

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



“Diseño e implementación de un sistema de acceso vehicular de bajo costo para la municipalidad de Orotina”

Informe de Proyecto de Graduación por el título de Ingeniero en Electrónica Con el grado académico de Licenciatura

Carlos Alberto Alfaro Herrera

200848927

II Semestre 2017

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN

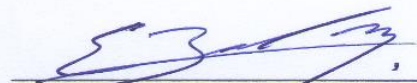
**Defensa de Proyecto de Graduación
Requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica
Grado Académico de Licenciatura
Instituto Tecnológico de Costa Rica**

El Tribunal Evaluador aprueba la defensa del proyecto de graduación denominado “Diseño e implementación de un sistema de acceso vehicular de bajo costo para la municipalidad de Orotina”, realizado por el señor Carlos Alberto Alfaro Herrera y, hace constar que cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

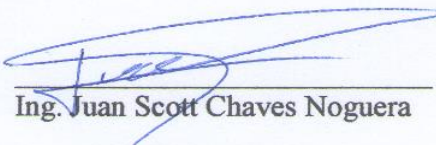
Miembros del Tribunal Evaluador


Ing. Carlos Mauricio Segura Quirós

Profesor lector


Ing. Esteban Baradin Mendez

Profesor lector


Ing. Juan Scott Chaves Noguera
Profesor asesor

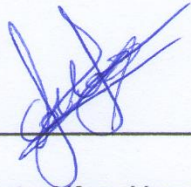
Cartago, 15 de Junio del 2018

Declaratoria de autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado, en su totalidad por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado material bibliográfico, he procedido a indicar las fuentes mediante citas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.



Carlos Alberto Alfaro Herrera

Cédula: 4 0207 0103

Junio 2018

Resumen

Actualmente la Municipalidad de Orotina cuenta con un plantel donde permanecen las distintas flotillas vehiculares de los diferentes departamentos, al mantener todos estos vehículos en un mismo lugar permitió centralizar las salidas de los vehículos, aparte de la seguridad que esto provee.

Actualmente la idea de tener centralizado los vehículos de los departamentos en el plantel permite atender cualquier diligencia o emergencia de forma rápida, aunque esto genera un desorden en el manejo de los diferentes vehículos dado que muchos de estos son usados por personal de otros departamentos a los que pertenecen los vehículos.

Por tal se hace necesario contar con un sistema que organice toda la flota vehicular según el departamento al cual pertenece el vehículo y los asigne acorde a los departamentos.

Este sistema de control de accesos sirve de base para el mejoramiento de la seguridad de los vehículos, de forma que solos el personal perteneciente a un departamento pueda hacer uso de los vehículos de dicho departamento, y al implementar un registro de asignaciones para cada vehículo, así como tener un doble de comprobación a la salida del plantel para confirmar o negar la salida de los vehículos.

Palabras clave: control de acceso, base de datos, seguridad, registro, RFID, DSP

Abstract

Currently the Municipality of Orotina has a campus where the different vehicle fleets of the different departments, all these vehicles in the same place, centralize the exits of the vehicles, in addition to the security that this provides.

Currently the idea of having centralized the vehicles of the departments in the campus allows to change immediately, although this generates a disorder in the handling of different vehicles that many of these are used by personnel of other departments to which the vehicles belong.

Why it is necessary to have a system that organizes the entire vehicle fleet according to the department to which the vehicle belongs and the countries according to the departments.

This access control system serves to improve the safety of vehicles, individually, so that personnel belonging to a department can use the vehicles of said department, and to implement an allocation record for each vehicle, as well as Like having a double check at the exit of the campus to confirm or deny the departure of vehicles.

Keywords: access control, database, security, registry, RFID, DSP

DEDICATORIA

A mi madre y padre, por todo el sacrificio y esfuerzo que ha hecho por mí, que a pesar de todas las dificultades, ellos siempre han estado a mi lado apoyándome para seguir adelante, por el apoyo incondicional en cada paso que he dado, por estar ahí y extenderme una mano cada vez que caía, por ayudarme a cumplir mis metas y superar los obstáculos que se me presentan; por todos los sabios consejos que me han brindado a lo largo de mi vida que han sido de gran ayuda para mi desarrollo profesional y personal, pero en especial por su gran cariño, apoyo y dedicación, que me brinda día a día.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por permitirme llegar hasta aquí y ayudarme a no rendirme, al darme las fuerzas para continuar.

A mi familia, por ser el pilar de donde me sostengo y me permite a seguir adelante a pesar de las dificultades, por sus palabras de apoyo, sus regaños, sus consejos, su comprensión, su paciencia; pero sobre todo por su cariño y amor incondicional.

A Luis Castillo, por su apoyo y consejos, que me ha brindado a lo largo de mi carrera, que de forma desinteresada me ha brindado su amistad, y por todos los momentos de alegría que no tiene idea cuanto he disfrutado.

A Mis abuelos, tías y tíos, que a pesar de la distancia me han apoyado y me ha brindado su cariño, consejos y por sus regaños que solo busca lo mejor de mí.

A todos mis amigos, compañeros de universidad en todos estos años, que de alguna u otra manera me han ayudado a llegar hasta aquí, es especial a Lis Adrián, Ariel, Luis Espinoza, Alejandro, Franz, Juan Carlos, Irene, Laura, Paola.

Al personal de la Municipalidad de Orotina, por todo el apoyo brindado a lo largo del proyecto, en especial a la señora alcaldesa MSc Margot Montero, por la confianza y la oportunidad de realizar mi proyecto, al Diplo. Jean Carlos Vargas, al Lic. Adrian Laurent y a los miembros del área de servicios por toda la ayuda brindada a lo largo del mismo.

¡Gracias a todos!

ÍNDICE GENERAL

1	Reseña.	15
1.1	Entorno del Proyecto.	15
1.2	Objetivo General.	18
1.3	Objetivos Específicos.	18
2	Marco teórico.	20
2.1	Tecnologías de control de acceso.	20
2.1.1	Control de acceso peatonal.	20
2.1.2	Control de Personal.	21
2.1.3	Control De Acceso Vehicular.	22
2.1.4	Memorias o botones de contacto.	29
2.2	Microcontrolador.	29
2.3	IP/TCP.	30
2.4	USB.	32
2.5	SPI.	33
2.6	Memoria SD.	35
2.7	Cámara.	37
2.8	Servidor WEB.	38
2.9	Base de Datos.	38
2.10	Relé.	39
2.10.1	Electromecánicos.	40

2.10.2	Estado Sólido.	40
2.11	Pantalla Táctil.	41
2.11.1	Pantalla resistiva.	41
2.11.2	Pantalla capacitiva.	42
3	Diseño e implementación de un sistema de control de acceso vehicular.	44
3.1	Selección de la tecnología a utilizar.	44
3.2	Análisis y Selección final de la solución.	46
3.2.1	Primer propuesta: Sistema de acceso vehicular y control Full Custom.	46
3.2.2	Segunda Propuesta: Compra de un sistema de control de acceso vehicular comercial.	47
3.2.3	Tercer propuesta: Sistema basado en software y hardware libre.	48
3.3	Comparación y selección de la solución.	48
3.3.1	Costo.	49
3.3.2	Disponibilidad.	50
3.3.3	Tiempo.	50
3.3.4	Flexibilidad	50
3.3.5	Funcionabilidad.	50
4	Desarrollo del concepto de diseño.	52
4.1	Lector de tarjetas RFID.	52
4.2	Lector RFID a distancia.	54
4.2.1	Selección Lector RFID a distancia.	54

4.3	Respaldo de energía. -----	55
4.3.1	Selección del Respaldo de energía. -----	56
4.4	Microcontrolador. -----	57
4.4.1	Familia Arduino.-----	57
4.4.2	Fundación Raspberry Pi. -----	58
4.5	Base de datos. -----	60
4.5.1	Selección de la Base de datos.-----	61
4.6	Servidor web. -----	61
4.6.1	Selección del Servidor web. -----	62
4.7	Cámara. -----	63
4.7.1	Selección de la Cámara -----	63
4.8	Relé.-----	64
4.8.1	Selección del Relé -----	65
4.9	Pantalla-----	66
4.9.1	Selección de la Pantalla -----	66
4.10	Implementación del Control de Acceso -----	68
4.10.1	Conexión de la pantalla-----	68
4.10.2	Conexión del módulo MFRC 522. -----	69
4.10.3	Conexión del sistema de respaldo.-----	71
4.10.4	Conexión e instalación de la Cámara.-----	72
4.10.5	Conexión de los Concave Button. -----	74

4.10.6	Conexión del Módulo XBee Explorer	76
4.10.7	Conexión del Módulo Periférico.	77
5	Costos	83
6	Análisis y Resultados.	85
6.1	Lector MFRC 522	85
6.2	Pantalla Pi TFT LCD	88
6.3	OpenALPR (Automatic License Plate Recognition)	91
6.4	PiCamera	94
6.5	Comunicación.	97
6.6	Lector Nano M6E.	99
6.7	Etapas de Potencia.	101
7	Conclusiones	103
8	Recomendaciones.	104
9	Bibliografía.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Diagrama simplificado de un control de acceso vehicular [2].-----	16
Figura 2-1 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso peatonal. [5]-----	21
Figura 2-2 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso de personal. [5]----	21
Figura 2-3 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso vehicular. [2]-----	22
Figura 2-4 Diagrama de sistemas RFID. [7]-----	23
Figura 2-5 Lector RFID NFC SL600. [8]-----	23
Figura 2-6 Tag Pasivo Tipo Llavero [9]-----	24
Figura 2-7 Tag Activo RFID [10]-----	24
Figura 2-8 Tag Activo RFID. [11]-----	25
Figura 2-9 Estructura de un filtro de respuesta al impulso finito (FIR). [14]-----	26
Figura 2-10 Representaciones numéricas comunes en los DSP comerciales. [14]-----	27
Figura 2-11 (Arriba) Formato de coma flotante IEEE-754; 1 bit de signo, 8 de exponente y 23 de mantisa. (Abajo) Formato de coma fija; 1 bit de signo y 31 bits significativos. [14]-	28
Figura 2-12 Memoria de Contacto. [16]-----	29
Figura 2-13 Esquema de un Microcontrolador. [19]-----	30
Figura 2-14 Símbolo USB. [22]-----	32
Figura 2-15 SPI Maestro con tres Esclavos. [25]-----	34
Figura 2-16 Modos de operación del SPI: (a) modelos A, (b) Modelos B, (c) Modelos C, (d) Modelos D. [24]-----	35
Figura 2-17 Tipos de memoria SD. [27]-----	36
Figura 2-18 Tabla de los tipos de velocidad de las tarjetas SD. [28]-----	37

Figura 2-19 Principio de la cámara oscura. [29] -----	37
Figura 2-20 Símbolo Base de Datos [32] -----	39
Figura 2-21 Símbolo del Relé [35] -----	40
Figura 2-22 Partes de un Relé de Armadura [36]-----	40
Figura 2-23 Relé de Estado Sólido. [37] -----	41
Figura 2-24 Diagrama de una pantalla táctil resistiva. [38]-----	42
Figura 2-25 Diagrama de una pantalla táctil capacitiva. [40] -----	43
Figura 3-1 Sistema comercias RFID de control de acceso [41] -----	47
Figura 3-2 Sistemas comerciales ALPR de control de acceso. [42]-----	48
Figura 4-1 Diseño modular del sistema de control de acceso vehicular -----	52
Figura 4-2 Gráfica de las características de los Lectores RFID a distancia. -----	55
Figura 4-3 Gráfica de las características de los diferentes Respaldos de energía. -----	56
Figura 4-4 Gráfica Comparativa de los Microcontroladores -----	60
Figura 4-5 Características de las Bases de Datos -----	61
Figura 4-6 Gráfico de las características técnicas de los Servidores Web. -----	62
Figura 4-7 Gráfica de las características de las Cámara. -----	64
Figura 4-8 Gráfica de las características de los Relé-----	65
Figura 4-9 Gráfica de las características de las Pantallas -----	67
Figura 4-10 Distribución de Pines del Raspberry Pi 3 [65]-----	68
Figura 4-11 Distribución de Pines de la pantalla Pi TFT LCD. [63]-----	69
Figura 4-12 Distribución de Pines del MFRC 522 [68] -----	70

Figura 4-13 Conexión lector MFRC 522 con la Raspberry Pi 3 [67]-----	71
Figura 4-14 PowerBoost 1000 [48] -----	72
Figura 4-15 Pi Cámara -----	72
Figura 4-16 Conexión de la Pi Cámara en la la Raspberry Pi 3. -----	73
Figura 4-17 Concave Button [70].-----	74
Figura 4-18 Circuito para la conexión de los concave button. -----	75
Figura 4-19 Cable USB a mini USB [72] -----	77
Figura 4-20 Código para la inicialización del M6E Nano. -----	78
Figura 4-21 Distribución de pines Placa Arduino Uno. [73]-----	80
Figura 5-1 Prueba de Lectura del Módulo MFRC 522.-----	85

1 Reseña.

En este capítulo se realizara una breve explicación del entorno, así como la importancia de su implementación, con el propósito de relacionar al lector con el tema a tratar en el proyecto.

1.1 Entorno del Proyecto.

Actualmente el cantón de Orotina presenta grandes oportunidades y un potencial desarrollo, lo cual lo hace un lugar privilegiado dentro de Costa Rica para que se generen proyectos de interés cantonal, regional y nacional, debido a la ubicación geográfica del mismo, su cercanía al puerto de Puntarenas, así como de la capital de San José, se toma en consideración para la apertura de un posible aeropuerto [1].

Pero para realizar lo descrito se necesita crear un municipio moderno y con un gran desarrollo tanto tecnológico, económico, social y ambiental, que permita atender de manera efectiva a los ciudadanos como a las empresas, para poder efectuarlo, la flota vehicular con la que cuenta cada departamento de la municipalidad se debe organizar de forma ágil y organizada, incluida también la maquinaria pesada la cual solo ciertos departamentos están autorizados a utilizar. Para esto se desea realizar un sistema para el control y monitoreo de la asignación de vehículos al personal de la municipalidad que dé como resultado la reducción del tiempo de atención a los problemas en diferentes partes de cantón, y evitar el extravío momentáneo de vehículos, sus principales características son:

- ✓ Las principales características de este sistema de control de acceso vehicular se enumeran a continuación:
- ✓ Ahorro en personal extra dedicado a la vigilancia y control de acceso vehicular.
- ✓ Mayor seguridad con registros de entradas y salidas, horarios, grupos de acceso, zonas permitidas.
- ✓ Base de datos con toda la información necesaria: placas, descripción del vehículo, propietario, datos de contacto y toda la información que se considere necesaria para un correcto control de acceso vehicular.

- ✓ Ingreso y egreso de automóviles de forma controlada y organizada.
- ✓ Asociación de las placas con la identificación del conductor para mayor seguridad.
- ✓ Evitar que vehículos de un departamento sean asignados a personal de otro departamento sin autorización previa por el jefe del departamento.
- ✓ Tener un registro del uso dado a los vehículos por cada empleado de la municipalidad y evitar los extravíos momentáneos de los vehículos.

Cada día se hace más necesario controlar y monitorear tanto retiros como entregas de los vehículos del plantel municipal, con tal de conocer la persona responsable por el vehículo en uso en caso de alguna emergencia [2]. Los controles de acceso están enfocados en tres simples preguntas: ¿quién?, ¿cuándo? y ¿cómo? [3]; Pero para este proyecto solamente nos enfocaremos en el ¿quién? y ¿cuándo?, en otras palabras ¿quién solicitó el acceso al vehículo? y ¿cuándo realizó la solicitud?

De forma simplificada, un sistema de control de acceso vehicular se basa en la implementación de un sistema de alimentación, un panel control que manejará las bases de datos y tendrá las asignaciones de los vehículos, además algún tipo de emisor y de lector que activar un mecanismo de apertura para permitir la salida y/o entrada de un vehículo a un área específica, como se puede apreciar en la Figura 1-1 Diagrama simplificado de un control de acceso vehicular..

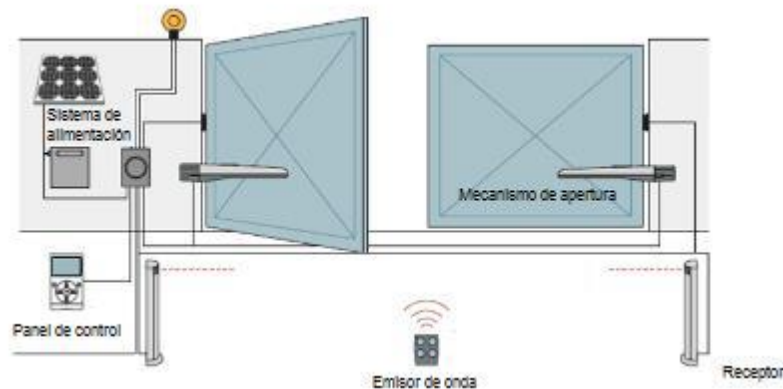


Figura 1-1 Diagrama simplificado de un control de acceso vehicular [2].

Actualmente existe una gran gama de tecnologías que pueden ayudarnos a suplir esta necesidad, entre las cuales están:

- ✓ Reconocimiento de placas.
- ✓ Acceso vehicular RFID identificación por radio frecuencia.
- ✓ Barreras vehiculares automáticas.
- ✓ Brazos electromagnéticos.

Sin importar cuál de estas tecnologías se aplique se logra una serie de ventajas al aplicar un sistema de control de acceso, como lo son:

- ✓ Agilizar el proceso de asignación vehicular, minimizando considerablemente el tiempo.
- ✓ Almacenamiento automático de la información relativa a la solicitud del vehículo: usuario, vehículo asignado, tiempo de uso del vehículo.

1.2 Objetivo General.

Diseñar un sistema de control de acceso vehicular de fácil uso y bajo costo, que implemente el procesamiento de imágenes, reconocimiento por medio de radio frecuencia (RFID), y un panel central con interfaz gráfica para la realización de asignaciones de la flota vehicular de la municipalidad de Orotina.

Indicador: El sistema realizará las asignaciones de los vehículos al personal municipal mediante el uso de una pantalla táctil y tag's RFID, y además se hará uso de una cámara que logrará facilitar el reconocimiento de placas para así lograr controlar el tránsito de los vehículos por el plantel.

1.3 Objetivos Específicos.

- Implementar una base de datos local con comunicación al servidor municipal, que permita tanto lectura como escritura de los datos de forma constante.

Indicador: Debe cumplir con las características de ser constantemente modificada por el panel central (nodo principal), almacenar la información del personal municipal tanto el nombre, cedula, departamento, ID del personal municipal, tipo de licencia, así como la información de la flota vehicular tanto la placa, el tag del vehículo, departamento del vehículo. Además deberá contar con un registro que almacene la información del vehículo como la del usuario solicitante, placa, tag del vehículo, departamento del vehículo, nombre del usuario, departamento del usuario, ID del personal municipal del usuario, horario de uso.

- Diseñar un panel central que administre las asignaciones de los vehículos al personal municipal autorizado por medio de RFID, mediante el uso de la base de datos y que cuente con una interfaz gráfica, así como también establecer una comunicación inalámbrica con las barreras automáticas.

Indicador: La asignación se comprobará mediante la lectura de las tarjetas de identificación del personal (tag) y la información presente en la base de datos, la interfaz gráfica debe ser atractiva e intuitiva para el usuario facilitando las asignaciones o devoluciones en cuestión de segundos (no más de 30 segundos). Por último la comunicación inalámbrica debe ser full dúplex y contar con un protocolo UART.

- Implementar un sistema de control secundario ubicado en las barreras automáticas, que mediante el uso del procesamiento de imágenes (DSP) y reconocimiento por radio frecuencia (RFID) permita o niegue el libre tránsito en el plantel por medio de las barreras automáticas.

Indicador: Comprobar la lectura RFID de los tag en los vehículos a una distancia no menor de 2 metros con las barreras automáticas, y mediante la captura de una imagen en la parte posterior de vehículo verificar que número de placa coincida con la lista de los vehículos autorizados a salir o entrar al plantel.

- Diseñar una etapa de conversión de potencia para pasar de una señal digital a una entrada de potencia para un motor CD, y que esta cuente con una protección para el control secundario.

Indicador: Pasar de una señal digital a una potencia necesaria para la activación de un motor CD, a una velocidad constante (aún por definir) hasta alcanzar un ángulo de con respecto a su posición inicial, y que brinde una protección de paso al circuito de control en caso de algún retorno proveniente del motor.

2 Marco teórico.

En este capítulo se detallan los principales conceptos involucrados en el diseño del proyecto, como son las tecnologías de identificación para vehículos, protocolos de comunicación y programas utilizados.

2.1 Tecnologías de control de acceso.

De manera general un control de acceso, se refiere a un mecanismo que en función de una identificación ya refrendada permite el acceso a datos o recursos. [4] Por ejemplo, es usual encontrar controles de acceso por software cuando ingresa una contraseña para desbloquear el celular o acceder al correo electrónico, en estos casos se usa un control de acceso para poder realizar un manejo de la información deseada.

Los controles de acceso están enfocados en tres simples preguntas: ¿quién?, ¿cuándo? y ¿cómo? [3]; En otras palabras ¿quién está autorizado a entrar o salir?, ¿cuándo entrará o saldrá del lugar? y ¿cómo lo realizará?

En la actualidad, existen tres tipos de control de acceso destacados: control de acceso peatonal, control de personal y control de acceso vehicular.

2.1.1 *Control de acceso peatonal.*

Los sistemas de control de accesos peatonales se implementan para tener el control de todo el personal que transita en un espacio público o privado, asegurando el paso de personas que cuentan con un libre tránsito y restringiendo el paso de personas no autorizadas en áreas específicas. En la Figura 2-1 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso peatonal. se muestran algunos ejemplos del control de acceso peatonal.



Figura 2-1 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso peatonal. [5]

2.1.2 Control de Personal.

Un adecuado sistema de control de personal es esencial para la buena administración en una empresa o un negocio, se trata de manejar el control de entrada y salida de los empleados para mejorar la productividad, con seguimiento de horarios, grupos de acceso, zonas permitidas/restringidas y la certeza de un incremento en la productividad de la empresa. En la Figura 2-2 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso de personal. se muestran algunos ejemplos del control de personal.



Figura 2-2 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso de personal. [5]

2.1.3

Control De Acceso Vehicular.

Los sistemas de control de accesos vehicular se implementan para tener el control de los vehículos que circulan por un espacio público o privado, asegurando el paso de los vehículos permitidos y restringiendo a aquellos que no estén autorizados. Al integrar un sistema de control de accesos vehicular, podemos tener el control total tanto de los residentes como de los visitantes. En la Figura 2-3 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso vehicular. se muestran algunos ejemplos del control vehicular.



Figura 2-3 Ejemplo de las distintas tecnologías de control de acceso vehicular. [2]

Con respecto al área de interés de este proyecto, se hará uso únicamente de las tecnologías de acceso vehicular de las cuales se citarán los tres tipos más usados a continuación:

2.1.3.1 Sistema RFID.

El sistema de identificación por radiofrecuencia o RFID (Radio Frequency Identification, por sus siglas en inglés), es una tecnología para la identificación de objetos a distancia sin necesidad de contacto físico o visual. [6] Se requiere lo que se conoce como etiqueta o tag RFID, que consiste en un microchip que va adjunto a una antena de radio, que servirá para identificación unívoca.

