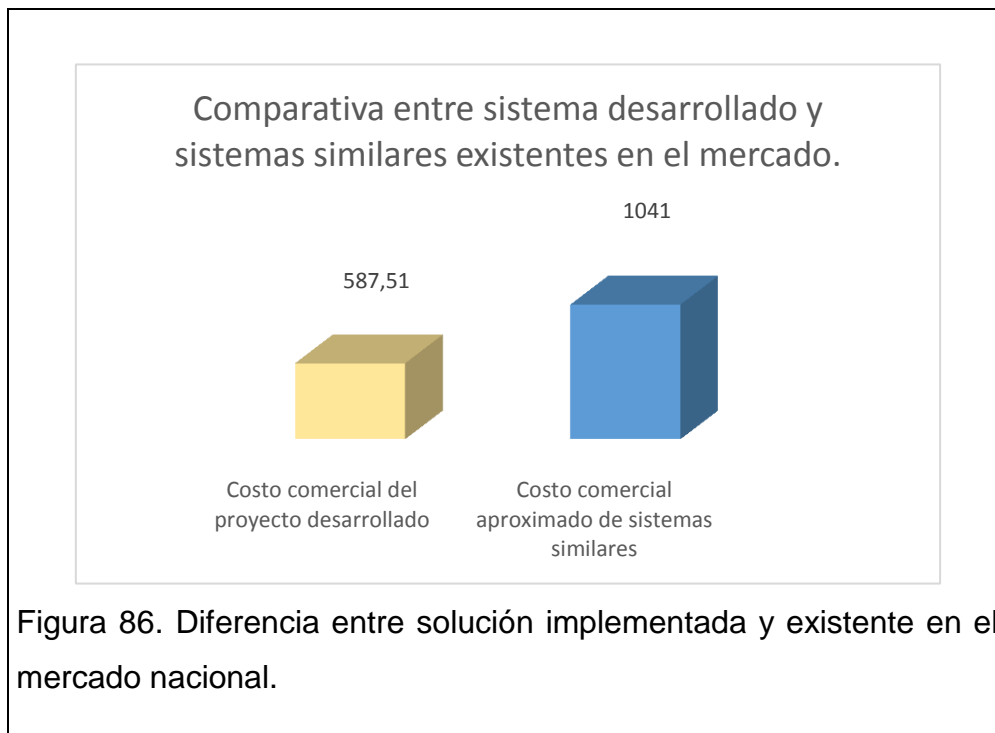
3.7 Comparativa de costos

Como se mencionó, en la actualidad, existen sistemas de control de acceso similares al implementado en este proyecto, es por esta razón que a continuación en la tabla 24, se presenta una comparativa de costos entre estas soluciones.

Tabla 24. Comparativa de costos.

Comparativa entre sistema desarrollado y sistemas similares existentes	
Concepto	Valor
Costo comercial del proyecto desarrollado	\$ 587,51
Costo comercial aproximado de sistemas similares	\$ 1156

En la figura 86, se puede apreciar gráficamente la diferencia económica existente entre las soluciones en mención.



De los datos presentados anteriormente, se puede determinar que existe una diferencia de 77,18%, entre la solución implementada y la similar existente en el mercado.

Como conclusión, del análisis del costo beneficio basado en el punto de equilibrio de comercialización del presente proyecto, se puede decir que este prototipo puede competir en igualdad de condiciones con los sistemas de control de acceso similares existentes en el mercado nacional.

3.8 Beneficios del prototipo

- Agilita el proceso de recopilación de información, que antes se lo realizaba de manera manual.
- Optimiza el tiempo, de la persona asignada a la recopilación de la información, de esta manera esta persona puede utilizar el tiempo restante en actividades más productivas para la empresa.
- Brinda un mejor nivel de seguridad en el ingreso a la empresa.
- Genera una cultura de puntualidad entre los trabajadores, puesto que el sistema de control de acceso, es más estricto y confiable.

3.9 Cumplimiento de objetivos del proyecto

A continuación, se realiza la verificación de cada uno de los objetivos planteados en este proyecto.

3.9.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar, un sistema prototipo de control de acceso con tecnología RFID, que permita la validación de clave de cuatro dígitos mediante teclado matricial, para el personal de Impremédicos. Este prototipo, podrá conectarse vía red, para llevar a cabo las respectivas tareas de administración en tiempo real.

Como resultado final, de este trabajo de investigación, se obtuvo el sistema prototipo de control de acceso por RFID, solicitado por la empresa patrocinadora.

3.9.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información, necesaria referente a tecnología RFID, microcontrolador, circuitos integrados, protocolos de comunicación, entre otros.

La recopilación de esta información, se la llevó a cabo en el desarrollo de los capítulos uno y dos respectivamente.

- Analizar y evaluar los servicios que prestará el prototipo.

El sistema de control de acceso por RFID, proporciona mejores parámetros de seguridad a la empresa patrocinadora, debido a que incorpora dos parámetros de autenticación.

Además, de lo expuesto en el análisis costo beneficio, se determina que, el sistema de control de acceso RFID implementado, permite agilizar el procesamiento de información, que anteriormente se lo realizaba de manera manual.

Puesto que el prototipo, entrega de manera automática la información de ingresos y salidas del personal, la actividad de recopilación de esta información se reduce considerablemente.

Finalmente, en el análisis costo beneficio del proyecto, se evalúa si la implementación de este proyecto es rentable para la empresa, producto de este análisis se determina, que el proyecto desarrollado es rentable para la empresa, debido a que el cociente de la relación costo-beneficio es mayor a 1, (verificar ecuación 8).

- Diseñar los circuitos y software de administración de prototipo, necesarios para la implementación del control de acceso mediante tecnología RFID, y conexión a la red de datos.

El diseño, de hardware y software del sistema de control de acceso por RFID, son abordados en el capítulo dos.

De igual manera, las pruebas de funcionamiento de software y hardware del prototipo, son expuestas en el capítulo tres, todas las pruebas de funcionamiento fueron superadas con éxito.

- Implementar el prototipo en la empresa IMPREMEDIOS.

El sistema prototipo de control de acceso por RFID, ha sido implementado, este prototipo fue presentado a la gerente de la empresa patrocinadora quien se encuentra satisfecha de los resultados alcanzados.

- Realizar el análisis costo – beneficio del prototipo.

El análisis costo beneficio del proyecto, es presentado en este capítulo, de este análisis se determina que la implementación del prototipo es rentable para la empresa patrocinadora (verificar ecuación 8).

4. CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo, se presentan todas las conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo de este proyecto.

4.1 Conclusiones

El presente trabajo de titulación, se lo realiza con el fin de satisfacer la necesidad de implementar un mejor nivel de seguridad para la empresa patrocinadora. Se lo realiza mediante la utilización de tecnología RFID y conectividad a red, para de este modo, monitorizar vía red, los diferentes registros de ingresos y salidas del personal, los cuales son almacenados en la base de datos del sistema.

El lector RFID ID-3LA y el tag EM-4001, trabajan a una frecuencia de 125 KHz, y además son compatibles, este es uno de los primeros parámetros técnicos a verificar, al trabajar con sistemas RFID.

De las pruebas realizadas al prototipo, se concluye, que el prototipo cumple con todos los objetivos planteados en este proyecto, como se puede apreciar en el ítem cumplimiento de objetivos de este capítulo.

Con la solicitud, de ingreso de clave a través del teclado matricial, el prototipo brinda un parámetro adicional de seguridad, este parámetro de seguridad es de gran ayuda, debido a que el tag es susceptible a robos o pérdida, y por esta razón, puede dar como resultado una mala manipulación por terceras personas.

Arduino, es una plataforma de software y hardware libre, de fácil utilización, con la cual, se puede realizar integración de múltiples proyectos electrónicos hacia internet, lo cual ayuda al desarrollo de internet de las cosas IoT.

XAMPP, es una plataforma de desarrollo web, basada en software libre y puede ser descargado de manera gratuita desde su sitio web oficial.

El lector y tag, utilizados en este proyecto, trabajan en una frecuencia de 125 KHz, lo que significa que se trata de un sistema de low frequency, los cuales

son utilizados en sistemas de lectura de corto alcance, como se puede apreciar en la tabla 2 del capítulo uno, el rango de lectura del prototipo desarrollado es de 2,5 cm, y se encuentra dentro de los parámetros de este tipo de sistemas.

Como se mencionó, si se desease comercializar el prototipo, el valor de desarrollo del sistema intervendría una sola vez, puesto que el mismo software sería utilizado en futuras implementaciones, por esta razón el costo de desarrollo sería devengado en cada implementación y el precio del prototipo reduciría.

Un beneficio adicional, que resultará de la implementación del prototipo, es la generación de una cultura de puntualidad, debido a que existirá un control efectivo en el ingreso del personal.

La implementación del prototipo, ayudará a optimizar el tiempo, en las actividades de la persona asignada a la recopilación de información de ingresos del personal, debido a que el sistema entrega esta información de manera automática (verificar tablas 18 y 20).

El servidor informático del sistema, debe cumplir con las características técnicas mínimas necesarias, de acuerdo a lo expuesto en la tabla 14.