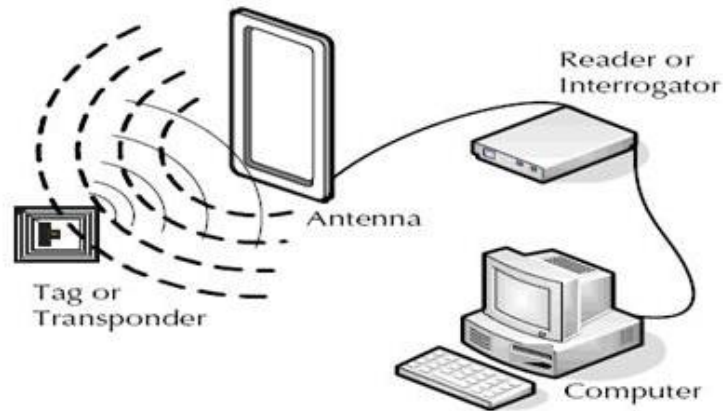


Figura 2-4 Diagrama de sistemas RFID. [7]

Como se observa en la Figura 2-4 Diagrama de sistemas RFID. , consiste primordialmente de un lector, de un sistema decodificación y un tag. Normalmente el lector constantemente genera un campo electromagnético, que cuando se le aproxima una etiqueta, la energía captada permite que el circuito integrado de la etiqueta funcione, por lo que los datos contenidos en su memoria son transmitidos al lector, un ejemplo de lector se puede observar en la Figura 2-5 Lector RFID NFC SL600. .



Figura 2-5 Lector RFID NFC SL600. [8]

Es una tecnología muy versátil, de fácil uso, que cuenta con diversas aplicaciones, permite el monitoreo del proceso de evolución de un producto en cada una de sus etapas, además de un control de inventario y hasta la localización y seguimiento de bienes y personas, o como es nuestro caso de estudio, el control de acceso a establecimientos comerciales y educativos.

Las etiquetas o tag's con las que trabaja la tecnología RFID, se pueden clasificar en las siguientes categorías: [6]

- **RFID pasivas:** Carecen de fuente de alimentación propia; actúa a través de la energía inducida a la antena de la etiqueta por radiofrecuencia, suficiente para poder transmitir una respuesta (puede presentar una media de 0.4 mm x 0.4 mm).



Figura 2-6 Tag Pasivo Tipo Llavero [9]

- **RFID semi-pasivas:** Similares a las anteriores, pero incorporan una pequeña fuente de energía. Esta permite al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado, lo cual reduce las dimensiones de la antena.



Figura 2-7 Tag Activo RFID [10]

- **RFID activas:** Estas cuentan con una fuente de energía, mayor capacidad de memoria, así como almacenar información adicional. Son más grandes, su rango de acción puede alcanzar los 10 metros y una duración de batería de varios años.



Figura 2-8 Tag Activo RFID. [11]

La tecnología trabaja también a distintas frecuencias, cada una con distintas aplicaciones: [12]

- **Baja frecuencia - LF (9 - 125 kHz):** su principal ventaja es su aceptación en todo el mundo, funciona cerca de los metales y está ampliamente difundida. La distancia de lectura es inferior a 1,5 metros, por lo que las aplicaciones más habituales son la identificación de mercancía, mascotas o bibliotecas.
- **Alta Frecuencia - HF (13,56 MHz):** esta frecuencia también se utiliza en gran medida, pero a diferencia de la frecuencia baja, la alta frecuencia no funciona cerca de los metales. Normalmente se utiliza en aplicaciones tales como la trazabilidad de los productos, movimientos de equipajes de avión o acceso a edificios.
- **Ultra Alta Frecuencia - UHF (433 MHz y 860-960 MHz):** Los equipos que operan a estas frecuencias no pueden ser utilizados de forma global porque no en todos los países existen regulaciones para su uso.
- **Frecuencia de Microondas - (2,45 GHz y 5,8 GHz):** Normalmente estas frecuencias son las más habituales para los tag's activos, pero no tienen el problema de la falta de regulaciones globales.

2.1.3.2 Reconocimiento de placas (ALPR Automatic License Plate Recognition).

El procesamiento de imágenes se ha convertido en un tema de actualidad y de gran aplicación en beneficio de la sociedad, posee un enorme valor científico-técnico por los innumerables campos en los que puede ser aplicado. [13] Las ventajas del procesamiento digital de imágenes radican en la gran cantidad de información que puede ser obtenida, manipulada y procesada.

DSP contempla el procesamiento y análisis de imágenes. El procesamiento está referido tanto a la transformación, restauración y mejoramiento de imágenes. El análisis consiste en la extracción de propiedades y características de las imágenes, así como la clasificación, identificación y reconocimiento de patrones.

Los procesos para mejorar una imagen pueden agruparse en diferentes categorías, teniendo en cuenta el efecto que producen sobre la imagen, por ejemplo: la modificación del brillo y contraste, reducción de ruido, desenfoque o suavizado de bordes, mejora del enfoque o realce de contornos, delineación de contornos, detección de micro estructuras, iluminación de masas, entre otros procesos.

Uno de los métodos más utilizados para la manipulación de imágenes es la utilización de filtros, aunque el ejemplo del filtro más utilizado es el de respuesta al impulso finito (FIR), es quizás el más simple que permite ilustrar la necesidad de estas prestaciones en los DSP, las cuales permiten concebir muchas de las funciones de procesado en tiempo real.

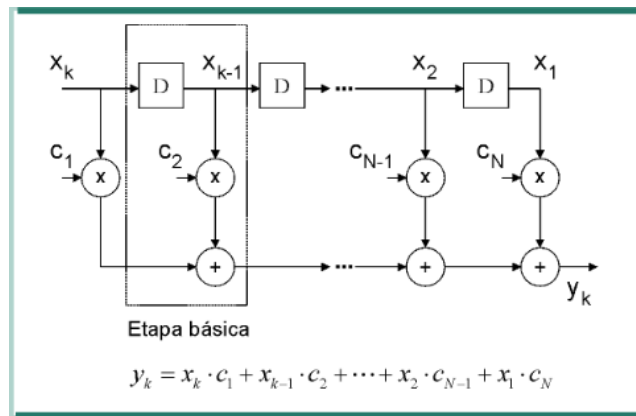


Figura 2-9 Estructura de un filtro de respuesta al impulso finito (FIR). [14]

La aplicación del algoritmo del filtro FIR es bastante sencilla. Los bloques D en la Figura 2-9 Estructura de un filtro de respuesta al impulso finito (FIR). son retardos unitarios; su salida es una copia de la entrada retardada en un período de muestreo, este filtro se construye a partir de una serie de etapas básicas que se van repitiendo. Cada etapa incluye una operación del tipo multiplicación y acumulación, por lo cual la señal de entrada x_k es un conjunto de valores discretos obtenidos mediante muestreo de una señal analógica, y el valor x_{k-1} es en realidad el valor que tenía x_k en un período de muestreo anterior, de forma similar x_{k-2} sería la x_k de dos períodos de muestreo anteriores.

Cada vez que una nueva muestra llega, las que estaban almacenadas previamente se desplazan una posición hacia la derecha y una nueva muestra de salida se calcula después de multiplicar la nueva muestra y cada una de las anteriores por sus correspondientes coeficientes. En la Figura 2-9 Estructura de un filtro de respuesta al impulso finito (FIR)., c_n representa a los coeficientes, donde n es el número del coeficiente. Los resultados de cada multiplicación se suman para formar la nueva muestra de salida y_k . El algoritmo de cálculo se basa en operaciones del tipo multiplicación y acumulación ($A=B*C+D$), siendo la multiplicación el verdadero cuello de botella en el cálculo de la mayoría de los algoritmos de procesado digital [14].

En la actualidad, los cuatro grandes fabricantes de DSP son Texas Instruments, con la serie TMS320; Motorola, con las series DSP56000, DSP56100, DSP56300, DSP56600 y DSP96000; Lucent Technologies (anteriormente AT&T), con las series DSP1600 y DSP3200; y Analog Devices, con las series ADSP2100 y ADSP21000, pero esto no indica que estas sean las únicas plataformas para la realización de DSP.

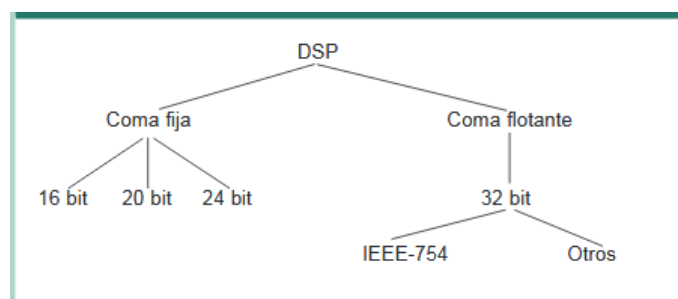


Figura 2-10 Representaciones numéricas comunes en los DSP comerciales. [14]

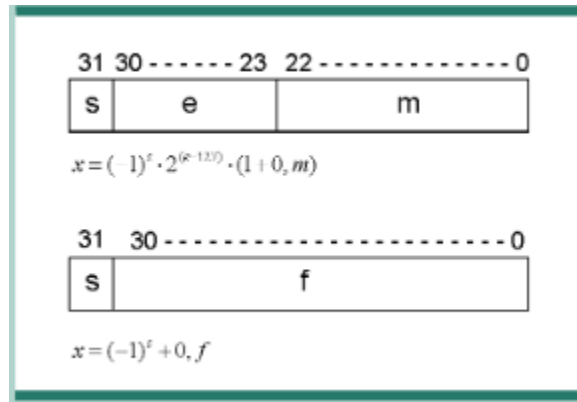


Figura 2-11 (Arriba) Formato de coma flotante IEEE-754; 1 bit de signo, 8 de exponente y 23 de mantisa. (Abajo) Formato de coma fija; 1 bit de signo y 31 bits significativos. [14]

Una de las características fundamentales de los DSP es el tipo de formato aritmético utilizado por el procesador. La Figura 2-10 Representaciones numéricas comunes en los DSP comerciales. muestra la estrecha relación entre formato numérico y número de bits del DSP. Y en la Figura 2-11 (Arriba) Formato de coma flotante IEEE-754; 1 bit de signo, 8 de exponente y 23 de mantisa. (Abajo) Formato de coma fija; 1 bit de signo y 31 bits significativos. arriba y abajo, muestra los formatos de coma flotante y coma fija, respectivamente.

Para un mismo tamaño en número de bits, el formato en coma fija proporciona una mejor resolución que el formato en coma flotante. Sin embargo, es este último quien posee un margen dinámico superior. Así, por ejemplo, si se considera una representación en coma fija de 32 bits, el mínimo valor que puede ser representado es 2^{-31} siendo el mayor $1-2^{-31}$. La relación entre ambos, la cual resulta en el margen dinámico, es de $2,15 \cdot 10^9$, aproximadamente 187 dB. En cambio, con una representación en coma flotante, con 24 bits de mantisa y 8 de exponente, pueden representarse números desde $5,88 \cdot 10^{-39}$ hasta $3,40 \cdot 10^{38}$, resultando en un margen dinámico de $5,79 \cdot 10^{76}$ o de 1535 dB. [14]

La aritmética de coma flotante es más flexible que la de coma fija. Con coma flotante, los diseñadores de sistemas tienen acceso a un margen dinámico más amplio. En consecuencia, los DSP de coma flotante son generalmente más fáciles de programar que los de coma fija, pero son usualmente más caros. El mayor costo es resultado del requisito de una mayor complejidad en el circuito que se traduce en un mayor tamaño de chip. Sin embargo, el mayor margen dinámico facilita su

programación pues el programador no debe preocuparse por el margen dinámico ni por la precisión. Por el contrario, en los DSP de coma fija el programador a menudo debe escalar las señales en sus programas para asegurar una adecuada precisión numérica con el limitado margen dinámico del DSP de coma fija.

2.1.4 *Memorias o botones de contacto.*

Son dispositivos físicos de almacenamiento utilizados para leer, almacenar y modificar datos, utilizan un botón que actúa como una base de datos portátil. Estos botones de manera general vienen con un único número de identificación y presentan una gran variedad de configuraciones de memoria. Se puede almacenar una gran cantidad de información, incluyendo: textos, imágenes, archivos de audio o documentos. [15]



Figura 2-12 Memoria de Contacto. [16]

El dispositivo requiere de una computadora para el análisis de los datos de los botones, normalmente los datos son transferidos a velocidades de hasta 16,6 Kbps, del lector al computador, presentan la desventaja que no son tecnologías estándar, son tecnologías propietarias, es decir depende de cada fabricante [15], así como que también requiere del contacto físico para la captura de datos.

2.2 Microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable de alta escala, el cual incluye internamente todos los periféricos que no incluye el microprocesador, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

El microcontrolador funcionará independientemente de si tiene conectado periféricos externos o no, ya que solo depende de la programación interna que se le dé y de su alimentación de voltaje [17].

El mismo está formado por [18]:

- Un procesador o CPU (Unidad Central de Procesamiento)
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Un clock o reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Todas esas secciones se pueden apreciar en la Figura 2-13 Esquema de un Microcontrolador. :

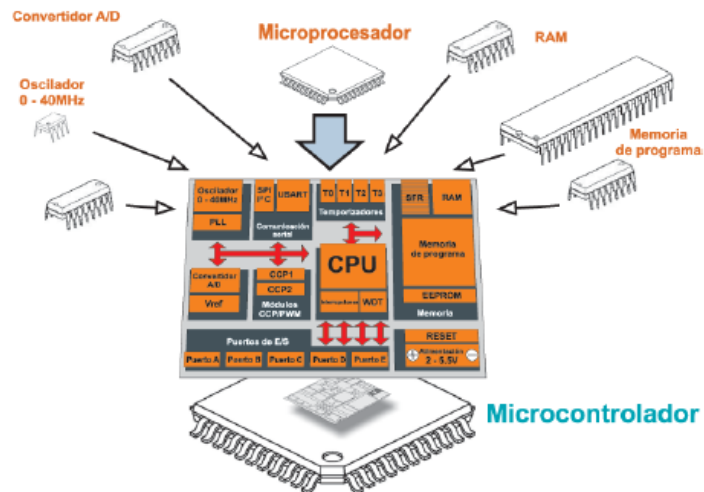


Figura 2-13 Esquema de un Microcontrolador. [19]

2.3 IP/TCP.

El protocolo TCP (del inglés Transmission Control Protocol), es uno de los protocolos fundamentales en Internet. Fue creado entre los años 1973 y 1974 por Vint Cerf y Robert Kahn. Estandariza el cambio de información entre las computadoras y hace posible la comunicación entre ellas.

Muchos programas dentro de una red de datos compuesta por redes de computadoras, pueden usar TCP para crear “conexiones” entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos. El protocolo garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

Cualquier conexión a una red o internet posee una identificación única, llamada *dirección IP* (del inglés, Internet Protocol), a través de la dirección IP sabemos en qué red está conectada la computadora o a cual red se conectó la computadora [20]. Es decir, verificado a través de un número único para aquella computadora en aquella red específica. Compuesta por cuatro combinaciones de números, estos números, llamados octetos, pueden formar más de cuatro billones de direcciones diferentes.

Las direcciones IP's se clasifican en 5 clases: A, B, C, D e Y [20].

- *En las redes de clase A* los primeros 8 bits de la dirección son usados para identificar la red, mientras los otros tres segmentos de 8 bits cada uno son usados para identificar a las computadoras.
- *En las redes de clase B* los primeros dos segmentos de la dirección son usados para identificar la red y los últimos dos segmentos identifican las computadoras dentro de estas redes.
- *Las redes de clase C* utilizan los tres primeros segmentos de dirección como identificador de red y sólo el último segmento para identificar la computadora.
- *En las redes de clase D* todos los segmentos son utilizados para identificar una red y sus direcciones van de " 224.0.0.0" hasta "239.255.255.255" y son reservados para los llamados multicast.
- *Las redes de clase Y*, así como las de clase D, utilizan todos los segmentos como identificadores de red y sus direcciones se inician en "240.0.0.0" y van hasta "255.255.255.255". La clase Y es reservada por la IANA para uso futuro.

2.4 USB.

En un principio teníamos la interfaz serie y paralelo, pero era necesario los conectores creando uno más sencillo y de mayores prestaciones. Así nació el USB (del inglés, Universal Serial Bus) con una velocidad de 12Mb/s. y como su evolución, USB 2.0, apodado USB de alta velocidad, con velocidades en este momento de hasta 480Mb/s., es decir, 40 veces más rápido que las conexiones mediante cables USB 1.1 [21].

Una característica importante es que permite a los dispositivos trabajar a velocidades mayores, en promedio a unos 12 Mbps, esto es más o menos de 3 a 5 veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de 20 a 40 veces más rápido que un dispositivo de puerto serial.

El USB trabaja como interfaz para transmisión de datos y distribución de energía, que ha sido introducida en el mercado de PC y periféricos para mejorar las lentas interfaces serie (RS-232) y paralelo. Esta interfaz de 4 hilos, 12 Mbps y "plug and play", distribuye 5V para alimentación, transmite datos y está siendo adoptada rápidamente por la industria informática.

El USB es una nueva arquitectura de bus o un nuevo tipo de bus desarrollado por un grupo de siete empresas (Compaq, Digital Equipment Corp, IBM PC Co., Intel, Microsoft, NEC y Northern Telecom) [21] que forma parte de los avances "plug-and-play".



Figura 2-14 Símbolo USB. [22]

Actualmente existen cuatro tipos de estándares USB [23]:

- USB 1.1: permite la transmisión de información a una tasa de 12 Mbps.
- USB 2.0: USB de alta velocidad, alcanza una tasa de transmisión de datos de 480 Mbps.
- USB 3.0: Llamado *SuperSpeed USB*, puede alcanzar una tasa de transferencia de 5 Gbps.
- USB 3.1: Llamado *Superspeed+*, permite transmitir información a velocidades de 10 Gbps.

2.5 SPI.

El SPI (del inglés, Serial Peripheral Interface) es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es full dúplex [24]. Dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercera línea es la del reloj.

Los dispositivos conectados al bus son definidos como maestros y esclavos. Un maestro es aquel que inicia la transferencia de información sobre el bus y genera las señales de reloj y control. Un esclavo es un dispositivo controlado por el maestro. Cada esclavo es controlado sobre el bus a través de una línea selectora llamada Chip Select o Select Slave, por lo tanto, el esclavo es activado solo cuando esta línea es seleccionada. Generalmente una línea de selección es dedicada para cada esclavo., como se aprecia en la Figura 2-15 SPI Maestro con tres Esclavos. :

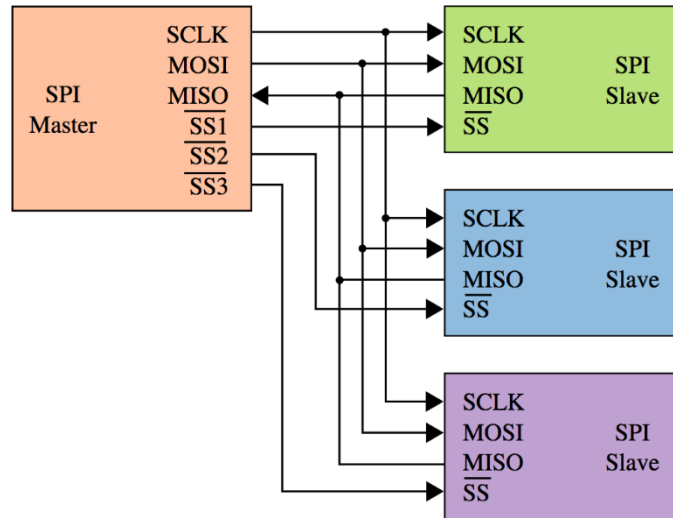


Figura 2-15 SPI Maestro con tres Esclavos. [25]

Todas las líneas del bus transmiten la información sobre una sola dirección. La señal sobre la línea de reloj (SCLK) es generada por el maestro y sincroniza la transferencia de datos. La línea MOSI (del inglés, Master Out Slave In) transporta los datos del maestro hacia el esclavo. La línea MISO (del inglés, Master In Slave Out) transporta los datos del esclavo hacia el maestro.

La mayoría de las interfaces SPI tienen 2 bits de configuración, llamados CPOL (del inglés, Clock Polarity) y CPHA (del inglés, Clock Phase). CPOL determina si el estado de la línea de reloj está en bajo (CPOL=0) o si se encuentra en un estado alto (CPOL=1). CPHA determina en que filo de reloj los datos son desplazados hacia dentro o hacia fuera. [24] Si CPHA=0 los datos sobre la línea MOSI son detectados cada filo de bajada y los datos sobre la línea MISO son detectados cada filo de subida.

Existen 4 modos que son:

- Modo A
- Modo B
- Modo C
- Modo D

Estos determinan el valor de la polaridad del reloj (CPOL = Clock Polarity) y el bit de fase del reloj (CPHA = Clock Phase). La mayoría de los dispositivos SPI pueden soportar al menos 2 modos de los 4 antes mencionados, como se observa en la Figura 2-16 Modos de operación del SPI: (a) modelos A, (b) Modelos B, (c) Modelos C, (d) Modelos D..

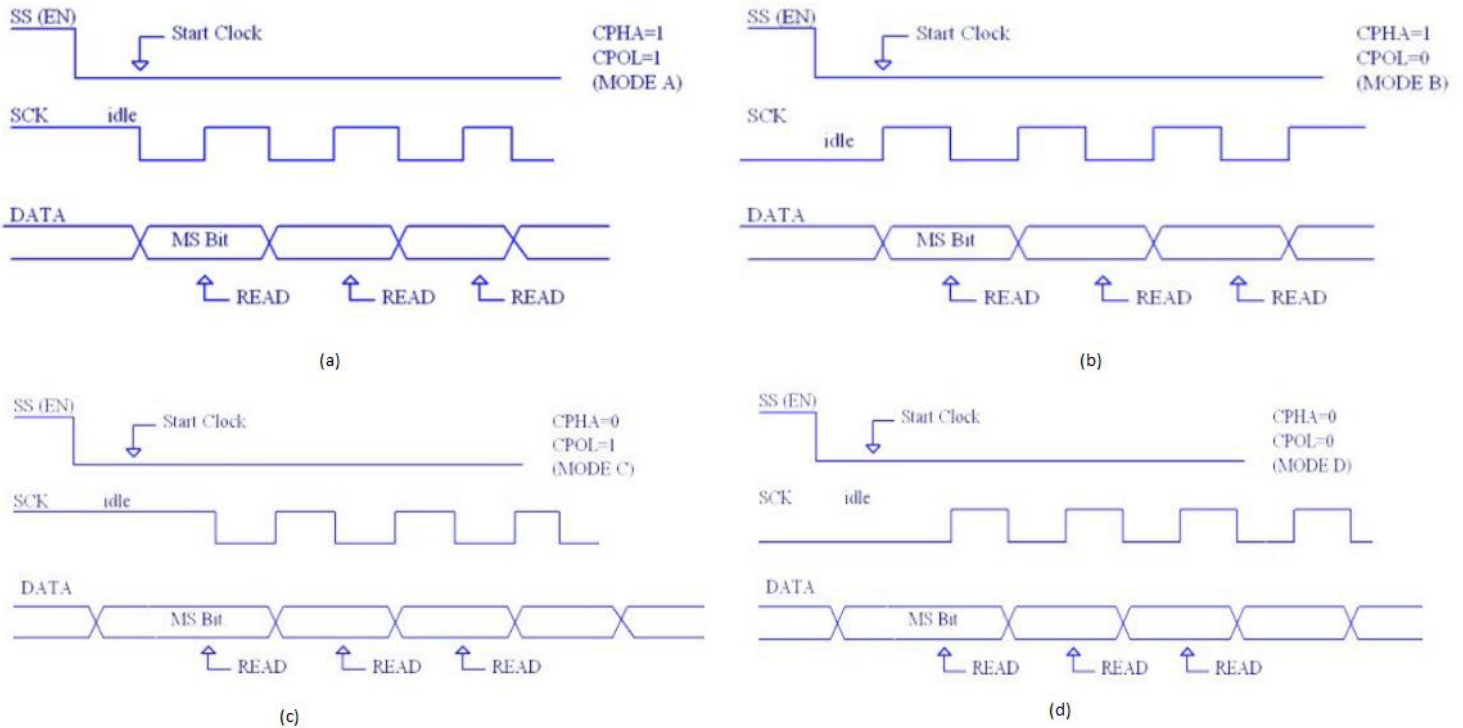


Figura 2-16 Modos de operación del SPI: (a) modelos A, (b) Modelos B, (c) Modelos C, (d) Modelos D. [24]

2.6 Memoria SD.

Una tarjeta SD es una tarjeta de memoria para almacenar contenidos en dispositivos portátiles. Las tarjetas SD son uno de los sistemas más populares de almacenamiento de gran cantidad de información en pequeño tamaño.