El servidor informático asignado para el sistema del prototipo, puede ser bare metal (servidor físico), o en su defecto un servidor virtual, el cual debe cumplir con las características técnicas mínimas necesarias para el sistema, las mismas que son expuestas en la tabla 14 del capítulo dos.

El desarrollo, de este prototipo de control de acceso por RFID, se encuentra basado en hardware y software libre, gracias a este factor se da cumplimiento al decreto presidencial 1014, el cual impulsa la utilización de software libre en las diferentes implementaciones informáticas (Decreto presidencial 1014).

Finalmente, se puede concluir que el costo beneficio de este proyecto, es rentable para la empresa patrocinadora, de acuerdo al resultado obtenido de la relación costo-beneficio (verificar ecuación 8).

4.2 Recomendaciones

Como primera recomendación, en la implementación de este tipo de sistemas, es la verificación de la total compatibilidad entre sus componentes, específicamente al lector y tag, los cuales deben trabajar en una misma frecuencia, para este fin, se debe consultar sus respectivos Datasheet, de cada elemento a utilizar.

Como recomendación adicional, se puede mencionar, la instalación de un sistema de respaldo de energía eléctrica, para de esta manera contar con el servicio ininterrumpido del prototipo. Esto se puede lograr con la instalación de un UPS. La potencia requerida para el funcionamiento del prototipo, es de 9 W, debido a que utiliza un adaptador de poder el cual entrega un voltaje de 9 V y una corriente de 1 amperio, parámetros que se encuentran dentro del rango recomendado por el fabricante para el funcionamiento de arduino.

Puesto que la fórmula de la potencia es: $P = V \times I$.

$$P = 9 \times 1 = 9 \text{ W.}$$

El prototipo puede trabajar con normalidad, con un UPS diseñado para una estación de trabajo, el cual proporciona una potencia de 250 W y que además, es fácil de encontrar en el mercado nacional, de esta manera se contaría con el respaldo de energía deseado, además es recomendable trabajar con un UPS, para de esta manera brindar respaldo de energía a la cerradura eléctrica, la cual trabaja con un voltaje alterno de 110V.

La empresa Impremedios, debe proporcionar el respectivo respaldo de energía, para el servidor informático asignado para alojar el sistema de administración.

En el caso de existir restricciones en la red de datos, se recomienda contactarse con el administrador de infraestructura de red, para que brinde los respectivos permisos; y, así lograr conectividad entre el prototipo y el servidor asignado.

Entre los permisos necesarios, que se deben otorgar para el correcto funcionamiento de este prototipo se encuentran:

Asignación de dos direcciones IP estáticas, una de ellas para el prototipo y otra para el servidor del sistema.

Otorgar el respectivo permiso a nivel de red, para la utilización del puerto 1243, o en su defecto, asignar otro número de puerto para la conexión entre el prototipo y el software de consulta.

De existir ACL (listas de acceso) en la red, se debe ingresar las direcciones IP, tanto del servidor como del prototipo en la respectiva ACL. Esto permitirá, una correcta comunicación entre el prototipo y el servidor.

Pueden existir otros tipos de restricciones en la red de datos, tales como restricción en el firewall, antivirus, entre otros, estas restricciones deberán ser revisadas de manera conjunta con el administrador de red de la empresa, para así lograr un correcto funcionamiento del prototipo.

En lo pertinente a la instalación del prototipo, se debe tomar en cuenta que existe un cable multifilar de tres hilos, entre el modulo principal y secundario. Estos tres cables, cumplen con las funciones de polarización de la segunda tarjeta y transmisión de datos desde el módulo secundario hacia el primario. Por esta razón, se debe tomar las respectivas precauciones al momento de su instalación.

Código de colores del cable multifilar de tres hilos.

Rojo = Positivo, Azul = Negativo.

Verde con blanco = Trasmisión de datos de la placa secundaria a la principal.

Un aspecto importante, que puede ser tomado en cuenta, en una versión mejorada del prototipo, es la implementación de un registro biométrico mediante huella digital en lugar del teclado matricial. Con esto, se bridaría un mayor nivel de seguridad al ingreso y salida de las instituciones en donde pueden ser instaladas esta solución tecnológica.

En caso de robo o pérdida de un tag, registrado en el sistema, se recomienda, comunicase con el administrador, para que se elimine este tag de la base de datos, y así asegurarse que no exista una mala utilización del tag extraviado.

REFERENCIAS

- ALLDATASHEET.COM. (s.f). ULN 2803. Recuperado el 11 de noviembre 2015 de <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/12687/ONSEMI/ULN2803.html>.
- Alvarado, J. (2008). Sistema de Control de Acceso con RFID. Mexico, DF México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Arduino.cc. (sf). Arduino Mega Recuperado el 11 de noviembre 2015 de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560?setlang=en#>
- Bustamate, E. y Lozano, K. (2015). Desarrollo de Aplicación Web Basado en el Modelo de revisión continua y utilizando la Tecnología RFID para mejorar la Gestión de Inventarios de Vehículos Automotores Menores en la Empresa Lima Motor S.R.L. Peru, Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Boilestad y Nashelsky (2009). Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos.
- Cabascango, J. (2010). Diseño e Implementación de un Sistema de Autoprestamo de Libros para la Biblioteca de FIEE. Ecuador, Quito: Escuela Politécnica Nacional.FIEE. Ecuador, Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Casero, M. (2013). Tecnología de Identificación por Radio frecuencia. Lectura de pedidos RFID en un almacén. Peru, Rioja: Universidad de la Rioja.
- CreceNegocios.com (s.f). analisis costo beneficio. Recuperado el 13 de abril de 2016 de <http://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/>
- datateca.unad.edu.co. (s.f.). Introducción a las antenas. Recuperado el 08 de noviembre de 2015 de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_31_introduccion_a_las_antenas.html
- DocSlide (s.f.). Metodología Orientada a Prototipo. Recuperado el 11 e3 abril de 2016 de <http://documents.tips/documents/metodologia-orientada-a-prototipos.html>
- eeKFactory.mx. (s.f). Pantalla LCD 16x2 con PIC (Librería en C para HD44780)

- Recuperado el 12 de noviembre de 2015 de <http://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-pic/pantalla-lcd-16x2-con-pic-libreria/>
- ELECTRONILAB.CO. (s.f.). Ethernet Shield Con Wiznet W5100 Internet Para Arduino. Recuperado el 14 de noviembre de 2015 de <http://electronilab.co/tienda/ethernet-shield-con-wiznet-w5100-internet-para-arduino/>
- EngineersGarage. (s.f.). LCD Recuperado el 14 de noviembre de 2015 de <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet>
- Evans, D. (2011). Internet de las Cosas recuperado el 11 abril 2016 de http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf
- Galvis, J. y Taboada, A. (2010). RFID, una tecnología que se está tomando el mundo. Colombia Medellín: Universidad de Medellín.
- Gomez, L. (2012). Control de Pantallas Uoled por puerto serie usando un Microcontrolador Arduino Atmega2560 para representar animaciones. España, Madrid: Universidad Carlos III.
- ID-Innovations (s.f). ID-3LA Reader Module Advanced RFID Reader Technology.
Recuperado el 10 de septiembre de 2015 de <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID/ID-3LA.pdf>
- monografias.com. (s.f.). Control digital de apertura y temperatura de una ducha eléctrica. Recuperado el 15 de noviembre de 2015 de <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/control-digital-apertura-temperatura-ducha/control-digital-apertura-temperatura-ducha2.shtml>
- Montes, D. (2011). Aplicación de las tecnologías de auto identificación de personas. España, Gijon: Universidad de Oviedo.
- Montufar, D. y Vicuña, S. (2008). Diseño e Implementación de un Porototipo para un Sistema de Monitoreo de Personal vasado en RFID. Ecuador Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pérez, B. (2009). Metodología para el desarrollo de aplicaciones RFID: Un caso Práctico. México, México D.F : Instituto Politécnico Nacional.
- Portillo, J., Bermejo, A. y Bernardos, A. (2008). Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud. Recuperado el 16 de diciembre de 2015 de http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/Publicacion/Vigilancia-tecnologica/descargar_documentos/fichero.asp?id=VT13_RFID.pdf

Puga, D. (2015). Rediseño y Optimización de la Red de Voz y Datos del Centro de Convenciones Eugenio Espejo. Ecuador, Quito : Universidad de las Americas.

raspberrypi.org. (sf). Raspberry PI 2 Modelo B. Recuperado el 17 de noviembre de 2015 de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>

Ruiz, R. J. (2011). Tutorial sobre circuitos RFID. México, Puebla: Universidad de las Americas Puebla.

Skyscrapercity.com. (sf). skyscrapercity.com. Recuperado el 08 de noviembre de 2015 de <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1095571&page=27>

SparkFlu.com. (s.f). RFID ID 20 Recuperado el 08 de noviembre de 2015 de <https://forum.sparkfun.com/viewtopic.php?f=14&t=25360>

Sparkfun.com (s.f.). Darlington Conductor 8-Channel ULN2803 DIP. Recuperado el 07 de noviembre de 2015 de <https://www.sparkfun.com/products/312>

detotus.com. (sf). Teclado matricial 4x3. Recuperado el 05 noviembre de 2015 de <http://www.detotus.com/HT006%20TECLADO%204X3.pdf>

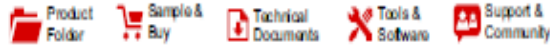
Velásquez, C. y Panchi, L. (2013). Implementación de un prototipo para la identificación, control de inventario y facturación de productos farmacéuticos utilizando tecnología rfid. Ecuador, Quito: Escuela Politécnica Nacional.