Sus siglas SD provienen del inglés, Secure Digital o seguridad digital, debido a que cuenta con un cifrado de seguridad en el Hardware para protección de datos, algo que se utiliza muy poco por el usuario final. [26] Es una pequeña tarjeta de memoria basada en tecnología flash, la cual está diseñada para ser colocada como soporte de memoria en pequeños dispositivos electrónicos modernos.

En consecuencia, del avance de la tecnología y la tendencia a la miniaturización de los dispositivos, las memorias SD han derivado en tarjetas de menor tamaño o mayor capacidad:

- Memoria SD: Mide de alto 24 mm, ancho 32 mm, y espesor de 2.1 mm.
- Memoria mini SD: Mide de alto 20 mm, ancho 21.5 mm, y espesor de 1.4 mm.
- Memoria micro SD: Mide de alto 15 mm, ancho 11 mm, y espesor de 1 mm.
- Memoria SDXC: Mide de alto 32 mm, ancho 24 mm, y espesor de 2.1 mm.

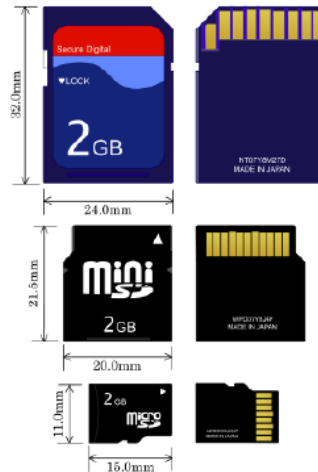


Figura 2-17 Tipos de memoria SD. [27]

Este tipo de memorias han reemplazado del mercado a otros formatos en cuánto a almacenamiento de video, es necesario que tengan una alta velocidad de transmisión debido a que la información debe fluir muy rápido, principalmente video. Por lo anterior se han estandarizado cuatro clases que determinan la tasa de transferencia de la memoria SD, independientemente que tengan la misma capacidad entre sí, como se aprecia en la Figura 2-18 Tabla de los tipos de velocidad de las tarjetas SD. .

	Mark	Minimum Serial Data Writing Speed	SD Bus Mode	Application
UHS Speed Class	U3	30MB/s	UHS-II UHS-I	4K2K Video Recording
	U1	10MB/s		Full HD Video Recording HD Still Image Continuous Shooting
Speed Class	CLASS 10	10MB/s	High Speed	HD and Full HD Video Recording
	CLASS 6	6MB/s	Normal Speed	
	CLASS 4	4MB/s		Standard Video Recording
	CLASS 2	2MB/s		

Figura 2-18 Tabla de los tipos de velocidad de las tarjetas SD. [28]

2.7 Cámara.

La cámara fotográfica está basada en el principio de la cámara oscura. Consta de un cuerpo de cámara y de un objetivo por donde penetran los rayos de luz de la escena. [29] Por tanto una cámara es una caja oscura, que permite el paso de la luz del motivo a través de un objetivo, formando la imagen en el sensor digital.

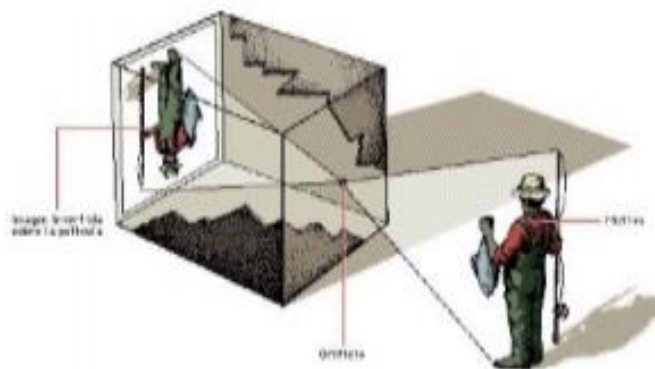


Figura 2-19 Principio de la cámara oscura. [29]

Las cámaras digitales utilizan un sensor electrónico CCD (Charge Coupled Device) que está dotado de pequeñas células fotoeléctricas que registran la imagen. Desde este sensor, la imagen es procesada por la cámara y enviada a la memoria. [30]

La capacidad de resolución de una imagen dependerá del número de células fotoeléctricas del CCD. Este número se expresa en píxeles. Cuantos más píxeles, más resolución. Un píxel (del inglés picture element, es decir, elemento de la imagen) es la unidad más pequeña en que se descompone una imagen digital. Las imágenes se forman como una matriz rectangular de píxeles, donde cada píxel es un punto diminuto de la imagen total.

2.8 Servidor WEB.

En palabras sencillas un servidor web o web hosting es aquel que nos permite alojar un sitio web en Internet [31]. El servidor web, igual que un servidor de ficheros, responde al modelo Cliente-Servidor, es decir, el terminal cliente hace una solicitud al servidor y este envía como respuesta el acceso a una web. Servidor y Cliente pueden estar conectados por una red local o bien a través de Internet. El servidor actúa en este caso como el soporte sobre el cual corren la web y sus funcionalidades que se ejecutan en los dispositivos clientes.

2.9 Base de Datos.

Una base de datos se puede definir como un conjunto de información relacionada que se encuentra agrupada o estructurada, su símbolo se puede apreciar en la Figura 2-20 Símbolo Base de Datos .



Figura 2-20 Símbolo Base de Datos [32]

Desde el punto de vista informático, la base de datos es un sistema formado por un conjunto de datos almacenados en discos que permiten el acceso directo a ellos y un conjunto de programas que manipulen ese conjunto de datos. [33]

Cada base de datos se compone de una o más tablas que guarda un conjunto de datos. Cada tabla tiene una o más columnas y filas. Las columnas guardan una parte de la información sobre cada elemento que queramos guardar en la tabla, cada fila de la tabla conforma un registro.

Entre las principales características de los sistemas de base de datos podemos mencionar [33]:

- Independencia lógica y física de los datos.
- Redundancia mínima.
- Acceso concurrente por parte de múltiples usuarios.
- Integridad de los datos.
- Consultas complejas optimizadas.
- Seguridad de acceso y auditoría.
- Respaldo y recuperación.
- Acceso a través de lenguajes de programación estándar.

2.10 Relé.

El Relay o relé es un dispositivo mediante el cual se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido, consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos [34], al cual

aplicaremos el circuito que queremos controlar. En la Figura 2-21 Símbolo del Relé se puede ver su simbología.

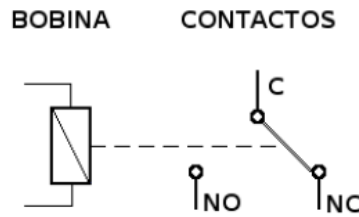


Figura 2-21 Símbolo del Relé [35]

Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético. Cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce (ferrita). Este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse. [36] Se pueden clasificar de forma general en dos tipos:

2.10.1 Electromecánicos.

Son los más antiguos y también los más utilizados. El esquema siguiente nos explica prácticamente su constitución y funcionamiento.

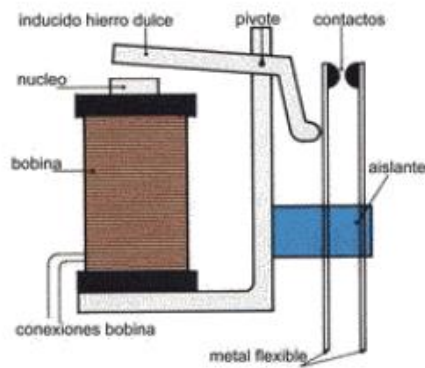


Figura 2-22 Partes de un Relé de Armadura [36]

2.10.2 Estado Sólido.

El relé de estado sólido SSR (Solid State Relay), es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor

semiconductor, un transistor o un tiristor. [34] Por SSR se entenderá un producto construido y comprobado en una fábrica, no un dispositivo formado por componentes independientes que se han montado sobre una placa de circuito impreso.



Figura 2-23 Relé de Estado Sólido. [37]

2.11 Pantalla Táctil.

¿Qué es un panel táctil? Un panel táctil es un fino panel autoadhesivo colocado sobre la pantalla de un LCD gráfico. Es muy sensible a la presión de manera que un suave toque provoca algunos cambios en la señal de salida. Hay diferentes tipos de paneles táctiles [38]. En el mercado predominan dos tipos de pantalla táctil las resistivas y las capacitivas.

2.11.1 Pantalla resistiva.

Una pantalla táctil resistiva está compuesta por dos láminas rígidas transparentes, formando una estructura “sándwich”, que tienen una capa resistiva en sus caras internas. La resistencia de estas capas no excede normalmente de 1Kohm. Los lados opuestos de las láminas disponen de contactos para acceder a un cable plano. El procedimiento para determinar las coordenadas de la posición del panel que ha sido presionada puede dividirse en dos pasos. El primero es la determinación de la coordenada X y el segundo el de la coordenada Y del punto.

Para determinar la coordenada X, es preciso conectar el contacto izquierdo de la superficie X a masa y el contacto derecho a la fuente de alimentación. Esto permite obtener un divisor de tensión presionando el panel táctil. El valor de la tensión obtenida en el divisor se puede leer en el contacto inferior de la superficie Y. La tensión variará en el rango de 0 V a la tensión suministrada por la fuente de alimentación y depende de la coordenada X. Si

el punto está próximo al contacto izquierdo de la superficie X, la tensión estará próxima a 0 V. Para la determinación de la coordenada Y, es preciso conectar el contacto inferior de la superficie Y a tierra, mientras que el contacto superior se conectará a la fuente de alimentación. En este caso, la lectora de la tensión se hará en el contacto izquierdo de la superficie X, como se muestra en la Figura 2-24 Diagrama de una pantalla táctil resistiva. .

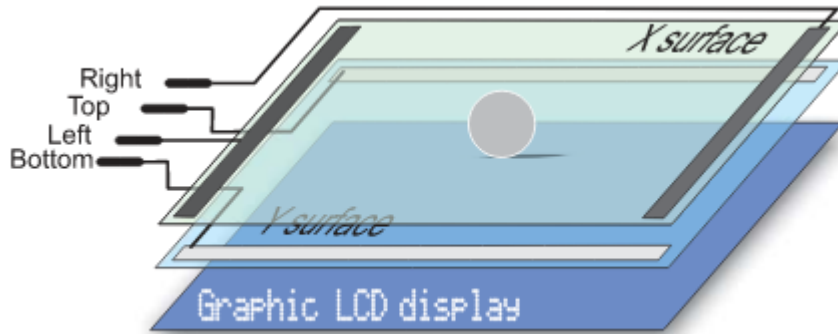


Figura 2-24 Diagrama de una pantalla táctil resistiva. [38]

2.11.2 Pantalla capacitiva.

Las pantallas capacitivas necesitan ser manejadas mediante el dedo o un objeto que disponga de capacitancia, no siendo aptas para los típicos stylus [39]. Por otro lado, pueden detectar diversas pulsaciones simultáneas o gestos, lo que permite actuar con ellas de diversas formas, aumentando su capacidad para ser controladas. Las pulsaciones o gestos no requieren presión, basta con deslizar el dedo o punta capacitiva para controlar la pantalla del dispositivo como lo ilustra la Figura 2-25 Diagrama de una pantalla táctil capacitiva..

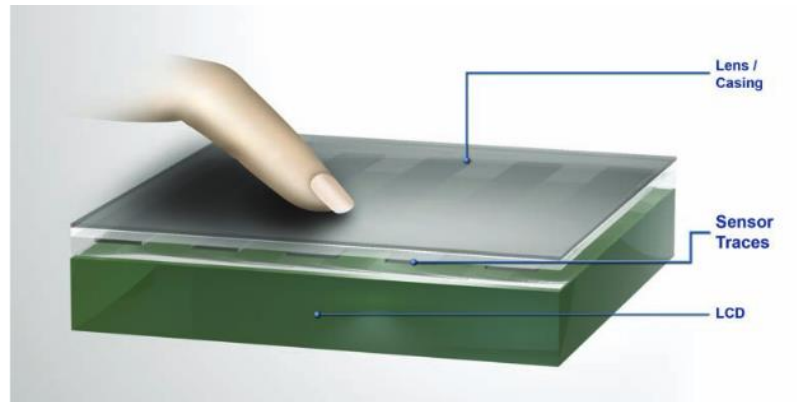


Figura 2-25 Diagrama de una pantalla táctil capacitiva. [40]

Al ser utilizadas directamente por el dedo, sin objetos intermedios, y si la necesidad de realizar ninguna presión, la experiencia al manejar este tipo de pantallas se vuelve bastante buena para el usuario. La impresión es rápida, de formar inmediata, siempre que el sistema operativo y el programa que se está manejando este bien diseñado, claro está. También tienen sus limitaciones. Tener que usar los dedos, menor precisión y no detectar la presión limitan las posibilidades del software que pueden ejecutar.

3 Diseño e implementación de un sistema de control de acceso vehicular.

En este capítulo se abordará en detalle el proceso de diseño, selección del hardware e implementación del sistema de control de acceso vehicular, se presenta el análisis realizado que permitió la selección del diseño final del proyecto. Se detallan cada una de las propuestas consideradas, así como el motivo de su selección.

3.1 Selección de la tecnología a utilizar.

Basado en las tecnologías de control de acceso vistas en el capítulo 2, se presenta la **Tabla 3-1 Comparativa de las distintas tecnologías de Control de Acceso**, con los aspectos y requerimientos, definidos en conjunto con el asesor responsable del proyecto. A continuación se muestra una rúbrica que cuantifica los aspectos cualitativos asociados a cada característica en una escala de uno a cinco puntos.

Tabla 3-1 Comparativa de las distintas tecnologías de Control de Acceso

Tecnología	RFID	ALPR	Memoria de contacto
Precio del lector	Medio (3)	Alto (2)	Alto (2)
Precio de la tarjeta o tag	Medio (3)	No posee (5)	Bajo (4)
Nivel de seguridad	Alta (4)	Alto (4)	Bajo (3)
Nivel de complejidad	Medio (3)	Alto (2)	Medio (3)
Desgaste del lector	No posee (5)	Medio (3)	Bajo (4)
Desgaste de la tarjeta	No posee (5)	No posee (5)	Alto (2)
Distancia de lectura	No requiere contacto (5)	No requiere contacto (5)	No requiere contacto (5)
Costo de mantenimiento	Muy bajo (5)	Medio (3)	Medio (3)
Ponderado	33	29	26

Para la selección de la tecnología a utilizar, se tomaron varios aspectos como:

Precio del lector: costo económico del lector, según la tecnología.

Precio de la tarjeta o tag: costo económico del tag, según la tecnología.

Nivel de seguridad: Que tan seguro es el sistema.

Nivel de complejidad: Que tan fácil es de aplicar el sistema.

Desgaste del lector: Desgaste que puede presentar el lector por el uso.

Desgaste de la tarjeta o tag: Desgaste que puede presentar el tag por el uso.

Distancia de lectura: Distancia mínima requerida para que funcione el sistema.

Costo de Mantenimiento: Costo de reparaciones o repuestos del sistema.

Según la **Tabla 3-1 Comparativa de las distintas tecnologías de Control de Acceso**, por el nivel de seguridad, los sistemas ALPR y los RFID presentan la mejor opción, ya que dependen de condiciones físicas únicas de cada vehículo, como lo es la placa, la cual es única ante el registro de la propiedad y no son de reproducción en masa, y un tag del tipo sticker, el cual posee un código de identificación único. El sistema ALPR presenta la desventaja de que es un sistema con un elevado costo, tanto de complejidad por la implementación del algoritmo, como por su costo económico por la calidad que debe tener foto

Respecto al precio del lector, la mejor opción es la memoria de contacto, con el inconveniente de que el “botón” se puede dañar por el uso continuo de cada vez que se necesita acceder al lugar.

En cuanto a precio del tag, la opción más económica es la memoria de contacto, ya son fácil de conseguir y se pueden programar con un equipo muy básico. Presenta la desventaja que pueden ser replicadas con gran facilidad haciendo que terceros o personas no autorizadas puedan tener acceso al lugar con gran facilidad.

En relación al desgaste del lector y de la tarjeta, la mejor opción sería la RFID, ya que al no necesitar contacto directo para que el sistema lo lea, no presenta algún desgaste, tanto la tarjeta como el lector, por tanto, también presenta la mejor opción en lo referente a distancia de lectura del dispositivo.

Por último, el costo de mantenimiento, al ser un sistema que se encuentre en constante uso, va a llegar el momento que necesite brindarle mantenimiento o alguna sustitución de un elemento dañado, la mejor opción sería la RFID, por los mismos motivos

citados con anterioridad, como la distancia de lectura y al no presentar desgaste alguno al momento de realizar las lecturas.

Según la comparativa realizada para las distintas opciones de tecnología de control de acceso, se debe seleccionar la opción de tecnología de RFID. Además el sistema se reforzará implementando la tecnología ALPR a la salida del plantel, y con esto se presenta una opción con un muy alto nivel de seguridad, bajo mantenimiento, así como de un costo medio de adquisición.

3.2 Análisis y Selección final de la solución.

Actualmente existen en el mercado una gran variedad de productos y empresas que se encargan de la instalación de sistemas de control de acceso vehicular, pero en algunos casos son sistemas con un alto precio y al momento de la instalación se debe de ajustar el inmueble al sistema, como por ejemplo modificaciones estructurales o cambios en el uso habitual de la instalación.

Por lo tanto, se desea acoplar una solución, sin necesidad de cambiar los hábitos de los usuarios y con leves modificaciones en la infraestructura o de cambiar equipo que trabaja de manera correcta y que además sea de bajo costo (alrededor de los \$1000).

Respecto a la problemática antes descrita, se formularon tres soluciones de manera muy general tomando en cuenta: costo, fácil adquisición en el mercado local, tiempo de implementación y versatilidad de implementación.

3.2.1 *Primer propuesta: Sistema de acceso vehicular y control Full Custom.*

Como su nombre lo dice, esta solución se basa en realizar el sistema mediante la interconexión de distintos circuitos integrados, y mediante el uso de algún software se programan los distintos comandos, protocolos y algoritmos para hacer funcionar a todos los circuitos integrados, de manera deseada y conforme lo indiquen sus hojas de datos, y que también puedan realizar la lectura de las variables a medir.

Esta primera solución presenta una gran versatilidad de implementación ya que el diseñador define los parámetros o protocolos a utilizar. Algunos circuitos integrados pueden tener un precio elevado, en el mercado local, a veces cuesta conseguir chips muy específicos, y en lo que respecta en tiempo de implementación, el mismo sería muy excesivo, debido al tiempo que se debe tomar para las interconexiones, programación, protocolos y pruebas del sistema.

3.2.2 *Segunda Propuesta: Compra de un sistema de control de acceso vehicular comercial.*

Esta propuesta es comprar una opción que se encuentre en el mercado, que permita el control de acceso es una elección muy válida, y los precios varían entre los 3000 dólares y los 5000 dólares, contando solo el producto, además se debe de agregar el costo de la instalación del mismo.

Además, que ya viene como un sistema definido estándar, complejo para realizar modificaciones y que además en la mayoría de los casos solo se implementa una tecnología para comprobar la salida o entrada de vehículos al edificio.



Figura 3-1 Sistema comercial RFID de control de acceso [41]



Figura 3-2 Sistemas comerciales ALPR de control de acceso. [42]

3.2.3 Tercer propuesta: Sistema basado en software y hardware libre.

Actualmente vivimos en un “boom” tanto de sistemas open source, como de open hardware, ya que presentan opción económica debido a que son productos de bajo costo, así como eficiente y flexible para implementar y desarrollar sistemas complejos a partir del uso de software y hardware diseñado por tercero.

Por lo que se partiría de uno o varios módulos comerciales y se programaría la interacción de cada uno de ellos, utilizando además recursos de software libre disponibles en repositorio.

Lo que permite diseñar, como se mencionó un sistema complejo de control de acceso, a partir de distintos módulos, que permite una gran versatilidad de interconexión debido a que sus especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público [43] por lo que es más sencillo encontrar diferentes módulos compatibles entre sí y que además se pueden encontrar fácilmente en el mercado local.

3.3 Comparación y selección de la solución.

A partir de las propuestas a solución anteriormente planteadas, se realiza la **Tabla 3-2 comparativa de las propuestas de solución.** que muestra la

comparativa de las distintas propuestas de diseño, donde se confronta de la siguiente manera:

Costo: Costo total del proyecto

Disponibilidad: Que sea de fácil adquisición en el mercado local, debido a que no se puede hacer compras en el exterior.

Tiempo: Tiempo de implementación de todo el sistema.

Flexibilidad: Capacidad para modificar el software y el hardware.

Funcionabilidad: capacidad para llevar a cabo los objetivos planteados.

Tabla 3-2 comparativa de las propuestas de solución.

Características	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Costo	Moderado (3)	Muy Alto (1)	Moderado (3)
Flexibilidad	Alta (4)	Baja (2)	Alta (4)
Tiempo	Muy Alto (1)	Bajo (4)	Moderado (3)
Disponibilidad	Moderado (3)	Moderado (3)	Alta (4)
Funcionabilidad	Alta (4)	Alta (4)	Alta (4)
Ponderación	15	14	18

Con el fin de resumir lo planteado anteriormente se propone una rúbrica que cuantifica los aspectos cualitativos asociados a cada característica: en una escala de 1 a la calificación más baja hasta un máximo de cinco puntos.

3.3.1 Costo.

Dado las características del proyecto, se necesite que el sistema sea relativamente barato (alrededor de los 1000 dólares, en lo que respecta en compra de equipo) La propuesta 2 presenta un costo económico muy alto, ya que se debe conseguir el sistema completo de control de acceso vehicular, y sin tomar en cuenta que en muchos casos es un sistema sencillo, solo se implementa una tecnología y es de mayor uso la tecnología RFID. La solución 1 tiene un costo económico medio, ya que se debe conseguir el sistema por partes, la construcción del lector, el controlador, los relés, por separado. La solución 3 tiene un costo económico medio, ya que también se consigue el sistema por partes: el lector, el microcontrolador, los tag, la cámara.