ANEXOS

ANEXO A

Especificaciones Técnicas

ULM280



ULN2803A

SLRS049G—FEBRUARY 1997—REVISED JANUARY 2015

ULN2803A Darlington Transistor Arrays

1 Features

- 500-mA-Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs: 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay-Driver Applications
- Compatible with ULN2800A Series

2 Applications

- Relay Drivers
- Hammer Drivers
- Lamp Drivers
- Display Drivers (LED and Gas Discharge)
- Line Drivers
- Logic Buffers

3 Description

The ULN2803A device is a high-voltage, high-current Darlington transistor array. The device consists of eight NPN Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of each Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be connected in parallel for higher current capability.

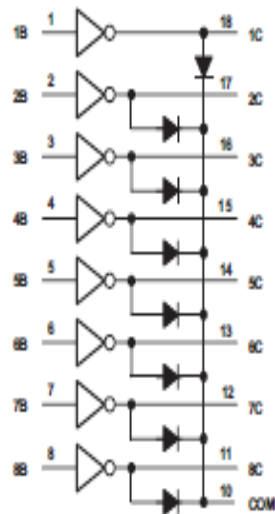
Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. The ULN2803A device has a 2.7-k Ω series base resistor for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.

Device Information⁽¹⁾

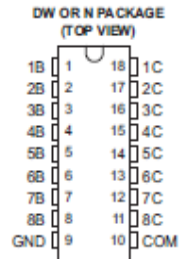
PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE (NOM)
ULN2803	SOIC (18)	11.50 mm X 7.50 mm
	PDIP (18)	22.48 mm X 6.35 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

4 Simplified Schematics



6 Pin Configuration and Functions



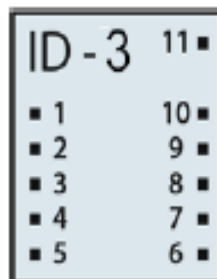
Pin Functions

NAME	PIN		TYPE	DESCRIPTION
	NO.			
<1:8>B	1 - 8		I	Channel 1 through 7 darlington base input
<1:8>C	18 - 11		O	Channel 1 through 7 darlington collector output
GND	7		—	Common Emmitter shared by all channels (typically tied to ground)
COM	8		VO	Common cathode node for flyback diodes (required for inductive loads)

1. Overview

ID-3LA is a small footprint reader module that uses an external antenna and has read ranges up to 30cm using Innovations Clamshell cards. The reader supports ASCII, Wiegand26 and Magnetic ABA Track2 data formats.

2. Pin Out ID-3LA (standard)



Bottom View

Fig. 1

1. GND
2. RES (Reset Bar)
3. ANT (Antenna)
4. ANT (Antenna)
5. CP
6. Tag in Range (Future)
7. +/- (Format Selector)
8. D1 (Data Pin 1)
9. D0 (Data Pin 0)
10. Read (LED / Beeper)
11. +2.8V thru +5V



3. Devices Operational and Physical Characteristics

Parameter	ID-3LA
Approx. Case Dimensions	20.5 mm x 22 mm x 6.2 mm
Frequency	125 kHz
Card Format	EM 4001 or compatible
Encoding	Manchester 64-bit, modulus 64
Power Requirement	+2.8 thru +5 VDC
I/O Output Current	+/- 200mA PK

4. Data Formats

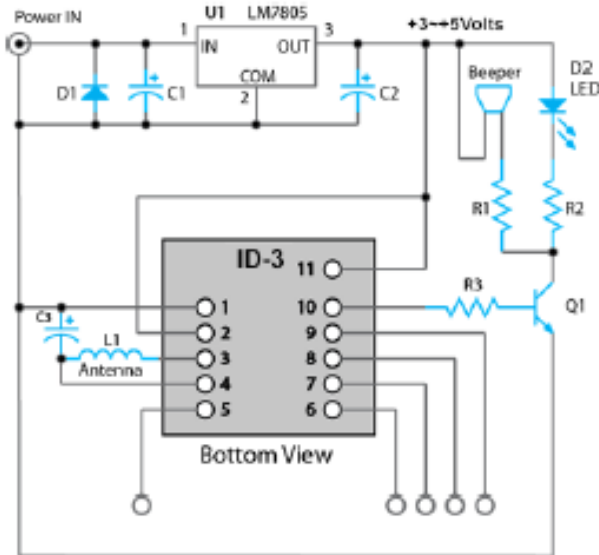
Output Data Structure - ASCII - 9600 Baud, No Parity, 1 stop bit.

Output = CMOS (Push Pull) 0-Vdd

STX (02h)	DATA (10 ASCII)	CHECK SUM (2 ASCII)	CR	LF	ETX (03h)
-----------	-----------------	---------------------	----	----	-----------

Example for Calculation of Checksum for Output type '1'

8. Circuit Diagram for the ID-3LA



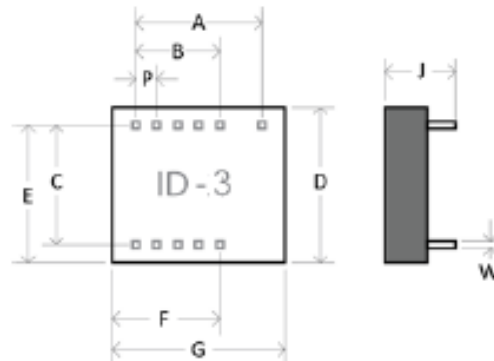
Parts List	
Part #	Value Max.
R1	100R
R2	4K7
R3	2K2
C1	10uF 25v electrolytic
C2	1000uF 10v electrolytic
C3	Only used if L1 is less than 1.337mH*
Q1	BC457 or similar
D1	1N4001
D2	Red or Green LED
L1	1.337mH
Beeper	2.7kHz - 3kHz 5v PKPK AC

* See Sections 12 & 13

Fig. 6

9. Dimensions (mm)

ID-3LA			
	Nom.	Min.	Max.
A	12.0	11.6	12.4
B	8.0	7.6	8.4
C	15.0	14.6	15.4
D	20.5	20.0	21.5
E	18.5	18.0	19.2
F	14.0	13.0	14.8
G	22.0	21.6	22.4
P	2.0	1.8	2.2
H	5.92	5.85	6.6
J	9.85	9.0	10.5
W	0.66	0.62	0.67



Raspberry PI 2B

[BLOG](#)[DESCARGAS](#)[COMUNIDAD](#)[AYUDA](#)[FOROS](#)

Esta página se ha traducido. [Con](#)

El Raspberry Pi 2 Modelo B es la segunda generación de Raspberry Pi. Sustituyó el original [Raspberry Pi 1 Modelo B +](#) en febrero de 2015. En comparación con el Raspberry Pi 1 tiene:

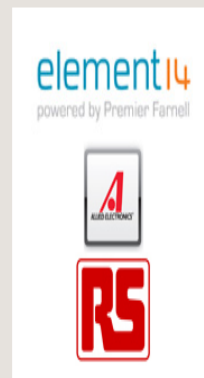
- Un 900MHz de cuatro núcleos de CPU ARM Cortex-A7
- 1 GB de RAM

Al igual que el (Pi 1) Modelo B +, también tiene:

- 4 puertos USB
- 40 pines GPIO
- Puerto HDMI Full
- Puerto Ethernet
- Conector de audio de 3,5 mm combinado y video compuesto
- Interfaz de la cámara (CSI)
- Interfaz de pantalla (DSI)
- Ranura para tarjeta Micro SD
- Núcleo de gráficos VideoCore IV 3D

Debido a que tiene un procesador ARMv7, puede funcionar la gama de distribuciones ARM GNU / Linux, incluyendo Snappy Ubuntu Core, así como Microsoft Windows 10 ([ver el blog](#) para más información).

COMPRA DE NUESTROS DISTRIBUIDORES



COMPRA DE NUESTRO SWAG DE TIENDA



Distribución de pines Arduino Mega 2560

RESET
3.3V
5V
GND
GND
Vin

ANALOG IN
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12
A13
A14
A15

DIGITAL I/O
D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7
D8
D9
D10
D11
D12
D13
D14
D15
D16
D17
D18
D19
D20
D21
D22
D23
D24
D25
D26
D27
D28
D29
D30
D31
D32
D33
D34
D35
D36
D37
D38
D39
D40
D41
D42
D43
D44
D45
D46
D47
D48
D49
D50
D51
D52
D53

POWER
GND
5V
3.3V
RESET

USB
D+
D-
GND

FUNCTIONS
RD Ext Mem
*PWM 5A D44 : PL 5 44
*PWM 5B D45 : PL 4 45
*PWM 5C D46 : PL 3 46
*PWM 5D D47 : PL 2 47
*PWM 5E D48 : PL 1 48
*PWM 5F D49 : PL 0 49
ICP T5 D48 : PL 1 48
ICP T4 D49 : PL 0 49
SPI MISO D50 : PB 3 50
SPI SCK D52 : PB 1 52
SPI SS D53 : PB 0 53