3.3.2 *Disponibilidad.*

La solución 2 presenta una disponibilidad alta, ya que el país existen varias empresas que se dedican a la venta de este tipo de equipo, para control de acceso vehicular. Las soluciones 1 y 3 tienen una disponibilidad alta, ya que en el mercado se consiguen los insumos necesarios y es fácil observar diversos precios y opciones.

3.3.3 *Tiempo.*

La solución 2 presenta el tiempo muy bajo de implementación, debido a que es solo es la instalación, ya que está listo para utilizarse. La solución 3 tiene un tiempo medio, debido a que implica el proceso de escogencia de equipo, así como el aprendizaje relacionado a los componentes de hardware y software asociados. La solución 1 tiene tiempo alto, ya que el proceso de escogencia de equipo, la etapa de pruebas modular, la construcción general, así como el aprendizaje relacionado a los componentes de hardware y software asociados, así como la programación de los controladores y los protocolos de comunicación.

3.3.4 *Flexibilidad*

La solución 2 presenta una flexibilidad muy baja, ya que es un sistema cerrado que no permite su estudio e intervención, pero cuentan con las herramientas necesarias para llevar a cabo los objetivos, por lo que no es necesario contar con tanta flexibilidad. La solución 1 presenta flexibilidad media, son sistemas que permiten su estudio e intervención, pero principalmente a nivel de software y no tanto de hardware. La solución 3 implica una flexibilidad alta, ya que son sistemas totalmente abiertos que permiten entender cada parte del proceso funcional y permite su modificación tanto a nivel hardware y software.

3.3.5 *Funcionabilidad.*

Las tres soluciones presentan una funcionalidad alta, pero con distintos factores. La solución 1 implica el uso de controladores de propósito general y suministran herramientas intuitivas que permitan adaptarse al equipo con las exigencias del usuario. La solución 2 presenta sistemas probados exhaustivamente

que son acompañados de un software intuitivo creado por el fabricante. La solución 3 implica que los controladores se podrían hacer a la medida, ya que estos son de propósito general se pueden programar un sistema que cumpla la tarea específica que permita adaptarse al equipo a las necesidades del usuario.

Con base a lo citado, se puede llegar a la conclusión que la propuesta 3, es la que presenta más ventajas, ya que posee el puntaje más alto de las propuestas descritas, al ser un sistema de bajo costo, de fácil adquisición en el país, con un tiempo medio de implementación y con gran flexibilidad de modificación, que permita cumplir los objetivos planteados.

4 Desarrollo del concepto de diseño.

Para el problema planteado en este documento y en base a los objetivos del proyecto se propuso como solución el diagrama de bloques general planteado en la Figura 4-1 Diseño modular del sistema de control de acceso vehicular, para cada bloque descrito se evaluaron diferentes soluciones; para la unidad lectora de tarjetas, para la unidad lectora de RFID a distancia, para el sistemas de respaldo de energía, el microprocesador, el microcontrolador, la base de datos, el servidor web, el análisis de la placa y la cámaras.

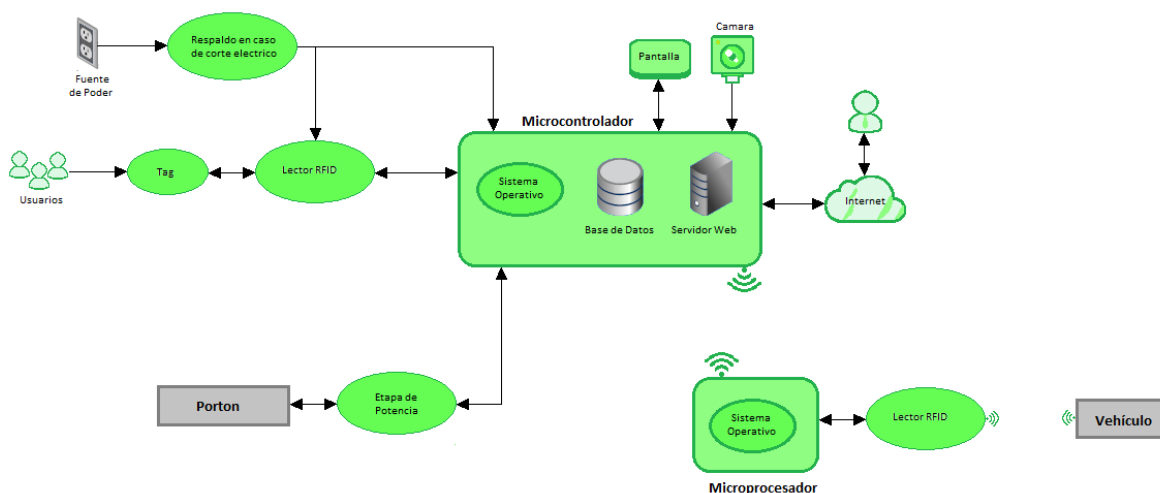


Figura 4-1 Diseño modular del sistema de control de acceso vehicular

4.1 Características para la selección de los componentes.

Dado que estas características se han de repetir a lo largo de esta sección por la cantidad de componentes que usaran, se decide crear una apartado para especificar estas características básicas que se buscan en cada elemento, aunque en algunos de estos componentes se analizaran algunas características propios de ellos, por ende, éstas se analizarán en dicho subsección.

- **Costo:** El precio es un factor importante ya que el presupuesto del proyecto es limitado, se utilizará una escala donde a menor, costo mayor es el puntaje.
- **Documentación:** La información disponible acerca del uso del módulo es vital para reducir el tiempo de programación y estudio, a mayor documentación, mayor puntaje.

- **Implementación:** Dado que se requiere realizar un dispositivo funcional se debe tomar en cuenta este aspecto y optimizarlo al máximo, la escala utilizada corresponde a cuanto mayor versatilidad posea el dispositivo para implementarse, mayor será la puntuación.
- **Fácil Adquisición:** Debido a que solo se pueden realizar compras dentro del territorio nacional, se debe tomar en cuenta con qué facilidad se puede conseguir el módulo de lectura. A mayor facilidad de conseguirlo, mayor puntuación.

4.2 Lector de tarjetas RFID.

Como propuesta de solución del proyecto y como parte esencial del proyecto, se necesita la utilización de un lector de tecnología RFID, para leer las tarjetas de acceso de los empleados y vehículos, para así realizar las asignaciones de los vehículos a los empleados municipales, y generar el registro con los permisos de salida del plantel.

Como en el pasado ya se realizó un proyecto que implicaba el uso de la tecnología RFID para un control de acceso en el edificio municipal, se recomienda al estudiante usar el mismo lector MFRC 522, debido a que cuentan con un respaldo de este lector en la bodega, por lo cual se procede a implementar dicho lector al proyecto. En la **Tabla 4-1 Características Técnicas del Lector MFRC 522.** se muestran las características principales del lector [44].

Tabla 4-1 Características Técnicas del Lector MFRC 522. [45]

Características	MFRC 522
Tipo de Interfaz	SPI
Voltaje de Alimentación	3.3V - 5V
Frecuencia de Operación	13.56 MHz
Distancia de Lectura	0 – 60mm

4.3 Lector RFID a distancia.

Como propuesta de solución del proyecto y como parte esencial del proyecto, necesita la utilización de un lector de tecnología RFID, para leer los tag del tipo “quick pass” ubicados en los vehículos y proceder a comparar estos con el registro de permisos de salida del plantel.

Con base a los productos que se tienen hoy en día y en los usados más comúnmente para este tipo de situación tenemos el RFID Reader – M6E Nano de Adafruit, el SIGN – L008 UHF, el SIGN – RD433 y el IDTECK – RF245. Las características principales de estos lectores se muestran en la **Tabla 4-2 Características Técnicas de los Lectores RFID de Distancia..**

Tabla 4-2 Características Técnicas de los Lectores RFID de Distancia. [46] [47]

Características	M6E nano	sign – l008 uhf	sign – rd433	idteck – rf245
Tipo de Interfaz	UART	RS232, RS485, Wiegand de 26/34 Bit	RS485, Wiegand de 26 Bit	Wiegand de 26/34 Bit
Voltaje de Alimentación	3.3V – 5.5V	9V	12V	12V
Frecuencia de Operación	859 – 873 MHz o 915 – 930 MHz	ISM902 - 928MHz o ISM865 - 868MHz	433MHz o 2.4Ghz	2.45GHz
Distancia de Lectura	4m	12m	20m	10m

4.3.1

Selección Lector RFID a distancia.

Para seleccionar el módulo que mejor se ajuste al proyecto, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Fácil Adquisición**

- **Distancia de Lectura:** Se debe tomar en cuenta que posea una amplia distancia de lectura, a mayor distancia de lectura, mayor puntuación.

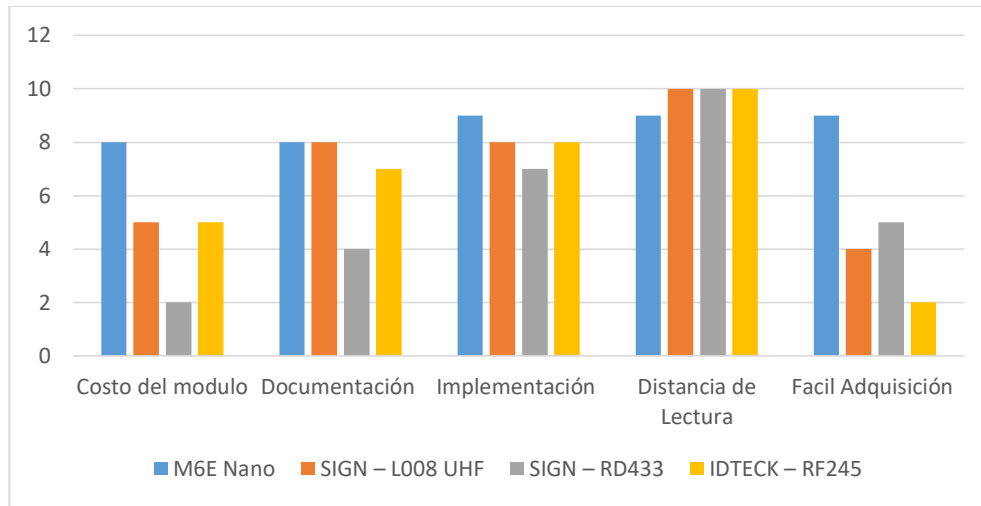


Figura 4-2 Gráfica de las características de los Lectores RFID a distancia.

Como se puede apreciar en Figura 4-2 Gráfica de las características de los Lectores RFID a distancia. el IDTECK – RF245 junto con el SIGN – L008 UHF y el SIGN – RD433 tienen un costo bastante elevado y una adquisición casi imposible debido a que solo se consiguen fuera del país, por tales circunstancias se opta por usar el M6E Nano.

4.4 Respaldo de energía.

En caso de cortes eléctricos el sistema debe continuar realizando las asignaciones de los vehículos al personal municipal según se necesite, por tal motivo se requiere de un sistema de respaldo, que mantenga la energía por al menos un periodo de tiempo, entre las opciones propuestas, se tienen el uso de Power Bank, el Power Boost 1000 y el Juice 4 Halt. Los detalles de los sistemas de respaldo, se detallan en la **Tabla 4-3 Comparativa de Sistema de Respaldo de Energía.** :

Tabla 4-3 Comparativa de Sistema de Respaldo de Energía. [48] [49]

CARACTERISTICAS	Power Bank	Power Boost 1000	Juice 4 Halt
Tipo de Almacenamiento	Baterías de Litio	Baterías de Litio	Banco de Capacitores
Capacidad de Almacenamiento	10000mAh	Depende de la batería a utilizar	8000mAh
Costo	\$45.25	\$40	\$54

Voltaje	5V	5V	5V
----------------	----	----	----

4.4.1 Selección del Respaldo de energía.

Para la correcta selección de modulo a utilizar, se parten de las siguientes características:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Implementación**
- **Fácil Adquisición**
- **Duración de la carga:** A mayor duración de la carga, mayor puntaje.

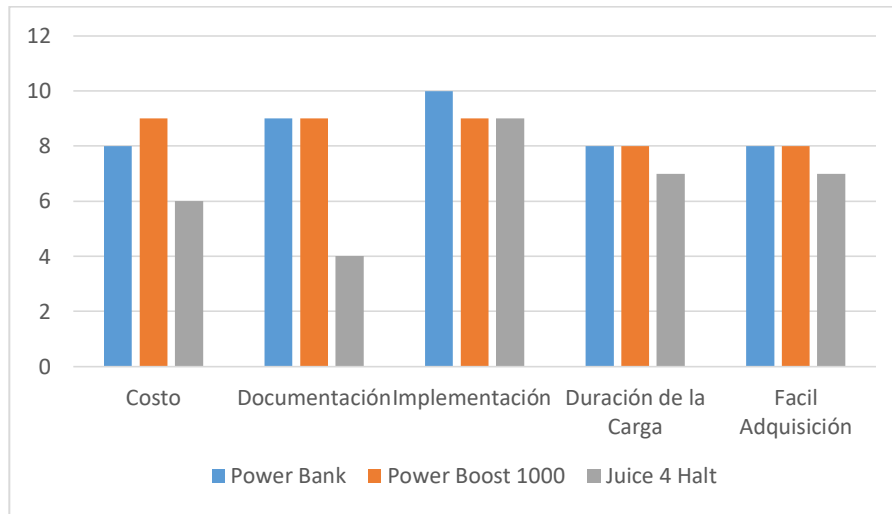


Figura 4-3 Gráfica de las características de los diferentes Respaldos de energía.

Como se observa en el gráfico de la Figura 4-3 Gráfica de las características de los diferentes Respaldos de energía, la opción del Juice 4 Hatl, queda descartada por el alto costo y la difícil adquisición del mismo, quedando a consideración el Power Bank y el Power Boost 1000, donde se selecciona el Power Boost 1000, por mayor facilidad de adquisición.

4.5 Microcontrolador.

Para realizar la implementación del sistema de control, se va a tomar en cuenta cuenta varios controladores, dos de la familia Arduino: Arduino Mega y Arduino Yun, junto a dos de la Fundación Raspberry Pi: el Raspberry Pi 2 y el Raspberry Pi 3. A continuación se describen las características principales de cada uno de ellos.

4.5.1 *Familia Arduino.*

4.5.1.1 *Arduino Mega:*

Es un microcontrolador basado en el ATmega2560. Posee 54 pines de entrada y salidas digitales, 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un oscilador de 16 MHz, las principales características se pueden apreciar en la **Tabla 4-4 Características Técnicas del Arduino Mega.** .

Tabla 4-4 Características Técnicas del Arduino Mega. [50]

Características	Arduino Mega
Controlador	Atmega2560
Tensión de Operación	5V
Tensión de Alimentación	7 – 12V
I/O Digitales	54
Input Analógicas	16
Máxima Corriente DC por Pin I/O	40mA
Protocolos de Comunicación	UART/SPI/I2C
Memoria Flash	256kB
SRAM	8kB
EEPROM	4kB
Velocidad Reloj	16MHz

4.5.1.2 *Arduino Yun:*

Es una tarjeta de Microcontrolador basado en el ATmega32u4 y el Atheros AR9331. El procesador Atheros soporta una distribución Linux llamada Linino OS. Posee integrado un puerto Ethernet y para conexión WiFi, posee 20 entradas y salidas digitales, un Puerto USB y un oscilador de 16 MHz, como posee dos microprocesadores, sus características se muestran continuación en la **Tabla 4-5 Características Técnicas del Arduino Yun.**

Tabla 4-5 Características Técnicas del Arduino Yun. [51]

Características	Arduino Yun
-----------------	-------------

Controlador	ATmega32U4	---
Procesador	---	Atheros AR9331
Tensión de Operación	5V	3.3V
Tensión de Alimentación	5V	5V
I/O Digitales	20	---
Input Analógicas	12	---
Maxima Corriente DC por Pin I/O	40mA	---
protocolos de comunicación	UART/SPI/I2C	---
Ethernet	---	802.3 10/100Mbit/s
Wifi	---	802.11b/g/n 2.4 GHz
USB	---	1 x 2.0 Host
Memoria Flash	32kB	16kB
SRAM	2.5kB	2.5kB
EEPROM	1kB	1kB
Velocidad Reloj	16MHz	400MHz

4.5.2

Fundación Raspberry Pi.

4.5.2.1 Raspberry Pi 2:

El Raspberry Pi 2 Modelo B es la segunda generación del Raspberry Pi, posee un procesador ARM Cortex de 900 MHz con 1GB de RAM. Sus características principales se muestran en la **Tabla 4-6 Características Técnicas de la Raspberry Pi 2 y la Raspberry Pi 3.** .

4.5.2.2 Raspberry Pi 3:

El Raspberry Pi 3 es la tercera generación del Raspberry Pi, posee un procesador ARMv8 de 64 bits de 1.2GHz con 1GB de RAM, sus principales caracterices se pueden apreciar en la **Tabla 4-6 Características Técnicas de la Raspberry Pi 2 y la Raspberry Pi 3.** .

Tabla 4-6 Características Técnicas de la Raspberry Pi 2 y la Raspberry Pi 3. [52] [53]

Características	Raspberry Pi 2	Raspberry pi 3
------------------------	-----------------------	-----------------------

Procesador	ARM Cortex-A71	ARMv8 de 64 bits
Tensión de Operación	3.3V	3.3V
Tensión de Alimentación	5V	5V
Ethernet	802.3 10/100Mbit/s	802.3 10/100Mbit/s
Wifi	NO	802.11n Wireless LAN
USB	4 x 2.0 Host	4 x 2.0 Host
I/O Digitales	40	40
Bluetooth	NO	Bluetooth 4.1
Protocolos de Comunicación	UART/SPI/I2C	UART/SPI/I2C
SRAM	---	2.5kB
RAM	1GB	1GB
Velocidad Reloj	900MHz	1.2GHz

4.5.3 Selección del Microcontrolador.

Para la selección del microcontrolador se consideran los siguientes parámetros:

- **Documentación disponible:** es importante contar con ejemplos y tutoriales para poder facilitar la implementación y programación del controlador. A mayor documentación, mayor puntuación.
- **Pines entrada/salidas:** debido a que se deben hacer varias conexiones al microcontrolador se debe tener suficientes entradas para conectar los distintos indicadores y lectores. A mayor cantidad de pines mayor puntuación.
- **Almacenamiento:** Debe de tener suficiente almacenamiento para poder guardar los diferentes archivos de imagen del registro fotográfico, a mayor almacenamiento, mayor puntuación.
- **Puertos USB:** La existencia de puertos USB es de gran relevancia, debido a que es necesario para conectar la cámara o algún otro periférico.
- **Ethernet y Wifi:** Se requiere que posea capacidad de conexión de red, esto con el propósito de administrar a distancia el sistema y la base de datos. A mayor variedad de conexión, mayor puntuación.

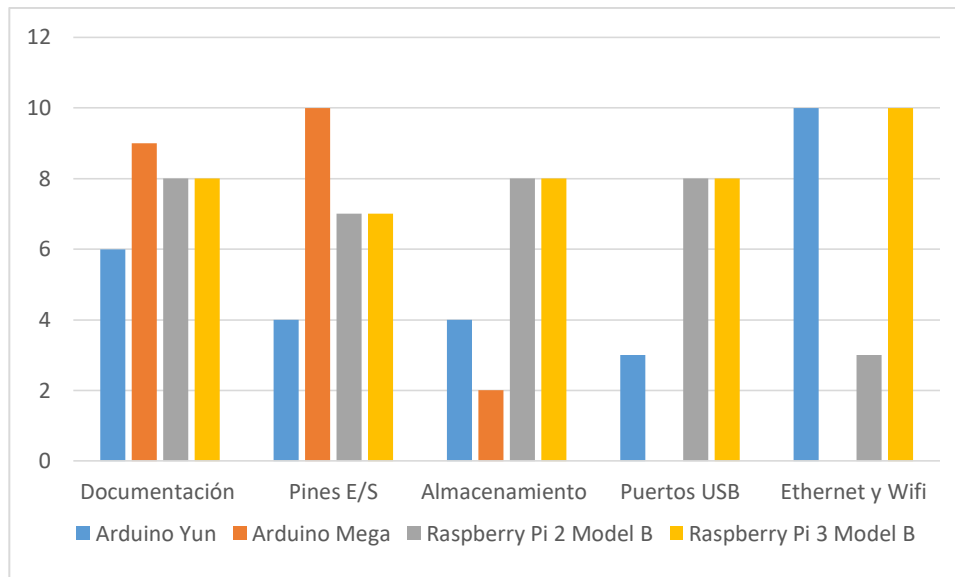


Figura 4-4 Gráfica Comparativa de los Microcontroladores

Se puede observar en la Figura 4-4 Gráfica Comparativa de los Microcontroladores, que el Arduino Mega 2560 no posee ni capacidad de conexión a red, ni puertos USB, por tal razón se descarta esa opción, con respecto al Arduino Yun posee un almacenamiento muy bajo, por lo que también queda descartado.

En los correspondiente a los Raspberry Pi, ambos poseen características muy similares sin embargo el microcontrolador más adecuado es el Raspberry Pi 3, ya que posee un adaptador WIFI incorporado, lo cual facilitaría la conexión a la red.

4.6 Base de datos.

La Base de Datos es otro de los factores primordiales del proyecto, debido a que es el lugar donde se va a manejar toda la información de los empleados y vehículos, además de ser donde se van a registrar las asignaciones, así como las salidas y entradas al plantel, en el mercado se encuentra una gran variedad de base de datos, entre las cuales podemos citar: Oracle [54], SQ Lite, My SQL [55], entre otros.

En este caso de manera general cualquier base de datos puede servir para la finalidad del proyecto.

4.6.1

Selección de la Base de datos.

Para una correcta selección de la base de datos a utilizar, se tomaron en cuenta ciertos aspectos como:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Facilidad de uso:** Se busca que sea una base de datos fácil de utilizar, que acorte los tiempos de aprendizaje de la base de datos, por lo que entre más fácil de usar, mayor puntuación.

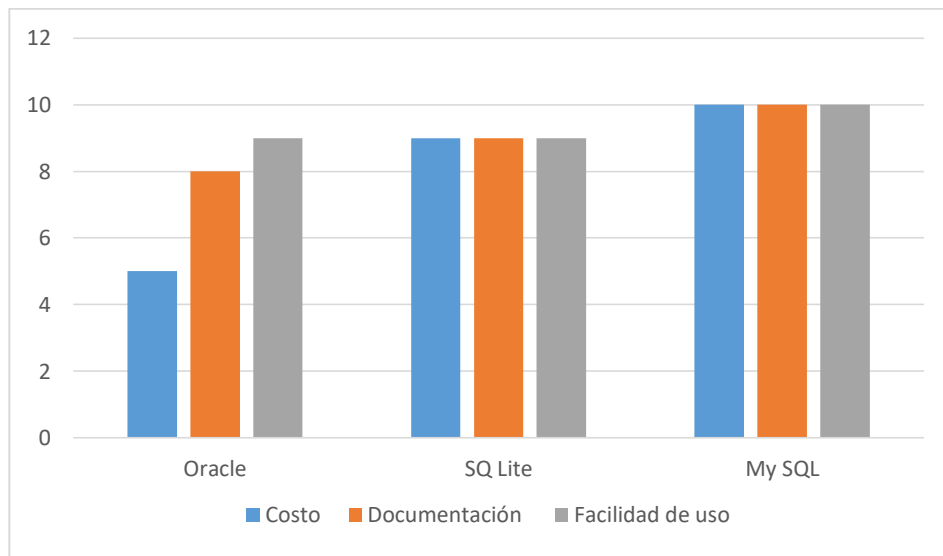


Figura 4-5 Características de las Bases de Datos

Como se puede apreciar en la Figura 4-5 Características de las Bases de Datos, Oracle queda descartado por ser una Base de Datos de Pago, a diferencia de MySQL y SQLite que son libres, con respecto a la documentación de respaldo, MySQL, tiene mayor documentación, por lo que es la opción seleccionada para el proyecto.