AREF
GND
GND
GND

D13 : PB 7 | PWM T0A, Pin Int 7
D12 : PB 6 | PWM T1B, Pin Int 6
D11 : PB 5 | PWM T1A, Pin Int 5
D10 : PB 4 | PWM T2A, Pin Int 4
D9 : PH 6 | PWM T2B
D8 : PH 5 | PWM T4C
D7 : PH 4 | PWM T4B
D6 : PH 3 | PWM T4A
D5 : PE 3 | PWM T3A
D4 : PG 5 | PWM T0B
D3 : PE 5 | PWM T3C, INT5
D2 : PE 4 | PWM T3B, INT4
D1 : PE 1 | USART0 TX
D0 : PE 0 | USART0 RX, pin Int 8
D14 : PJ 1 | USART3 TX, Pin Int 10
D15 : PJ 0 | USART3 RX, Pin Int 9
D16 : PH 1 | USART2 TX
D17 : PH 0 | USART2 RX
D18 : PD 3 | USART1 TX, Ext Int 3
D19 : PD 2 | USART1 RX, Ext Int 2
D20 : PD 1 | I2C SDA, Ext Int 1
D21 : PD 0 | I2C SCL, Ext Int 0

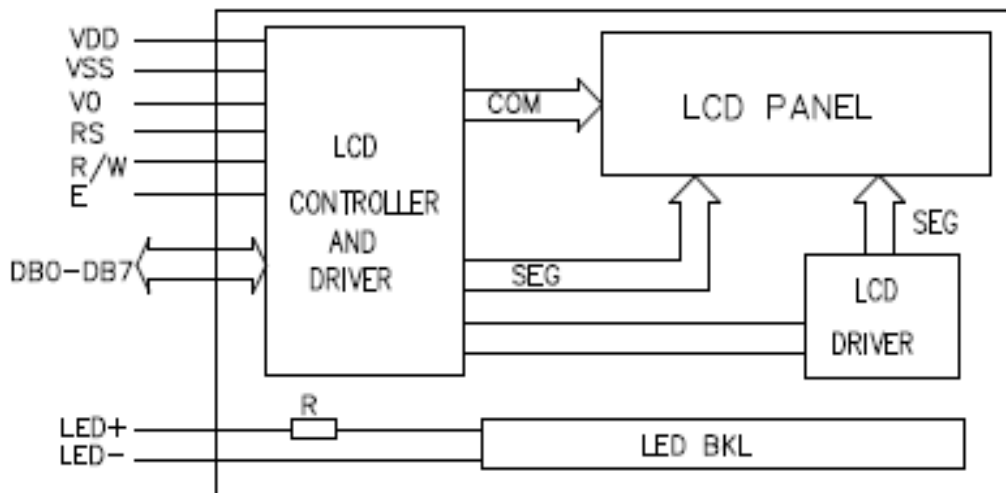
5V
D23 : PA 1 | Ext Memory addr bit 1
D25 : PA 3 | Ext Memory addr bit 3
D27 : PA 5 | Ext Memory addr bit 5
D29 : PA 7 | Ext Memory addr bit 7
D31 : PC 6 | Ext Memory addr bit 14
D33 : PC 4 | Ext Memory addr bit 12
D35 : PC 2 | Ext Memory addr bit 10
D37 : PC 0 | Ext Memory addr bit 8
D39 : PG 2 | ALE Ext Mem
D41 : PG 0 | Wr Ext Mem
D43 : PL 6
D45 : PL 4
D47 : PL 2
D49 : PL 0
D51 : PB 2
D53 : PB 0

AIN
(D54) PF 0 : AIN0
(D55) PF 1 : AIN1
(D56) PF 2 : AIN2
(D57) PF 3 : AIN3
(D58) PF 4 : AIN4
(D59) PF 5 : AIN5
(D60) PF 6 : AIN6
(D61) PF 7 : AIN7
(Pin Int 16) (D62) PK 0 : AIN8
(Pin Int 17) (D63) PK 1 : AIN9
(Pin Int 18) (D64) PK 2 : AIN10
(Pin Int 19) (D65) PK 3 : AIN11
(Pin Int 20) (D66) PK 4 : AIN12
(Pin Int 21) (D67) PK 5 : AIN13
(Pin Int 22) (D68) PK 6 : AIN14
(Pin Int 23) (D69) PK 7 : AIN15

4. Absolute maximum ratings

Item	Symbol	Standard			Unit
Power voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	0	-	7.0	V
Input voltage	V_{IN}	VSS	-	VDD	
Operating temperature range	V_{OP}	0	-	+50	°C
Storage temperature range	V_{ST}	-10	-	+60	

5. Block diagram



6. Interface pin description

Pin no.	Symbol	External connection	Function
1	V _{SS}	Power supply	Signal ground for LCM
2	V _{DD}		Power supply for logic for LCM
3	V ₀		Contrast adjust
4	RS	MPU	Register select signal
5	R/W	MPU	Read/write select signal
6	E	MPU	Operation (data read/write) enable signal
7~10	DB0~DB3	MPU	Four low order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU and the LCM. These four are not used during 4-bit operation.
11~14	DB4~DB7	MPU	Four high order bi-directional three-state data bus lines. Used for data transfer between the MPU
15	LED+	LED BKL power supply	Power supply for BKL
16	LED-		Power supply for BKL

Anexo E



CERTIFICADO

A quien corresponda

Por medio de la presente, Yo, Norma Intriago, gerente general y representante legal de la empresa Impremedios S.A. certifico que el tiempo de atraso promedio del personal, en el horario de ingreso a sus labores, es aproximadamente de 110 minutos al mes.

Quito, 20 de abril del 2016.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Norma Intriago", is written over a faint, light blue rectangular stamp area.

Norma Intriago
GERENTE GENERAL IMPREMEIOS S.A.



CERTIFICADO

A quien corresponda

Por medio de la presente, Yo, Norma Intriago, gerente general y representante legal de la empresa Impremedios S.A. tengo a bien indicar que le prototipo tecnológico realizado por el Sr. Wilson Delgado cumple con los requisitos que en este momento demanda la empresa a la que represento.

El atraso de los trabajadores, es un tema que ha demandado de esfuerzos de motivación al personal e incluso ha llegado a ser motivo de reclamos y memos. Por tal razón, el contar con este insumo considero que va a beneficiar al desempeño de la empresa.

En tal virtud, a nombre de la empresa agradecemos y hacemos extensivo este aporte también a la Universidad que él representa.

Quito, 20 de abril del 2016.

Átentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Norma Intriago', is written below the closing text.

Anexo F

2	ZK-PS9028 Botón de salida de proximidad con sensor laser (don't touch)	2	28,00	56,00
3	Cerradura Electromagnética de 600 lbs , incluye accesorios de montaje para puerta de aluminio y vidrio	2	120,00	240,00
4	Brazo cierra puertas	2	110,00	220,00
CONTROL DE ACCESOS CENTRO DE DATOS				
5	Cod. AR-837EFSI Lector de huella digital de control de asistencia & acceso 1 puerta con conexión tcp/ip (incluida), pantalla lcd, lectora de proximidad, pin, memoria 11000 eventos con opción: stand alone, reporte a pc (opcional: ar-321cm). tamper de protección. soporta lectora de salida (ar-721ubx) o boton de salida. inc. software.. Incluye batería de respaldo 4 Amp/ H	1	538,00	538,00
6	Cod.AR-727CM Convertidor RS232/RS485 a TCP/IP	1	127,00	127,00
7	Cerradura electromagnética de 600 lbs. Incluye accesorios de montaje para puerta de aluminio y vidrio	1	120,00	120,00
8	ZK-PS9028 Botón de salida de proximidad con sensor laser (don't touch)	1	28,00	28,00

Quito, 26 de Mayo del 2015	REF:	26052015MP-01
CLIENTE: DIRECCION : LADRON DE GUEVARA E11-253 TELEFONO: 2976300 RUC: 1760005620001 ASUNTO: OFERTA CONTROL DE ACCESOS		

Por medio de la presente me es grato remitir a Uds. nuestra oferta para la provisión de una solución de control de accesos para puerta principal, posterior y Centro de Datos

Ítem	Descripción	Cant	PVP	Total
CONTROL DE ACCESOS PUERTA PRINCIPAL Y POSTERIOR DGIP				
1	Cod. AR-321 HBR Control de asistencia y acceso 1 puerta metálico con lectora de proximidad y teclado touch, memoria 1200 eventos y con opción: stand alone, reporte a pc (opcional: ar-321cm) o reporte por red (opcional:ar-727cm). tamper de protección. soporta lectora de salida (ar-721ubx) o boton de salida. Incluye batería de respaldo 4AMP /H	2	133,00	266,00

10	Botón de apertura manual en caso de emergencia	3	65,00	195,00
11	ZK-IDPROX Tarjeta proximidad simple	50	2,10	105,00
12	Fuente de para control de accesos 5AMP.	3	45,00	135,00
SERVICIOS DE INGENIERIA / INSTALACIONES				
13	Servicio Técnico de instalación, materiales , configuración y puesta en funcionamiento del sistema	1	650,00	650,00
			SUBTOTAL U.S \$	2790,00
			IVA 12%	334,80
			TOTAL U.S \$	3124,80