4.7 Servidor web.

Dado que el microcontrolador utilizado funciona como una computadora al instalarle el S.O. se debe tener acceso de manera remota para lograr la administración del sistema

de control de accesos. Las distintas opciones de servidor, se pueden apreciar en la **Tabla 4-7 Características del Servidor Web.** .

Tabla 4-7 Características del Servidor Web. [56] [57]

Características	Apache	Lighttpd	nginx
Precio	Libre	Cuota Mensual	Libre
Tiempo de Respuesta	3.34s	6.21s	5.79s
Peticiones por Segundo	5.79	5.75	8.47

4.7.1 Selección del Servidor web.

Para la correcta selección de modulo a utilizar, se parten de las siguientes características:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Implementación**

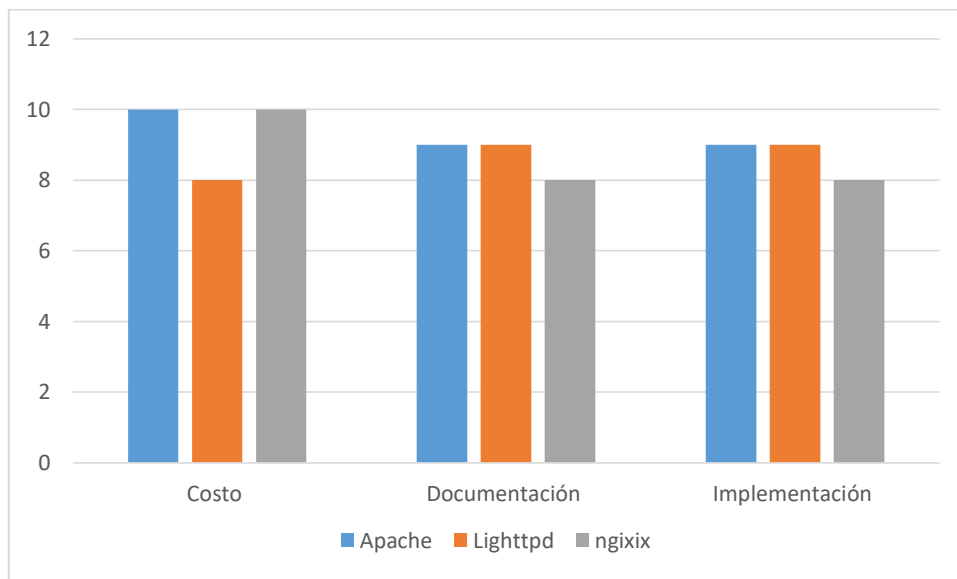


Figura 4-6 Gráfico de las características técnicas de los Servidores Web.

Como se observó en la gráfica de la Figura 4-6 Gráfico de las características técnicas de los Servidores Web., la opción de Lighttpd queda descartada, debido a

que se requiere una mensualidad, a diferencia de las otras dos opciones; y dado que la facilidad de implementación de Apache es mayor que Nginx, se selecciona Apache como el servidor a utilizar.

4.8 Cámara.

En el mercado existe una gran variedad de cámaras y webcam de distintas marcas como son, Canon, Microsoft, Logitech, Genius. Para propósitos del proyecto, se evaluaron tres opciones: Logitech C170, Microsoft Life Cam 6000 y la Raspberry Pi Camera Module. Las características de cada una se pueden apreciar en la **Tabla 4-8 Características Técnicas Diferentes Webcam.** .

Tabla 4-8 Características Técnicas Diferentes Webcam. [58] [59] [60]

Características	Microsot Life Cam	Logitech C170	Picamera
Precio	38.000	14.000	26.500
Resolución	5 Mpx	5 Mpx	8 Mpx
Conexión	USB 2.0	USB 2.0	camera port
Dimensiones	114x60x45 mm	212x154x80 mm	25x23x9 mm

4.8.1

Selección de la Cámara

Se evaluarán las siguientes características:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Implementación**
- **Fácil Adquisición**
- **Resolución:** Se necesita una cámara con una imagen nítida de al menos 5 Mpx, para obtener una lectura correcta por parte del programa de reconocimiento de placas, por ende, entre mayor resolución, mayor puntaje.

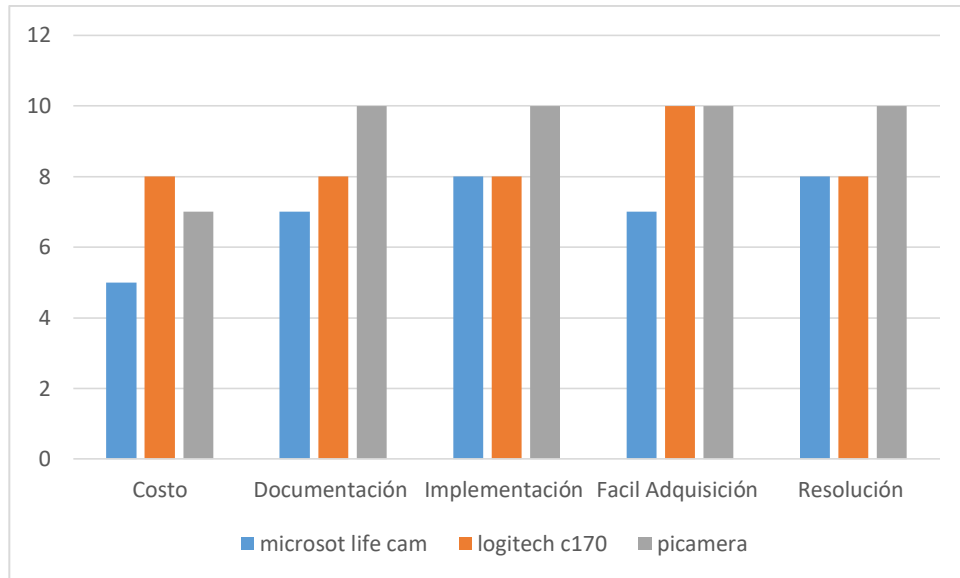


Figura 4-7 Gráfica de las características de las Cámara.

Según los datos del gráfico de la Figura 4-7 Gráfica de las características de las Cámara., la que presenta mayor precio es la Microsoft Life Cam, por lo tanto, queda descartada ya que los dos modelos restantes, tiene características similares, aunque al tener mejor resolución la PiCamera y ser un requisito necesario, se selecciona está para el proyecto.

4.9 Relé.

Para la activación de la barrera automática, es necesario de un relé para que pueda ser controlado por el microprocesador, en el mercado existen varios tipos, como por ejemplo el mecánico y el de estado sólido. En la **Tabla 4-9 Características de los Relés.**, se puede ver las características de ambos relés:

Tabla 4-9 Características de los Relés. [61] [62]

Características	Mecánico	Estado Sólido
Voltaje de Alimentación	5 V	5V
Voltaje de Activación de Entrada	3.5 – 12 V	2.5 – 20 V
Voltaje Máximo a Controlar	DC: 30 V AC:250 V	AC: 240 V

4.9.1 Selección del Relé

Se procede a realizar la evaluación de los relés, a partir de los siguientes criterios:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Implementación**
- **Fácil Adquisición**
- **Desgaste:** Se debe tomar en cuenta el desgaste que puede presentar el relé por su constante uso. A menor desgaste, mayor puntuación.

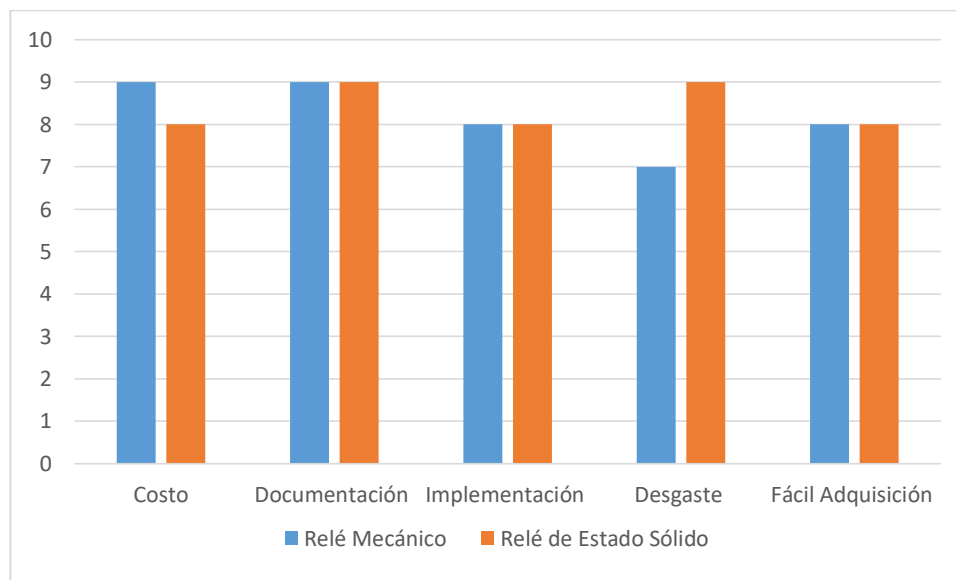


Figura 4-8 Gráfica de las características de los Relé

Como se aprecia en la Figura 4-8 Gráfica de las características de los Relé, el relé de estado sólido, tiene un mayor precio que el mecánico, en los que correspondiente a Implementación, documentación y Adquirió, tienen igual puntuación, y a pesar que el relé mecánico presenta mayor desgaste que el de estado sólido, este factor no presenta mayor relevancia para el correcto funcionamiento del proyecto por lo cual, el relé mecánico es escogido para el proyecto.

4.10 Pantalla

Por el motivo de que el sistema es constantemente usado por diversos miembros de la municipalidad, los cuales deben de contar con acceso a los vehículos, y que estos últimos tienen diversos requisitos para su asignación, es que se debe guiar al usuario, para realizar una asignación correcta o indicarle si se presenta algún problema en la asignación.

Por tal razón es que se implementa una pantalla informativa para guiar al usuario, y dado que en el mercado existe una gran gama de éstas se realizó una preselección y por lo cual se discutirán los resultados de las 3 mejores opciones, a opinión del estudiante: la pantalla 3.5 inch Pi TFT LCD Touchscreen, la pantalla Graphic LCD 84x48 - Nokia 5110 y la Raspberry Pi 7" Touch Screen Display.

Tabla 4-10 Características de las pantallas. [63] [64]

Características	Nokia 5110	Pi TFT LCD	Raspberry Pi 7"
Resolución	48 x 84 pixels	320 x 480 pixels	800 x 480 pixels
Interfaz	I2C	SPI	Display to the serial (DSI) port on the Raspberry Pi
Tamaño Físico	45 x 45 mm	75 x 50 mm	194 x 110 mm
Presenta Touchscreen	No	Sí	Sí

4.10.1 Selección de la Pantalla

Se procede a realizar la evaluación de las diferentes pantallas, a partir de los siguientes criterios:

- **Costo**
- **Documentación**
- **Implementación**
- **Fácil Adquisición**
- **Resolución:** Se debe tomar en cuenta la claridad con que se da el mensaje, por tanto a mejor resolución, mayor puntuación.
- **Facilidad de Uso:** Dado la diversidad de pantallas y a sus diferentes puertos de conexión y a la complejidad de estos, entre mayor sea su dificultad de manejo, menor será su puntuación.

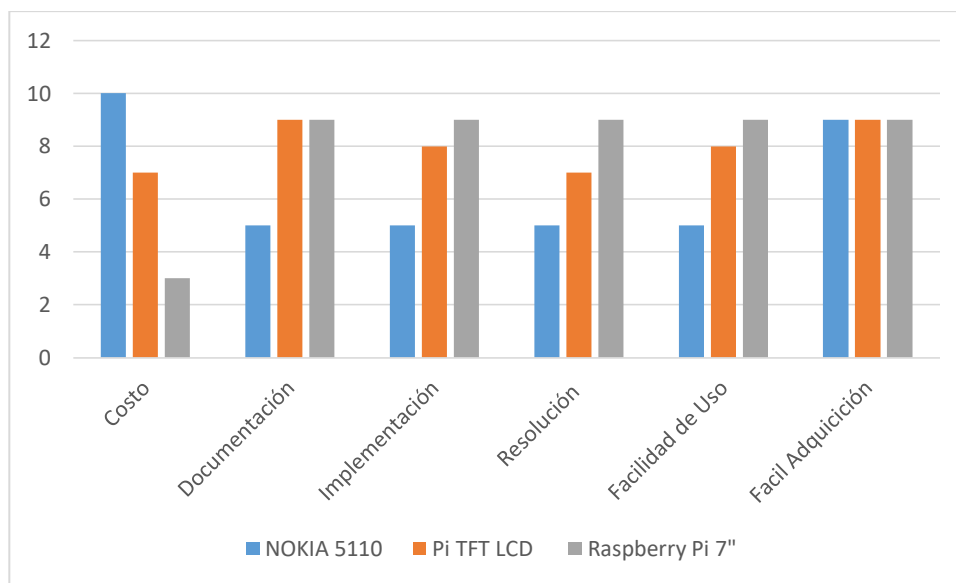


Figura 4-9 Gráfica de las características de las Pantallas

Como se aprecia en la Figura 4-9 Gráfica de las características de las Pantallas, la pantalla Pi TFT LCD está a la par de la Raspberry Pi 7'', mientras que la pantalla Nokia 5110 se encuentra por debajo de estas lo cual la deja descartada, mientras que la Raspberry Pi 7'' queda descartada por su elevado costo, dejando como la opción válida la pantalla Pi TFT LCD, la cual se usara en el proyecto.

4.11

Implementación del Control de Acceso

Como se mencionó al inicio del capítulo para dar solución al problema planteado en este documento, se propone el diagrama de bloques de la Figura 4-1 Diseño modular del sistema de control de acceso vehicular, donde sus conexiones y configuraciones son de suma importancia para así obtener un correcto funcionamiento del dispositivo.

4.11.1

Conexión de la pantalla

Dado las características de la pantalla Pi TFT LCD y que su interfaz de conexión es mediante el puerto SPI, disponible en la Raspberry Pi se procede a realizar la instalación de las librerías e instancias necesarias para el manejo de la pantalla.

Con respecto a la distribución de pines de la Raspberry Pi 3, la cual se aprecia en la Figura 4-10 Distribución de Pines del Raspberry Pi 3 y recalando que se utiliza el protocolo de comunicación SPI, se toma en cuenta la información suministrada en la Figura 4-11 Distribución de Pines de la pantalla Pi TFT LCD. con la distribución de los pines a usar.

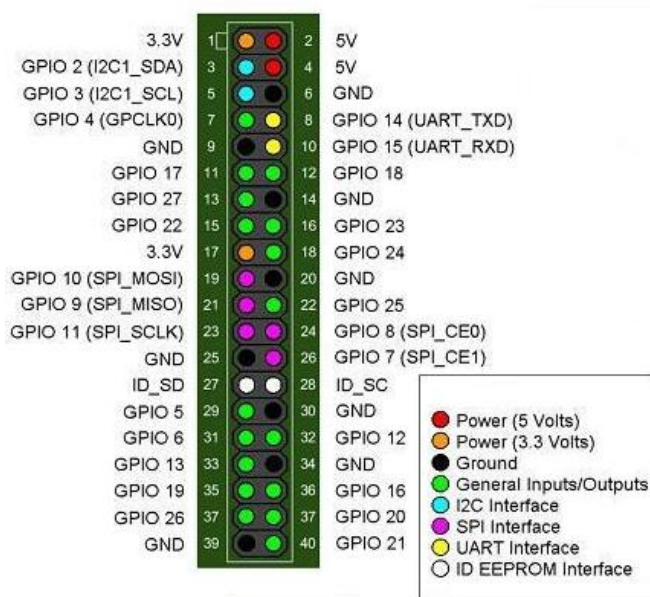


Figura 4-10 Distribución de Pines del Raspberry Pi 3 [65]

PIN NO.	SYMBOL	DESCRIPTION
1, 17	3.3V	Power positive (3.3V power input)
2, 4	5V	Power positive (5V power input)
3, 5, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16	NC	NC
6, 9, 14, 20, 25	GND	Ground
11	TP_IRQ	Touch Panel interrupt, low level while the Touch Panel detects touching
18	LCD_RS	Instruction/Data Register selection
19	LCD_SI / TP_SI	SPI data input of LCD/Touch Panel
21	TP_SO	SPI data output of Touch Panel
22	RST	Reset
23	LCD_SCK / TP_SCK	SPI clock of LCD/Touch Panel
24	LCD_CS	LCD chip selection, low active
26	TP_CS	Touch Panel chip selection, low active

Figura 4-11 Distribución de Pines de la pantalla Pi TFT LCD. [63]

Se debe tener un cuidado especial a la hora de definir los pines, ya que estos se pueden definir por su nombre o por su número de distribución en la tarjeta, en este caso se definen por el nombre del pin.

4.11.2 *Conexión del módulo MFRC 522.*

Tomando en cuenta las características del módulo MFRC 522 y de la Raspberry Pi, se establece un módulo de comunicación del tipo SPI, debido a su velocidad y a que no limita la cantidad de bits a transmitir.

Con respecto a la distribución de pines de la Raspberry Pi 3, la cual se aprecia en la Figura 4-10 Distribución de Pines del Raspberry Pi 3 y recalando que se utiliza el protocolo de comunicación SPI, se toma en cuenta la información suministrada en la **Tabla 4-11 Pines de conexión del Raspberry Pi con el Modulo MFRC 522** con la distribución de los pines a usar.

Tabla 4-11 Pines de conexión del Raspberry Pi con el Modulo MFRC 522 [66] [67]

MFRC 522 label	MFRC 522 pin	RPI3 pin	Gpio label
SDA	1	24	GPIO 8
SCK	2	23	GPIO 11
MOSI	3	19	GPIO 10
MISO	4	21	GPIO 9
GND	6	25	GND
RST	7	22	GPIO 25
3.3 V	8	1	3.3 V

Tomando la configuración del integrado del lector MFRC 522 [68], ver la Figura 4-12 Distribución de Pines del MFRC 522 y la Figura 4-13 Conexión lector MFRC 522 con la Raspberry Pi 3 y tomando los datos de la **Tabla 4-11 Pines de conexión del Raspberry Pi con el Modulo MFRC 522** se puede dar una descripción de los pines de importancia para la comunicación SPI con el microcontrolador, como se puede observar en la **Tabla 4-12 Pines de conexión del Módulo MFRC 522 con el Raspberry Pi 3**.

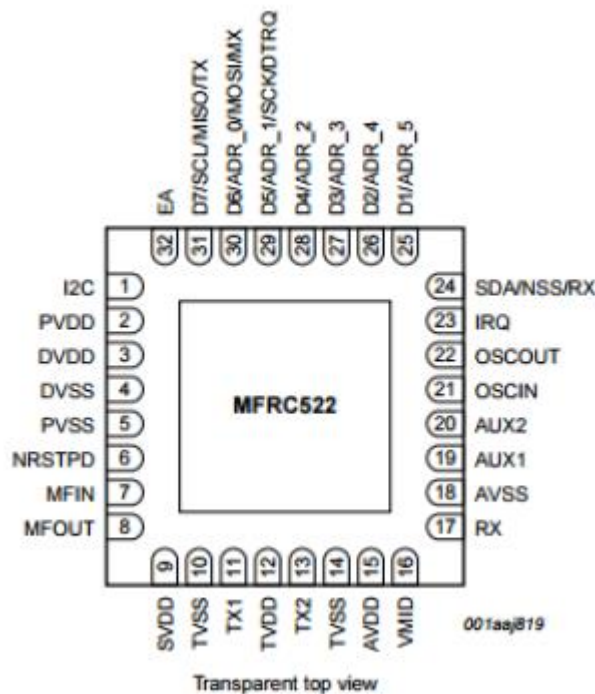


Figura 4-12 Distribución de Pines del MFRC 522 [68]

Tabla 4-12 Pines de conexión del Módulo MFRC 522 con el Raspberry Pi 3

Descripción	MFRC 522 pin	RPI3 pin
Bus Serial	1 – SDA	24 – GPIO 8

Reloj	2 - SCK	23 – GPIO 10
SPI Master Out, Slave In	3 – MOSI	19 – GPIO 11
SPI Master In, Slave Out	4 – MISO	21 – GPIO 9

Tomando en cuenta la información descrita en la **Tabla 4-12 Pines de conexión del Módulo MFRC 522 con el Raspberry Pi 3**, con respecto a protocolo SPI y en la **Tabla 4-11 Pines de conexión del Raspberry Pi con el Modulo MFRC 522**, con respecto al análisis de pines del Raspberry Pi y los módulos MFRC 522, se puede realizar una conexión adecuada del sistema como se observa en la Figura 4-13 Conexión lector MFRC 522 con la Raspberry Pi 3 .

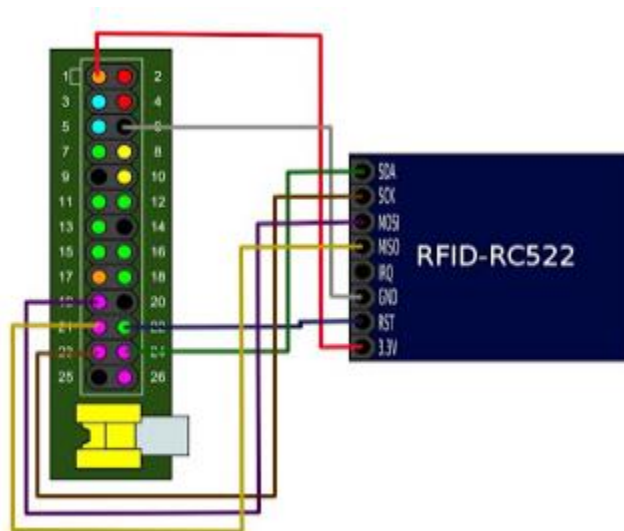


Figura 4-13 Conexión lector MFRC 522 con la Raspberry Pi 3 [67]

4.11.3 *Conexión del sistema de respaldo.*

Para el sistema de respaldo, como se nota en la Figura 4-14 PowerBoost 1000 , el integrado tiene 3 puertos de conexión: uno hacia el microcontrolador, otro para la fuente de alimentación y el último es la conexión de la batería, el sistema se encarga de cargar la batería, siempre que exista un flujo de corriente de parte de la fuente, en caso de un corte eléctrico, el sistema se alimentara de la batería de 3.7V, que son transformados a 5V por el PowerBoost, para que continúe operando.

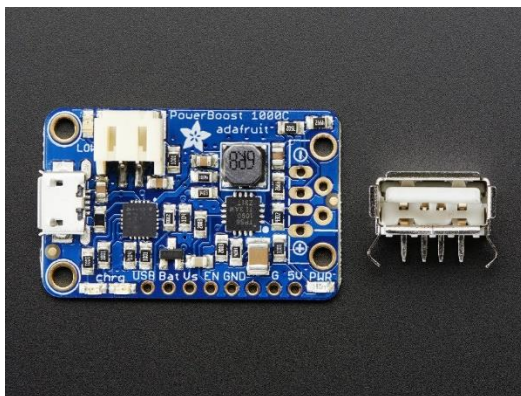


Figura 4-14 PowerBoost 1000 [48]

4.11.4

Conexión e instalación de la Cámara.

Para la conexión de la Pi Cámara, como se muestra en la Figura 4-15 Pi Cámara ésta cuenta con una banda plana, destinada para conectar en un puerto específico de la Raspberry Pi como se muestra en la Figura 4-16 Conexión de la Pi Cámara en la Raspberry Pi 3..

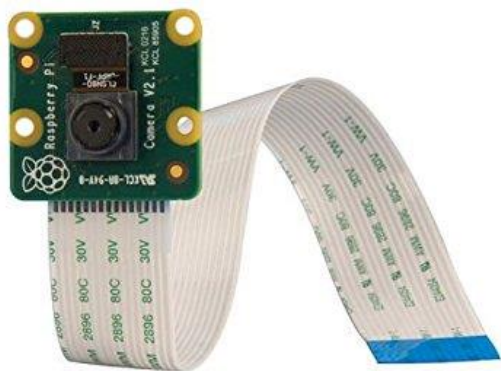


Figura 4-15 Pi Cámara



Figura 4-16 Conexión de la Pi Cámara en la Raspberry Pi 3.

Con respecto al manejo de ésta cámara se debe proceder a la instalación de la librería con la cual desea usar la cámara, en este caso se usara la librería “*python-picamera*” como se muestra en la Figura 4-17 Instalación de la librería *python-picamera*, y mediante el uso de un script de Python y de las funciones presentes en la librería [69], se realiza el manejo de la Pi Cámara.

```
pi@raspberrypi:~ $ sudo apt-get install python-picamera
Leyendo lista de paquetes... Hecho
Creando árbol de dependencias
Leyendo la información de estado... Hecho
Paquetes sugeridos:
  python-picamera-docs
Se instalarán los siguientes paquetes NUEVOS:
  python-picamera
0 actualizados, 1 nuevos se instalarán, 0 para eliminar y
0 no actualizados.
Se necesita descargar 0 B/154 kB de archivos.
Se utilizarán 736 kB de espacio de disco adicional después
de esta operación.
ATENCIÓN: ¡No se han podido autenticar los siguientes paqu
etes!
  python-picamera
¿Instalar estos paquetes sin verificación? [s/N] s
Seleccionando el paquete python-picamera previamente no se
leccionado.
(Leyendo la base de datos ... 134217 ficheros o directorio
s instalados actualmente.)
Preparando para desempaquetar ../python-picamera_1.13_arm
hf.deb ...
Desempaquetando python-picamera (1.13) ...
Configurando python-picamera (1.13) ...
```

Figura 4-17 Instalación de la librería python-picamera

4.11.5

Conexión de los Concave Button.



Figura 4-18 Concave Button [70].

La conexión de estos botones es sencilla y fácil, como se aprecia en la Figura 4-18 Concave Button ., con una conexión directo a V_{CC} (3.3V), otra a GND (tierra) y la última a un GPIO asignado por el estudiante, como se muestra en la Figura 4-19 Circuito para la conexión de los concave button., y con respecto al cálculo de las resistencias R_1 y R_2 estas se demostraran a continuación.

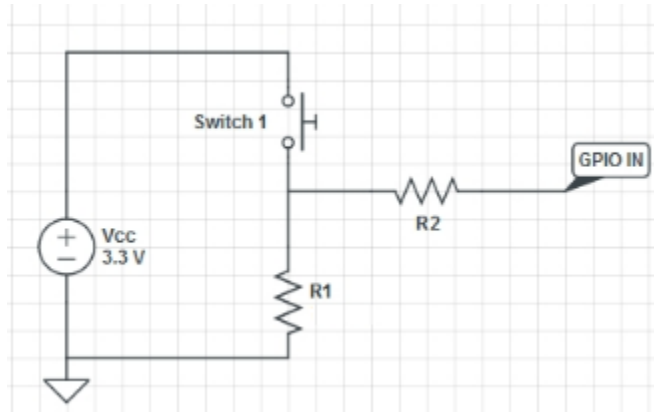


Figura 4-19 Circuito para la conexión de los concave button.

Con respecto al cálculo de la resistencia R_1 , primero se confirma que se desea tener una corriente muy pequeña en el orden de los miliamperios o microamperios pero con suficiente carga para poder alimentar al GPIO sin presentar problemas, dado que este ocupa una corriente máxima de 16 mA .

$$V = I_1 R_1 \quad (1)$$

Despejando el valor de R_1

$$R_1 = \frac{V}{I_1} \quad (2)$$

Si se toma un valor para $I_1 = 330\ \mu\text{A}$ dado que esta corriente sería la de descarga, una corriente muy cercana a cero tanto que se puede despreciar.

$$R_1 = \frac{3.3\text{ V}}{330\ \mu\text{A}} \quad (3)$$

$$R_1 = 10\text{ k}\Omega \quad (4)$$

Dado a que éste valor es un valor comercial [71], se opta por usar una resistencia $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, con la cual se asegura una corriente de descarga de $330 \mu\text{A}$. Mientras que para el cálculo de la resistencia de protección del GPIO (R_2) se parte la información de la hoja de datos de la Raspberry [53], y de la Ecuación (2).

$$R_2 = \frac{V}{I_2} \quad (5)$$

Dado que los puertos GPIO soportan una corriente máxima de 16 mA, si se supera puede dañar el puerto, por tal motivo se realizaran los cálculos para R_2 , y obtener como resultado una corriente $I_2 = 3.3 \text{ mA}$.

$$R_2 = \frac{3.3 \text{ V}}{3.3 \text{ mA}} \quad (6)$$

$$R_2 = 1 \text{ k}\Omega \quad (7)$$

Dado que se los valores de resistencias se encuentran como valores comerciales y I_1 es lo suficientemente pequeña en comparación con I_2 , se asegura una correcta interpretación por parte de los botones.

Para hacer un correcto uso de estos botones se debe emplear las funciones "GPIO" las cuales se encuentran en la librería "RPi.GPIO" que esta por defecto instalada en la Raspberry, utilizando el script apropiado para Python como se muestra en la Figura 4-20 Código de control para los Concave Button..

```
# Se asignan los botones a los pines
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(16, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(17, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
```

Figura 4-20 Código de control para los Concave Button.

4.11.6

Conexión del Módulo XBee Explorer

La conexión de módulo SparkFun XBee Explorer USB y la Raspberry se realiza mediante un cable USB a mini USB, con capacidad de transferencia de datos, según se ve en la Figura 4-21 Cable USB a mini USB, y su manejo se hace

mediante el re direccionamiento del puerto serial al USB0 de la Raspberry como se aprecia en la (tomar foto de esto)



Figura 4-21 Cable USB a mini USB [72]

4.11.7 Conexión del Módulo Periférico.

Internamente este es una combinación de módulos, empezado con el controlador una placa Arduino Uno, encargada de la comunicación con la Raspberry, el manejo e interpretación de datos por parte del lector M6E Nano el control de dispositivos periféricos como lo son la barra de led, Buzzer y la señal de activación del motor.

La comunicación entre la palca Arduino y la placa Raspberry, se realizó mediante el módulo XBee utilizando el puerto de comunicación serial, por medio de hardware, usando los pines digitales 0 (Rx) y 1 (Tx), según se aprecia en la Figura 4-24 Distribución de pines Placa Arduino Uno., con una velocidad de 9600 Baud Rate.

La conexión del lector RFID de SparkFun M6E Nano con la placa Arduino se realizó mediante el puerto Serial, utilizando para esto la librería “*SoftwareSerial.h*” para controlar los el puerto serial por medio de software y asignando en los pines digitales 2 (Rx) y 3 (Tx) y la librería “*SparkFun_UHF_RFID_Reader.h*” para el control del módulo M6E Nano como se aprecia en la Figura 4-22 Código para la inicialización del M6E Nano..

```

#include <SoftwareSerial.h> //Used for transmitting to the device

SoftwareSerial M6E(2, 3); //RX, TX

#include "SparkFun_UHF_RFID_Reader.h" //Library for controlling the M6E Nano module
RFID nano; //Create instance

void setup() {
  //Iniciando SPARKFUN M6E
  M6E.begin(115200);
  while (!M6E); //Wait for the serial port to come online

  if (setupNano(38400) == false){ //Configure nano to run at 38400bps
    Serial.println(F("Fallo de respuesta del Modulo."));
    while (1); //Freeze!
  }

  nano.setRegion(REGION_NORTHAMERICA); //Set to North America

  nano.setReadPower(500); //5.00 dBm. Higher values may causes USB port to brown out
  //Max Read TX Power is 27.00 dBm and may cause temperature-limit throttling

  while (M6E.available()); //Wait for user to send a character
  M6E.read(); //Throw away the user's character

  nano.startReading(); //Begin scanning for tags
}

```

Figura 4-22 Código para la inicialización del M6E Nano.

Con respecto a las conexiones para la barra de leds y el buzzer, se realizara por medio de los relés, siguiendo la conexión mostrada en la Figura 4-23 Circuito para la conexión de la etapa de potencia..

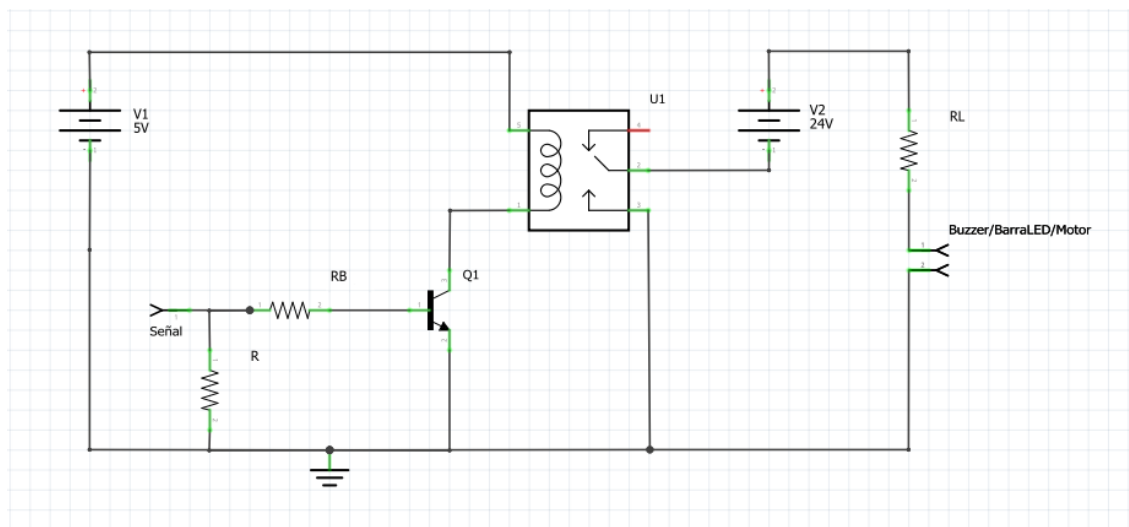


Figura 4-23 Circuito para la conexión de la etapa de potencia.

Para el cálculo de la resistencia R se utilizó las ecuaciones obtenidas por el análisis de mallas y conociendo los siguientes datos a partir de $I_C = 100mA$, $\beta = 350$, $I_1 = 16mA$, $V_{BE} = 0,7V$.

$$-V_{GPI0} + (I_1 - I_2)R = 0 \quad (8)$$

$$V_{GPI0} = (I_1 - I_2)R \quad (9)$$

Y conociendo la relación:

$$I_2 = I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad (10)$$

Evalutando (9) en (8):

$$3.3V = \left(16mA - \frac{100mA}{350}\right)R \quad (11)$$

Despejando R :

$$R = 210\Omega \quad (12)$$

$$R \approx 220\Omega \quad (13)$$

Para el caso de la resistencia R_B :

$$(I_2 - I_1)R + I_2R_B + V_{BE} = 0 \quad (14)$$

Despejando R_B y utilizando (10):

$$R_B = \frac{(-V_{BE} - (I_2 - I_1)R)\beta}{I_C} \quad (15)$$

$$R_B = 9.1k\Omega \quad (16)$$

$$R_B \approx 10k\Omega \quad (17)$$

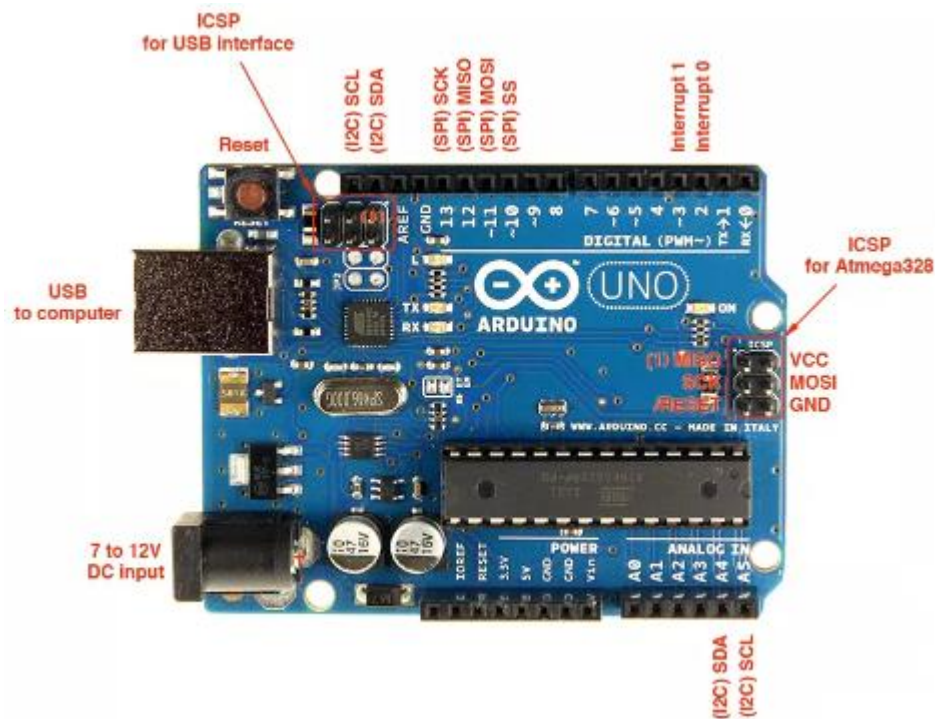


Figura 4-24 Distribución de pines Placa Arduino Uno. [73]

4.11.8 Conexión Etapa de Potencia

Para la etapa de potencia se debe cumplir con los requisitos mostrados en la **Tabla 4-13 Resumen Información Técnica del Motor**, esto para garantizar el correcto manejo del motor.

Tabla 4-13 Resumen Información Técnica del Motor [74]

Motor	G4000 – G40001
Grado de Protección.	IP54
Alimentación Motor	24 V DC
Potencia Max	300 W
PAR	200
Tiempo de Apertura 90°	2 a 6 s
Intensidad de Trabajo	Uso intensivo
Temperatura de funcionamiento	-50 a 55 °C

También se debe tener en cuenta la corriente de entrada la cual no la especifican pero ésta se puede calcular mediante la Ecuación (18):

$$P = V * I \quad (18)$$

Despejando I :

$$I = \frac{P}{V} \quad (19)$$

Sustituyendo los valores mostrados en la **Tabla 4-13 Resumen Información Técnica del Motor** :

$$I = \frac{300 \text{ W}}{24 \text{ V}} \quad (20)$$

$$I \approx 12 \text{ A} \quad (21)$$

Por ende, para estos valores se diseña primeramente una fuente que suministre una tensión de $24V \text{ DC}$ y una corriente de $10A \text{ DC}$, con lo cual se obtendrá una potencia de $240W$, dicho diseño se aprecia en la Figura 4-25 Diseño de Fuente para el Motor.

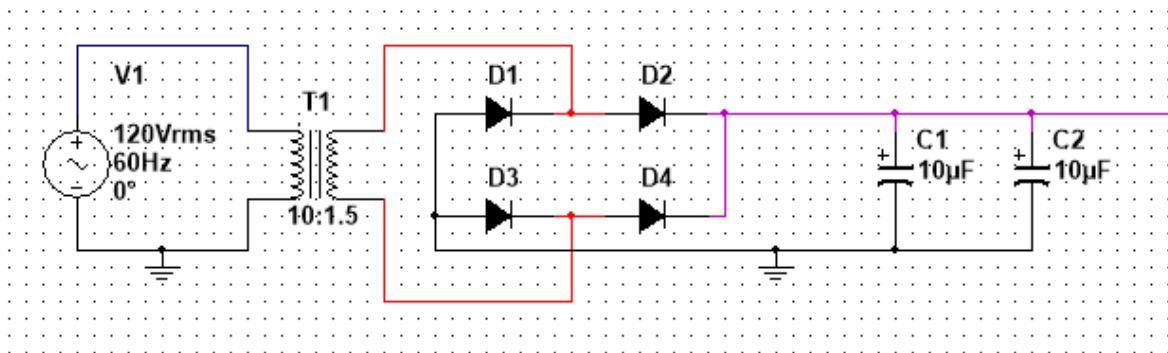


Figura 4-25 Diseño de Fuente para el Motor

Por tanto para el circuito de la Figura 4-25 Diseño de Fuente para el Motor se diseña para una corriente mayor a los $10A$ empezando por el rectificador, el cual se usa uno de $50V @ 15A$ (KBK15A) mientras que para la etapa del filtro también se diseña para una corriente mayor permitiendo que su etapa de carga sea muy rápida mientras su etapa de descarga sea moderada, esto para evitar cualquier fallo ante alguna eventualidad en la red

eléctrica, por lo cual si se desea tener una corriente de salida de 10A se requiere un capacitor electrolítico de aproximadamente de $20\mu F @ 35V$.

Mientras que para el control de dicho motor se hará uso de un microcontrolador ATMega328 en una placa de desarrollo Arduino Uno, y para evitar que esta placa reciba cualquier retroalimentación por parte del motor se implementara el circuito de protección mostrado en la Figura 4-26 Circuito de protección de la placa Arduinoy como se aprecia esta placa está conectada al motor por medio de un optoacoplador lo cual significa que no existe una conexión física entre ambas partes.

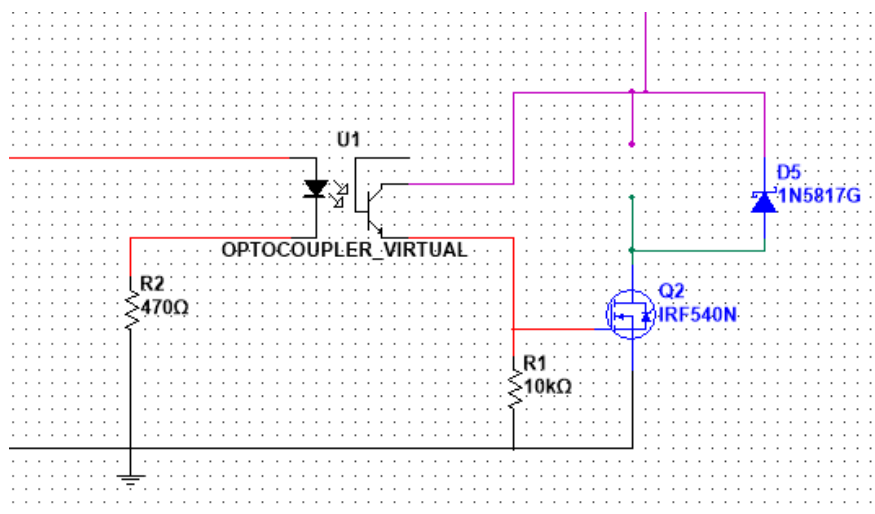


Figura 4-26 Circuito de protección de la placa Arduino.

En dicha etapa también se hará uso de un diodo schottky en paralelo con el motor para asegurarse de eliminar cualquier tipo de corriente parasita, por otra parte se usara un transistor de alta conmutación el cual tendrá una función de switch permitiendo o negando el paso de la corriente.

5 Costos

Como se planteó en la Sección 3.3 del documento, uno de los parámetros importantes a considerar para la selección de los componentes, es el factor económico, debido a que el presupuesto para el proyecto no era muy elevado, por lo que se procede a analizar los costos totales de fabricación del dispositivo, estos datos se resumen en la **Tabla 5-1 Costo del Proyecto**.

Tabla 5-1 Costo del Proyecto

Cantidad	Descripción	Costo Unidad	Costo Total
2	Placa Arduino	\$ 10,40	\$ 20,80
2	Barra de led RGB	\$ 6,99	\$ 13,98
2	Lector RFID M6E-NANO	\$ 199,95	\$ 399,90
2	Antenas para lector RFID M6E-NANO	\$ 34,95	\$ 69,90
6	Laser	\$ 5,50	\$ 33,00
6	Receptor de laser	\$ 1,70	\$ 10,20
2	Motor portón Eléctrico	\$ 125,00	\$ 250,00
2	Relé 24V	\$ 25,00	\$ 50,00
3	XBee tipo s2	\$ 44,95	\$ 134,85
2	XBee shield para Arduino	\$ 17,95	\$ 35,90
1	Raspberry pi 3	\$ 61,95	\$ 61,95
1	RTC	\$ 4,95	\$ 4,95
1	Memoria micro SD 32 Gb	\$ 32,95	\$ 32,95
1	Disipador de calor	\$ 2,95	\$ 2,95
3	Transformadores 110AC -5,25DC	\$ 12,50	\$ 37,50
1	Caja protectora placa embebida	\$ 14,95	\$ 14,95
3	Led verde	\$ 0,27	\$ 0,81
3	Led rojo	\$ 0,27	\$ 0,81
6	Led holder 5mm	\$ 0,60	\$ 3,60
1	Lector RFID MFRC 522	\$ 9,95	\$ 9,95
1	XBee explorer USB	\$ 29,95	\$ 29,95
1	Pantalla LCD de 3,5 pulgadas	\$ 49,95	\$ 49,95
1	PiCamera	\$ 46,95	\$ 46,95
3	Concave button	\$ 0,75	\$ 2,25
3	Batería recargable de ion litio 3,7V y 5000mAh	\$ 33,75	\$ 101,25
3	Power Boost 1000 Cargador	\$ 23,95	\$ 71,85
20	UHF RFID tag - adhesive	\$ 1,50	\$ 30,00
20	RFID tag frecuencia 13,6 MHz (tipo llavero)	\$ 0,95	\$ 19,00

TOTAL	\$	1 540,15
--------------	-----------	-----------------

Por lo anterior el precio total del proyecto fue de aproximadamente \$1.540 el cual no es muy cercano a los \$1.000 que se tenían previstos y a pesar que sobrepasa el monto establecido, es barato en comparación a los sistemas comerciales que rondan los precios desde los \$2000 hasta los \$5.000, que solamente cuentan con un sistema de reconocimiento o de identificación, a diferencia del que se emplea en el plantel que implementa dos sistemas de comprobación para la entrada y salida.

6 Análisis y Resultados.

El sistema empieza a funcionar mediante la ejecución del programa principal, MENU.py, el cual se encarga de controlar sufunciones, las cuales están encargadas de controlar los diferentes módulos implementados en el proyecto, como lo son los botones, el lector RFID, la base de datos, entre otros.

6.1 Lector MFRC 522

Con respecto a la librería que se escogió fue por su documentación, por su compatibilidad con el lenguaje de programación de Python y por su facilidad en el manejo del lector.

La instalación de la librería para el control del lector no produjo dificultad alguna, más si requirió invertir una gran cantidad de tiempo, dado que los archivos presentes en la librería eran en extensos pesados. Una vez terminada la descarga de todos los archivos se procedió a revisar los códigos de ejemplos presentes en github, para el manejo del lector, estos requirieron de algún tiempo poder entenderlos, pero una vez entendidos se procedió a realizar los ajustes necesarios para implementar un código que ajuste el lector a las necesidades del proyecto.

Este proceso dio como resultado final un código que realiza la lectura de la tarjeta de identificación (TAG), extrayendo de su codificación el ID y lo envía a los códigos del proyecto que ocupen dicha información para su comparación con respecto a la base de datos, este código tiene como función el limitarse a leer el ID de los TAG, y en caso de que se produzca algún error en la lectura éste se en cicla hasta obtener una lectura correcta.

```
Card read UID: 130,198,34,213
Size: 8
Sector 8 [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
Card detected
```

Figura 6-1 Prueba de Lectura del Módulo MFRC 522.

Una vez obtenido el código se procede a realizar las pruebas de lectura como se parecía en la Figura 6-1 Prueba de Lectura del Módulo MFRC 522, pero como se aprecia en dicha figura el código leído se encuentra en decimal, por lo cual se procedió a concatenar dicho código numérico, con el inconveniente de que en la base de datos del

personal municipal el código ID era diferente debido a una doble conversión realizada por el código que se había implementado.

Para resolver este problema se procedió a realizar una conversión de decimal a hexadecimal, posteriormente se concadenaron los códigos hexadecimales de la matriz de la posición 3 a la posición 0, para nuevamente realizar una conversión de hexadecimal a decimal, y así obtener el mismo código de ID presente en la base de datos usada por la municipalidad.

Tabla 6-1 Comparativa de la lectura de las distintas tarjetas RFID

TAG	Base de Datos	Lector MFRC 522	Lectura Convertida
1	1499283441	89,93,63,241	1499283441
2	1498848094	89,86,155,94	1498848094
3	3647820022	217,109,80,246	3647820022
4	93713055	89,95,2,159	93713055
5	1498850417	89,86,164,113	1498850417

En la **Tabla 6-1 Comparativa de la lectura de las distintas tarjetas RFID** se pueden considerar las mediciones realizadas, en donde se puede apreciar el correcto funcionamiento del lector, al observar las mismas lecturas de todos los tag's con respecto a los datos guardados en la base de datos.

Para asegurar que el lector realice correctamente las mediciones de los tag's, se puede apreciar los trenes de pulsos MOSI (amarillo) y MISO (verde) en la Figura 6-2 Respuesta de la transmisión de las líneas MOSI y MISO del módulo MFRC522 con el Raspberry Pi 3, que genera el lector cuando se encuentra en estado de espera para realizar la lectura de los tag's, donde se puede apreciar una diferencia de 5µs de transmisión entre el Raspberry Pi y el lector.

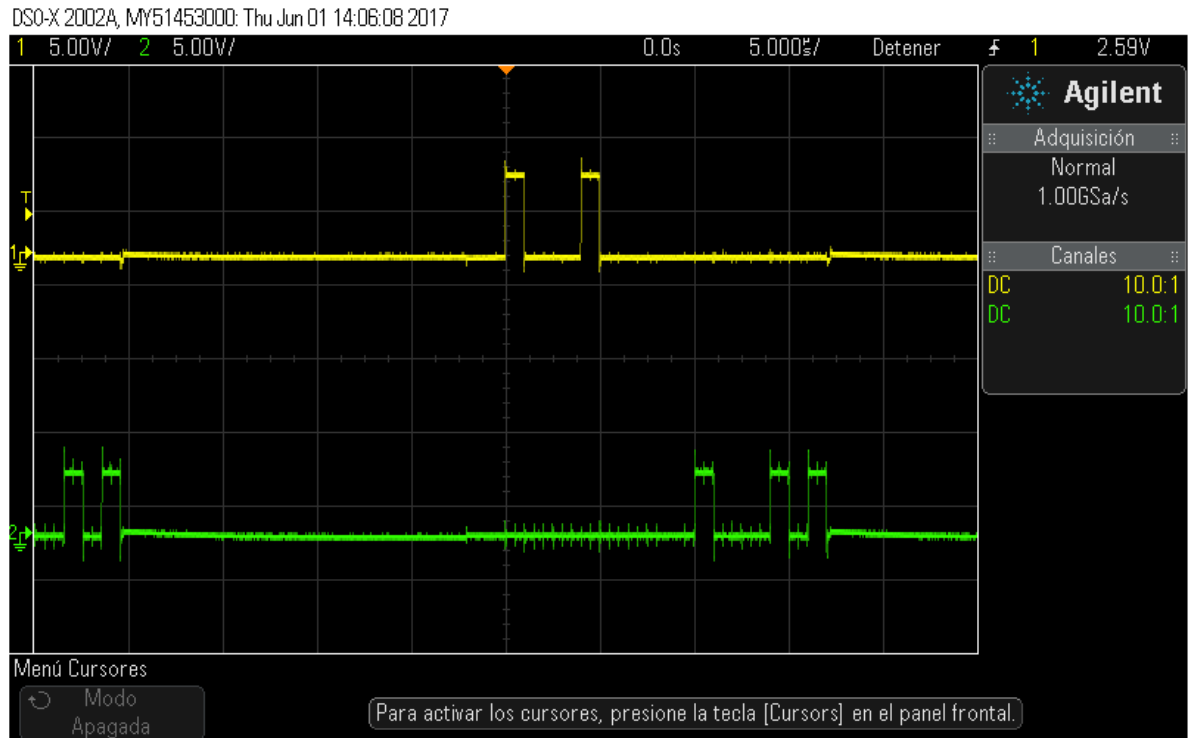


Figura 6-2 Respuesta de la transmisión de las líneas MOSI y MISO del módulo MFRC522 con el Raspberry Pi 3

También se comprobó el funcionamiento del lector a diferentes distancias de lectura, cuyos resultados se observan en la **Tabla 6-2 Funcionamiento del lector MFRC 522 a distintas distancias de lectura.**

Tabla 6-2 Funcionamiento del lector MFRC 522 a distintas distancias de lectura

Distancia (cm)	Lectura
0,5	Sí
1,0	Sí
1,5	Sí
2,0	Sí
2,5	Sí
3,0	Sí
3,5	Sí
4,0	No
4,5	No

Como se aprecia la lectura no funciona cuando el lector se encuentre a una distancia mayor a 4 cm, es decir, es la distancia máxima que el lector genera un campo para realizar las lecturas, y de acuerdo a la hoja técnica la distancia de lectura se encuentra un poco por

debajo a la suministrada por el fabricante del lector de 5 cm [68], pero cabe recordar que el lector se alimentó con 3.3V y no con 5 V, por lo que puede generar la diferencia de potencia de la distancia de lectura de la **Tabla 6-2 Funcionamiento del lector MFRC 522 a distintas distancias de lectura.**

6.2 Pantalla Pi TFT LCD

Con respecto a la instalación de dicha pantalla no hay que argumentar mucho, dado que ésta venía con un instructivo donde se recomendaba usar la librería “fbi”, para control de las imágenes enviadas por la Raspberry y las librerías “xinput” y “xserver-xorg-input-evdev” para en manejo del “touchscreen”, esto por parte de la casa de ventas [63].

Por lo cual cuando la librería estuvo instalada y todos los demás ajustes hechos, se conectó la pantalla y se procedió a revisar el manejo de la pantalla, con el conocimiento de que la Raspberry Pi 3 no cuenta con un giroscopio ni acelerómetro por lo cual se le debe indicar la posición a la pantalla, usando la posición que trae la librería por default, esta quedo invertida según la posición en la que se ocupa poner la Raspberry como se aprecia en la Figura 6-3 por lo cual se realizó la corrección en el archivo “config.txt” en la línea “dtoverlay=piscreen,speed=16000000,rotate=270” a “dtoverlay=piscreen,speed=16000000,rotate=90” para así obtener la pantalla correctamente alineada con la Raspberry y en un correcto campo de visión.



Figura 6-3 Conexión inicial de la pantalla Pi TFT LCD.

Después de esto se procedió a desactivar la parte “*touchscreen*” de la pantalla dado que esta es irrelevante, debido al tamaño de la pantalla y a que se prefirió por parte del jefe a cargo del personal, encargado de usar la flota vehicular de la municipalidad, el uso de botones, para así tener el tamaño completo de la pantalla para guiar a los usuarios en el proceso de asignación o devolución con una letra grande y frases completas como se muestra en la Figura 6-4 Menu de Selección.

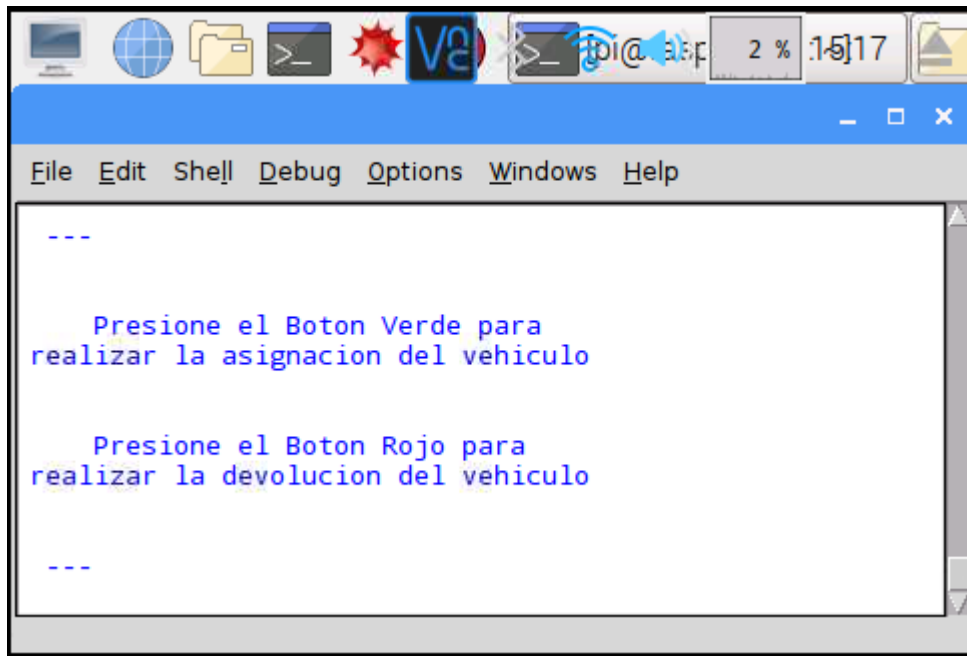


Figura 6-4 Menu de Selección.

Para la desactivación del “*touchscreen*” se pasó a modificar el archivo “*.config/lxsession/LXDE-pi/touchscreen.sh*” y se eliminan las líneas: “*DISPLAY=:0 xinput --set-prop 'ADS7846 Touchscreen' 'Evdev Axes Swap' 0*” “*DISPLAY=:0 xinput --set-prop 'ADS7846 Touchscreen' 'Evdev Axis Inversion' 0 1*” para evitar el reconocimiento de los ejes por parte de la Raspberry, también se comentaron otras líneas para deshabilitar la recepción de datos por parte de la pantalla.

Una vez instalada y preparada la pantalla, se reconoce que el puerto que ésta ocupa usar está siendo usado por el lector MFRC 522, y dado a la facilidad que representa cambiar de puerto al lector en comparación con la pantalla, y debido a que el sensor tiene diversos protocolos de comunicación (SPI, I2C, UART) es que se opta por cambiar el lector de puertos y pasar a utilizar otro protocolo de comunicación.

Después de buscar en diversas hojas de datos, diferentes foros y otras páginas de internet, no se encontró con una forma correcta de conectar el lector, que no fuese el utilizar el protocolo SPI, pero si se halló una información, en donde se especificaba que la Raspberry pi 3 posee 2 puertos de comunicación SPI independientes como se aprecia en la Figura 6-5 Distribución de pines de la Raspberry Pi 3 con sus Funciones Alternativas., por lo cual se procede a habilitar el puerto de comunicación SPI0.

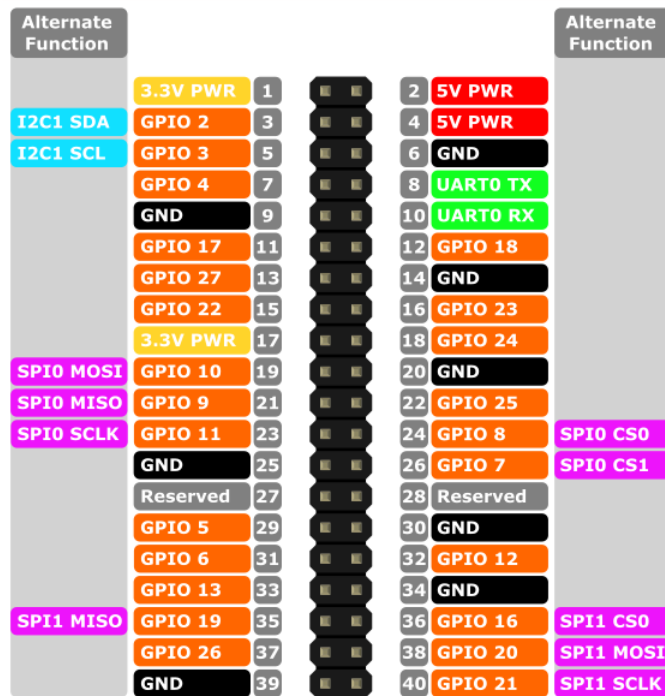


Figura 6-5 Distribución de pines de la Raspberry Pi 3 con sus Funciones Alternativas.

Para la activación del puerto SPI0 se deben ingresar al archivo interno de la Raspberry “/boot/config.txt” y en la parte opcionales como se aprecia en la Figura 6-6 Activación del puerto SPI0., se descomenta la línea “*dtparam=spi=on*” que representa la activación de la función alternativa de los pines 19, 21, 23, 24 y 26 como se parecía en la Figura 6-5 Distribución de pines de la Raspberry Pi 3 con sus Funciones Alternativas..

```
# Uncomment some or all of these to enable the optional h$
dtparam=i2c_arm=off
#dtparam=i2s=on
dtparam=spi=on
```

Figura 6-6 Activación del puerto SPI0.

Una vez realizado este cambio se debe modificar el código Python que permite realizar la lectura del MFRC 522 y sustituir el puerto de conexión de “`dev=’/dev/spidev1.1’`” a “`dev=’/dev/spidev1.0’`” el cual se encuentra en el archivo MFRC522.py, para así obtener tanto el lector como la pantalla en pleno funcionamiento como se aprecia en la Figura 6-7 Prueba de funcionamiento de la pantalla y el lector..



Figura 6-7 Prueba de funcionamiento de la pantalla y el lector.

6.3 OpenALPR (Automatic License Plate Recognition)

Este programa fue seleccionado debido a su fácil manejo y a que fue recomendado tanto por compañeros de la universidad como por miembros de la unidad técnica de la municipalidad, dado que usa una gran colección de librerías como lo son: libleptonica-dev, liblog4cplus-dev, libcurl4-openssl-dev, cmake git libgtk2.0-dev, tesseract-ocr, entre otras. La mayor parte de estas librerías son usadas para el manejo e interpretación de imágenes.

En lo relacionado a la instalación del programa se tuvo una gran cantidad de problemas, precisamente por la gran cantidad de librerías esto debido a que algunas fueron actualizadas, otras por su parte no lo han sido y otras fueron reestructuradas, haciendo que

se produjeran errores en la instalación, por la falta de alguna librería específica o porque no eran compatibles entre sí.

Para solucionar estos inconvenientes se revisó diversa bibliografía con el fin de aprender un poco más acerca de las funciones de cada librería, con el fin de dar una solución para dichos problemas, por desgracia la mayor parte de los problemas se debían a que la librería Tesseract en sus últimas actualizaciones ha perdido algunas dependencias en Leptonica y está a su vez ya no cuenta con respaldo para usar en dispositivos que usen sistemas basados en Ubuntu (Linux), por ende, siendo estos dos las librerías que rigen sobre las demás librerías, y las que son controladas directamente por la Raspberry, dio problema de incompatibilidad dado; a que existen subfunciones que desconoce o que se cambiaron los parámetros de las subfunciones que esta usaba o que la librería desconocía el comando que recibía.

Dado estos acontecimientos se realiza una lista de posibles soluciones que van desde cambiar de programa, pasando por reestructurar las librerías, y continuando con la instalación de las versiones exactas y necesarias para que funcione el programa. Finalmente se opta por la solución más sencilla aunque sea una de las más tediosas, buscar descargar e instalar las versiones exactas de las librerías que se deben usar, dado que esto no supone una ineficiencia en el programa.

Una vez localizadas las versiones exactas de Tesseract y Leptonica (ver Figura 6-8 Versión de Tesseract y Leptonica para el uso del programa OpenALPR.) para el uso del programa OpenALPR se procede a seleccionar la versión de Tesseract 3.04 y Leptonica 1.71, las cuales son compatibles con Ubuntu 16.04 el cual es el sistema base de Raspbian-Jessie sistema operativo de la Raspberry.

Tesseract	Leptonica	Ubuntu
4.00	1.74.0	Must build from source
3.04	1.71	Ubuntu 16.04
3.03	1.70	Ubuntu 14.04
3.02	1.69	Ubuntu 12.04
3.01	1.67	

Figura 6-8 Versión de Tesseract y Leptonica para el uso del programa OpenALPR.

Mediante el uso de la página web de Leptonica se busca la versión 1.71 de ésta, y mediante el uso de diversos comandos se realizara la descarga, descompresión e instalación de la librería, se debe empezar con el comando “*cd*” para ubicar la carpeta donde se desea descargar la librería, con el comando “*sudo wget*” se obtiene de la página web un archivo comprimido con la librería, y con el comando “*sudo tar*” es como se descomprime el archivo comprimido e instalara la librería, esto se aprecia en la Figura 6-9 Código para la descarga e instalación de Leptonica..

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /usr/src
pi@raspberrypi:~/usr/src $ sudo wget http://www.leptonica.org/source/leptonica-1.71.tar.gz
pi@raspberrypi:~/usr/src $ sudo tar xf leptonica-1.71.tar.gz
```

Figura 6-9 Código para la descarga e instalación de Leptonica.

Para la librería Tesseract se realiza un proceso similar, solamente que esta se descargara de “*github*”, por lo tanto se usara el comando “*cd*” para ubicar la carpeta donde se descargó primeramente Leptonica y “*sudo git clone*” para tener una copia instalada de la librería, esto a como se aprecia en la Figura 6-10 Código para la descarga e instalación de Tesseract.

```
pi@raspberrypi:~ $ cd /usr/src
pi@raspberrypi:~/usr/src $ sudo git clone https://github.com/tesseract-ocr/tesseract.git
```

Figura 6-10 Código para la descarga e instalación de Tesseract.

Una vez instalada Tesseract como Leptonica se instalan las demás dependencias o librerías que estas usan, para proceder a instalar las ultimas librerías las cuales son las que se encarga del manejo de Tesseract y Leptonica, OpenCV y OpenALPR, dichas librerías se descargan e instalan mediante el uso de los comandos “*cd/*”, “*wget*” y “*sudo git clone*” dado que éstas se encuentran en “*github*”.

Terminado este proceso y sin obtener error alguno en la instalación de todo el programa OpenALPR, se realiza la prueba de éste utilizando inicialmente la Terminal como se parecía en la Figura 6-11 A la izquierda se aprecia el resultado de la lectura del programa OpenALPR, mientras a la derecha se muestra la imagen que se analizó., este proceso se realizó para diferentes imágenes descargadas, como para fotografías tomadas con la PiCamera y el resultado fue similar al mostrado en la Figura 6-11 A la izquierda se aprecia el resultado de la lectura del programa OpenALPR, mientras a la derecha se muestra la imagen que se analizó., aunque variaba en la cantidad de resultados y en su precisión dependiendo de la calidad de la imagen.



Figura 6-11 A la izquierda se aprecia el resultado de la lectura del programa OpenALPR, mientras a la derecha se muestra la imagen que se analizó.

6.4 PiCamera

Esta al ser una cámara diseñada para funcionar directamente con la tarjeta Raspberry, y dado que los pasos para la instalación de la PiCamera son sencillos de realizar se procede a utilizar los diferentes modos o funciones de manejo que ésta presenta, para seleccionar cual es la calibración de la cámara que mejor se ajuste a las condiciones del lugar y el proyecto.

Uno de los primeros modos en usar es el “*Preview*” que permite visualizar en tiempo real la imagen de la cámara, además de permitir el ajuste de los parámetros como el brillo, contraste y ver los resultados inmediatamente en la pantalla.

Con este modo se dio una idea de cuáles eran los valores necesarios para obtener un foto que pueda ser usada por el programa OpenALPR, con esto en mente se realizaron diversas tomas en distintos horarios con el fin de obtener la mejor calibración de la cámara.

Estos valores se ajustan mediante diversas subfunciones programadas en la librería instalada, pero una de la de mayor importancia es la subfunción de captura “*picam.capture('nombre.jpg')*”, la cual no solo permite hacer la captura de la imagen sino que también darle un nombre específico, así como su extensión, dado que el programa OpenALPR requiere de formatos específicos para hacer su funcionamiento, además de que dicho programa al ser ejecutado necesita de un nombre y la ubicación del archivo, por eso este tipo de subfunción permite cumplir las necesidades del programa.

Otro de los datos importantes a tener en cuenta es la calidad de la fotografía por lo cual se utiliza la subfunción “*picam.resolution = (x, y)*”, en donde las variables “*x*” y “*y*” representan las dimensiones con que se requiere realizar la toma, y dado a que la cámara de 8 megapíxeles capaz de tomar fotografías de 3280 x 2464 píxeles [74].

Razón por la cual se ajustaron diferentes valores en donde se tomaba en cuenta tanto la calidad así como el tamaño del archivo generado, dado que entre mayor calidad y tamaño más certera será la lectura de la placa por parte del programa OpenALPR, aunque requeriría de un mayor tiempo para el análisis de la fotografía, algo que no es muy deseado en el proyecto, dado que se desea agilizar el tráfico en el plantel.

Finalmente se modifica el parámetro de la sensibilidad ISO, encargado de ajustar la señal que reciben los fotodiodos, los cuales son las diminutas celdas del sensor (cada fotodiodo es el responsable de recoger la información de un píxel), para dicha acción se emplea la subfunción “*picam.ISO = x*” donde “*x*” solo puede ser alguno de estos; 100, 200, 320, 400, 500, 640, 800.

Teniendo esto en cuenta se volvieron a realizar nuevamente diversas tomas para definir cuál en el valor que permita obtener una fotografía de mejor calidad, como se aprecia en la Figura 6-12 muestra de las diversas tomas obtenidas por la PiCamera con diferentes

valores de ISO. pero como se sospechaba entre mayor sea la absorción de luz por parte de los fotodiodos se producen “*manchas negras*” las cuales dañan la calidad de la fotografía produciendo que el programa OpenALPR no pueda analizar el archivo, por tal motivo es que los valores de 100, 200 y 320, son los que mejor resultado se obtiene, y por ende, se selecciona el valor de 200 ISO, que como se apreció en la Figura 6-13 dio una toma de buena calidad.

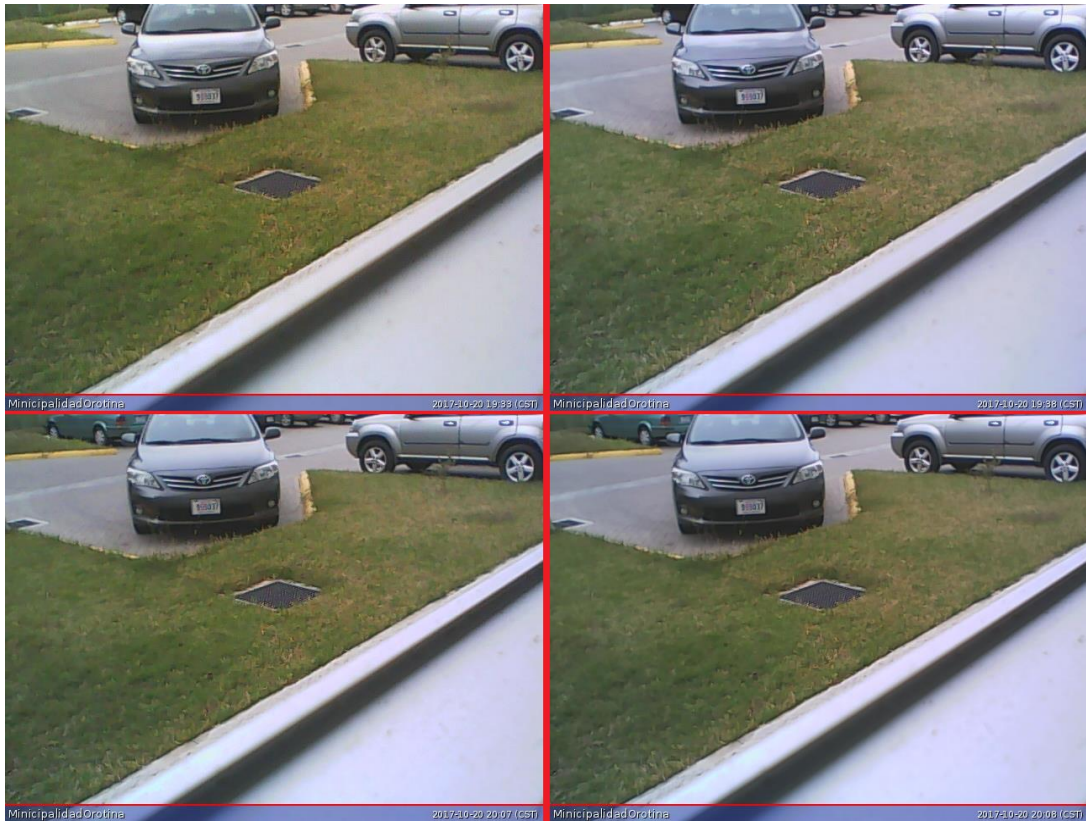


Figura 6-12 muestra de las diversas tomas obtenidas por la PiCamera con diferentes valores de ISO.



Figura 6-13 Captura por parte de la PiCamera con los ajustes finales.

Como se aprecia en la ---, la cual es un segmento del código para la captura, se aprecian las características que son modificadas para obtener la fotografía, y que ésta satisfaga las necesidades del programa OpenALPR, tanto de formato como de calidad.

6.5 Comunicación.

Debido a que se ocupa crear una red de tres nodos, un coordinador que estaría ubicado en el panel central, con la Raspberry y dos nodos secundarios encargados de controlar los motores en cada acceso, sirviendo estos como dos router, por estas características es que implemento una red del tipo estrella.

Para poder realizar esta red por medio de los XBee S2 se debe contar con el programa "XCTU" de "digi", dado que los XBee ocupan ser configurados como Coordinador y Router's, este proceso no toma más de unos minutos por dispositivo a configurar, esto dado a que solo se cuenta con una unidad de xbee explorer.

Primeramente se configura el coordinador y se debe establecer el "Set port parameters" donde se especifican las características de "Baud Rate", "Data Bits", "Parity", "Stop Bits" y el "Flow Control", terminado esto se selecciona el dispositivo al cual se modificara, terminado esto se debe modificar los parámetros de configuración; Destination Address High (DH), Destination Address Low (DL), 16-bit Network Address (MY), Serial Number High (SH), Serial Number Low (SL) y el Operating PAN ID (PAN ID) como se aprecia en la Figura 6-14 Ejemplo para la configuración del XBee S2 como Coordinador.

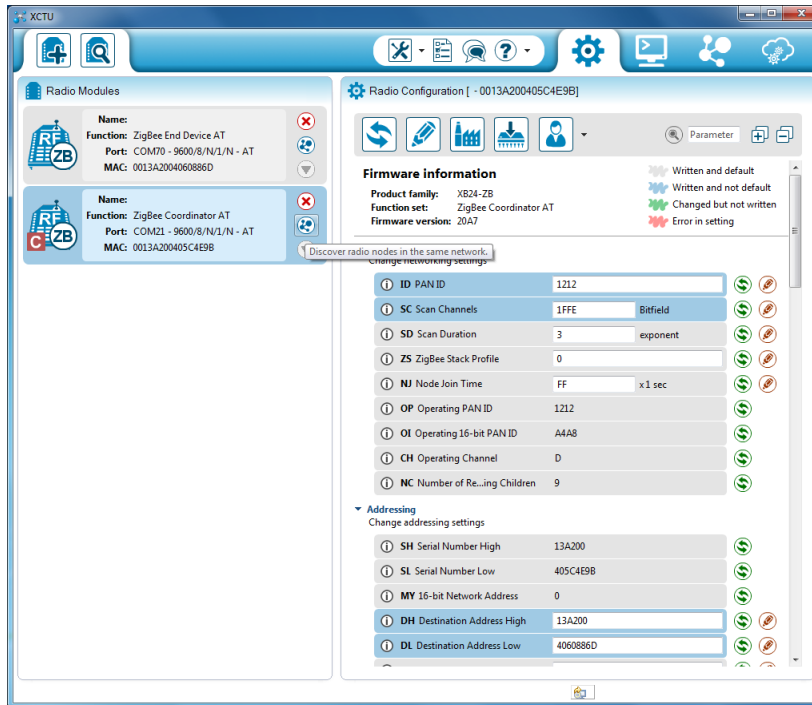


Figura 6-14 Ejemplo para la configuración del XBee S2 como Coordinador

En el caso de los XBee's que cumplen la función de ser Router's, se configuraron a partir de la configuración del XBee Coordinador, por el motivo de que deben tener la misma dirección PAN y el mismo canal de comunicación dado que el XBee posee 16 canales de comunicación, pero los demás parámetros deben ser independientes como se aprecia en la

Tabla 6-3 Parametros de configuración para la Red estrella

XBee Coordinador	XBee Router A	XBee Router B
DH 13A200	DH 13A200	DH 13A200
DL 4076E267	DL 4076E26E	DL 4076E266
MY AAAA	MY AAAA	MY AAAA
PAN ID 234	PAN ID 234	PAN ID 234
SH 13A200 (viene por defecto)	SH 13A200 (viene por defecto)	SH 13A200 (viene por defecto)
SL 4076E26E (viene por defecto)	SL 4076E267 (viene por defecto)	SL 4076E267 (viene por defecto)

El configurar los XBee de esta forma permitió tener una comunicación constante por parte del coordinador con respecto a sus router's, por medio de mensajes únicos y codificados. Esto aseguró que el mensaje solo fuera leído y

entendido por el nodo de destino, haciendo esto que cualquier unidad pueda leer el mensaje, pero sola la unidad con la “llave”¹ puede interpretar dicho mensaje.

Con base a esta premisa se codificaron dos tipos de mensajes los mensajes enviados por los router's “*Cnslt-Dspctv001/000000000*”, en donde las primeras 5 letras vienen de la palabra “Consulta” y presentan exactamente eso, por lo cual está dirigido al coordinador, el “-”, representa un separador para la lectura, las siguientes 9 letras del mensaje hacen referencia al dispositivo que envió la consulta, el “/” también representa un separador entre el código de identificación del dispositivo y el Tag leído del vehículo.

Por otra parte tendremos en mensaje de respuesta “*Rspst-Dspctv001/(Y/N)*”, de manera similar las primeras 5 letras provienen de la palabra “Respuesta”, el “-” representa el separador, las siguientes 9 letras sería el dispositivo destinatario, el “/” es el separador entre dicho dispositivo y la respuesta, y finalmente la última letra (“Y/N”) representa la respuesta por parte del coordinador.

6.6 Lector Nano M6E.

El uso del lector no represento mayor problema debido a la gran cantidad de documentación existente, más se requirió de un tiempo mayor para la implementación de éste debidamente al exceso de documentación, pero una vez terminada la revisión de dicha documentación se implementan las conexiones más comunes del lector para así obtener un prototipo que se ajuste a lo que se desea en el proyecto.

De las principales conexiones que se implementaron fueron, la habilitación de una lectura constante las 24 horas, para reconocer el ingreso o egreso de los vehículos al plantel ya sea en horario laboral o fuera de este, solo que esta conexión no permitía obtener una pausa en la lectura mientras se realizaba la consulta del tag, la apertura y cierre del portón, por lo cual se analizó la lectura única.

La conexión de lectura única permite tanto leer como escribir en el tag, por lo que permite generar tiempos en el código para generar acciones como lo son la consulta del tag y la activación del portón, junto con sus periféricos, pero desafortunadamente la conexión es bastante estricta evitando que se pueda repetir la lectura sin antes cerrar correctamente

¹ Esto dado a que el proyecto puede crecer y agregar más nodos, sin la necesidad de codificar sus IP's.

el lector y volverlo abrir tomando una ventana de tiempo de unos segundos donde no se realizan lecturas.

Una característica que no se puede aceptar debido a que no se tiene certeza de cuando, por dónde y a qué hora exacta se realizara un ingreso o egreso al plantel, y no se desea hacer esperar a los usuarios a que el sistema es te listo para realizar para realizar una lectura, sino más bien realizar lo contrario que el sistema este a la espera de los usuarios.

Tal situación requirió generar una modificación a las conexiones, donde se combinaron ambas conexiones y los periféricos dentro de la placa SparkFun, para obtener una conexión donde se abra correctamente el lector para realizar lecturas constantes, mientras se generan exclusiones donde se realizan las consultas de los tag's, y el manejo del portón, todo esto mientras el proceso de lectura se encuentra suspendido.

El realizar esta modificación a la conexión de lectura constante insertando las excusiones para escritura de la conexión única, genero un atraso en la memoria de lectura realizando de 2 a 3 lecturas del mismo tag de forma continua, lo cual significa que se procede hacer de 1 a 2 aperturas del portón sin haber vehículo frente a éste.

Entender este problema requirió un poco más de tiempo en comparación a la modificación de la conexión, aunque una vez se entendió la procedencia del problema se ingresaron unas cuantas líneas de código donde se especifique que si la lectura del tag se repite en una diferencia de 1 a 2 segundos se debe hacer omisión de la lectura.

Estas operaciones se realizaron mediante la inclusión de la librería "*Time.h*" obteniendo así la hora de lectura y la hora de cerrado del portón, con lo cual se puede confirmar que las lecturas no sean consecutivas.

6.7 Etapa de Potencia.

En esta etapa no se presentaron problemas de gran importancia, se conectó el el circuito mostrado en la Figura 4-23 Circuito para la conexión de la etapa de potencia., potencia., para cada uno de los periféricos que se utilizaban; el buzzer y la barra de led, y led, y en cada uno de estos no se presentó mayor problema.

Con respecto al cálculo de la resistencia de carga R_L esta se saca para las necesidades exactas de cada carga, debido a que ninguna de estas 3 cargas compartía características entre ellas aparte del voltaje de activación.

Primeramente para la barra de led se necesitara una resistencia de unos $50W$, dado que la barra es de $24V @ \sim 1A$ y mediante la Ecuación (1) se obtiene un valor de $R_L = 24\Omega$, aunque se prefiere rediseñar y usar una resistencia $R_L \approx 330\Omega$ y confirmar una corriente aproximada de $75mA$.

Para el buzzer se repite exactamente el mismo circuito usado para la barra, dado que éste requiere de un voltaje de $24V$ y una corriente de $\sim 100mA$, por lo cual el valor previsto por la resistencia $R_L \approx 330\Omega$ funciona correctamente.

Con respecto al motor en este se presentó el inconveniente de que los engranes que se necesitaban para ajustar la dirección del giro del motor no se consiguieron de forma comercial por los cual se requirió controlar tanto el giro como la velocidad del motor de por medio de la programación, lo cual requirió la implementación de otro circuito como el mostrado en la Figura 4-26 Circuito de protección de la placa Arduino., y una placa rele mostrada en la Figura 6-15 Placa de Rele para Arduino.



Figura 6-15 Placa de Relé para Arduino

Donde por medio de señales se activa dos de los relés simultáneamente permitiendo la entrada de la fuente a uno de los conectores del motor y en el otro la señal de control para la velocidad, mientras los otros dos relés se encuentran desactivados esto genera que el motor gire en un sentido, una vez se activen estos dos relés se desactivan los otros dos generando que tanto la conexión a la fuente como la señal de control intercambien de conectores produciendo que el motor cambie su giro de dirección.

7 Conclusiones

Para el diseño final se tomaron varias consideraciones para la tecnología de control de acceso vehicular, donde la tecnología de RFID y ALPR fueron seleccionadas por el bajo costo de adquisición y su alto nivel de seguridad.

La implementación de un sistema de control de acceso vehicular agilizar el proceso de registro de entradas y salidas al plantel, minimizando considerablemente el tiempo de ingreso y aumentando la seguridad del plantel.

Se implementa la pantalla para el uso de mensajes que guían al usuario proceso de asignación o devolución de los vehículos.

Se logra la construcción de un prototipo de bajo costo comparado a sus homólogos comerciales que permitió un control de accesos con alertas de acceso mediante la implementación de la tecnología RFID y ALPR.

Se implementó un servidor web que permitió el monitoreo remoto del sistema, así como la de una base de datos que administra los registros así como las entradas y salidas al plantel.

Se logra la ejecución de una entrada autorizada que habilita las barreras automáticas el libre tránsito según la necesidad.

Se implementó un manual con el funcionamiento del sistema para el uso de los usuarios, aparte de capacitar a los usuarios activos del plantel.

8 Recomendaciones.

- Para la instalación y configuración de la librería se recomienda tener una conexión estable a internet, dado que cualquier inestabilidad o falla en la red puede producir un error en la descarga generando que se pueda cancelar, o corrompiendo alguno de los archivos que se están descargando.
- Se debe tener precaución en la utilización de los GPIO del Raspberry Pi debido a que este no posee una protección interna contra corto circuito. Por tanto, se debe tener especial cuidado cuando se configuran los pines como entrada o salida, ya que se podrá dañar el Raspberry Pi.
- Implementar un sistema de arranque automático en caso de reinicio, por tanto, se propone la implementación de un script en bash para la ejecución automática en caso de reinicio, debido a alguna falla del S.O. o de sobrepasar el tiempo del módulo de respaldo de energía.
- Sustituir la pantalla Pi TFT LCD por la 7" Touch Screen Display, para implementar el uno del "*Touchscreen*" y así poder simplificar de gran manera el tamaño del panel central.

9 Bibliografía.

- [1 M. Montero Jiménez, «CRHoy,» Cada día se hace más necesario el controlar y] monitorizar los retiros y entregas de los vehículos del plantel municipal, con tal de saber la ubicación del vehículo en caso de alguna emergencia [3]., [En línea]. Available: <http://www.crhoy.com/site/dist/documentos/especiales/elecciones-municipales/2/canton/9/PLN%20Orotina.pdf>. [Último acceso: 10 Julio 2017].
- [2 DOINTECH, «DOINTECH,» Control De Acceso Vehicular, [En línea]. Available:] <http://www.dointech.com.co/control-acceso-vehicular.html>. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [3 ProtSur, «ProtSur,» Control de Acceso, [En línea]. Available:] <http://www.protsur.mx/controacceso.html>. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [4 R. Sandoval, «Linkedin,» Para que sirve un sistema de Control de Acceso?, 26 Abril] 2016. [En línea]. Available: <https://es.linkedin.com/pulse/para-que-sirve-un-sistema-de-control-acceso-rovillel-sandoval>. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [5 SportMan Suite, «SportMan Suite,» Tornos de Control de Accesos, [En línea]. Available:] <http://ww2.sportman.es/Paginas/Productos-y-Servicios-.aspx>. [Último acceso: 10 Octubre 2017].
- [6 C. Chaves Bejarano, «Desarrollo de un prototipo RFID con alarma remota para] monitorear puertas de acceso,» San Jose, 2014.

[7 A. Tarun, «EL-PRO-CUS,» RFID – A Basic Introduction & Simple Application, [En línea].
] Available: <https://www.elprocus.com/rfid-basic-introduction-simple-application/>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[8 Strong Link, «Strong Link,» Lector RFID NFC SL600, [En línea]. Available:
] <http://www.stronglink-rfid.com/es/rfid-readers/sl600.html>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[9 Adafruit, «Adafruit,» 13.56MHZ RFID/NFC CLEAR KEYCHAIN FOB, [En línea].
] Available: <https://www.adafruit.com/product/363>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 VERIYFIELDS, «VERIYFIELDS,» CAEN RFID is offering Gen 2 semi-passive RFID tags
0] and development kits for cold chain monitoring applications, [En línea]. Available:
<http://www.veryfields.net/caen-rfid-offers-semi-passive-gen-2-rfid-tags-and-development-kits-for-cold-chain-monitoring-applications>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 Extronics, «Extronics,» T3 Advanced Wi-Fi Tag, [En línea]. Available:
1] <http://www.extronics.com/product/t3-advanced-tag/>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 kimaldi, «kimaldi,» Frecuencias de Funcionamiento , [En línea]. Available:
2] http://www.kimaldi.com/blog/rfid/frecuencias_de_funcionamiento. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 G. Andrade-Miranda, J. Encalada y P. Chavez-Burbano, «researchgate,» Sistema De
3] Control Vehicular Utilizando Reconocimiento Óptico De Caracteres, Julio 2009. [En
línea]. Available:
https://www.researchgate.net/publication/28792734_Sistema_De_Control_Vehicular_Utilizando_Reconocimiento_Optico_De_Caracteres. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 J. Salazar, «arantxa,» Procesadores digitales de señal (DSP) Arquitecturas y criterios
4] de selección, [En línea]. Available:
http://arantxa.ii.uam.es/~taao1/teoria/tema1/pdf/Procesadores_dig.pdf. [Último acceso:
11 Octubre 2017].

[1 C. Benítez Méndez y J. Ortega Zentecatl, «slideshare,» Contact Memory Botton, [En
5] línea]. Available: <https://es.slideshare.net/kimballsee/botones-de-memoria-presentation>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 J. A. Alvarado Sánchez, «Centro de Investigación y de Estudios Avanzados,
6] Departamento de Ingeniería Eléctrica,» Sistema de Control de Acceso con RFID, Enero
2008. [En línea]. Available:
<https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisJorgeAlvarado.pdf>. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[1 Mi Batalla con los Microcontroladores, «Mi Batalla con los Microcontroladores,»
7] Microprocesador Vs. Microcontrolador, 22 Septiembre 2008. [En línea]. Available:
<http://microbattle.blogspot.com/2008/09/microprocesador-vs-microcontrolador.html>.
[Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 EduRed, «EduRed,» Microcontrolador, [En línea]. Available:
8] <https://www.ecured.cu/Microcontrolador>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[1 DevCode, «DevCode,» Arduino: Programación de Microcontroladores, [En línea].
9] Available: <https://devcode.la/articulos/programacion-de-microcontroladores/>. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[2 Informática-Hoy , «Informática-Hoy,» Qué es la dirección IP, [En línea]. Available:
0] <http://www.informatica-hoy.com.ar/aprender-informatica/Que-es-la-direccion-IP.php>.
[Último acceso: 11 Octubre 2017].

[2 J. Walker, «Monografias,» USB - Universal Serial Bus, [En línea]. Available:
1] <http://www.monografias.com/trabajos13/fire/fire.shtml#ixzz4illsn4zU>. [Último acceso:
11 Octubre 2017].

[2 M. Valdivia y R. García, «Protocolos de Sonido,» PROTOCOLOS INPUT/OUTPUT
2] USB, [En línea]. Available: <http://protocolossonido.weebly.com/usb.html>. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[2 T. Fisher, «Lifewire,» Universal Serial Bus (USB), 28 Agosto 2017. [En línea]. Available:
3] <https://www.lifewire.com/universal-serial-bus-usb-2626039>. [Último acceso: 11 Octubre
2017].

[2 Protocolo SPI(Serial Peripheral Interface), [En línea]. Available: [http://www.i-4](http://www.i-4micro.com/pdf/articulos/spi.pdf)
4] [micro.com/pdf/articulos/spi.pdf](http://www.i-4micro.com/pdf/articulos/spi.pdf). [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[2 Surf-VHDL, «Surf-VHDL,» How to Design SPI Controller in VHDL, 15 Nobiembre 2015.
5] [En línea]. Available: <http://surf-vhdl.com/how-to-design-spi-controller-in-vhdl/>. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[2 Informatica Moderna, «Informatica Moderna,» MEMORIAS SD, MINI SD Y MICRO SD,
6] [En línea]. Available: http://www.informaticamoderna.com/Memoria_SD.htm. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[2 P. Damasco, «Tarjeta SD,» <http://tarjetasd.com/guia/>, 07 Marzo 2017. [En línea].
7] Available: <http://tarjetasd.com/guia/>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[2 «el hacker,» Diferencias velocidad y clases tarjetas de memoria Micro SD, 07 Abril
8] 2016. [En línea]. Available: <http://blog.elhacker.net/2016/04/diferencias-tipos-velocidad->

y-clases-comprar-elegir-tarjetas-de-memoria-sd-microSD-uhs.html. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[2 La Camara Fotografica I, [En línea]. Available:
9] http://www.lebrijadigital.com/web/images/stories/Descargas/camara_fotografica.pdf.
[Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 Tecniber-5 , Fotografía digital , Febrero 2012. [En línea]. Available:
0] http://s2.puntxarxa.org/cbb/cursos/manuals/128_FotografiaDigital_esp.pdf. [Último
acceso: 11 Octubre 2017].

[3 apeser, «apeser,» ¿Qué es un servidor web? Una aproximación a sus funciones, 15
1] Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.apser.es/blog/2015/05/15/que-es-un-servidor-web-una-aproximacion-a-sus-funciones/>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 Linkware, «iconicons,» Datenbank,Daten Symbol Kostenlos , [En línea]. Available:
2] <https://icon-icons.com/de/symbol/Datenbank-Daten/19664>. [Último acceso: 11 Octubre
2017].

[3 D. Pérez Valdés, «Maestros del WEB,» ¿Qué son las bases de datos?, 26 Octubre
3] 2007. [En línea]. Available: <http://www.maestrosdelweb.com/que-son-las-bases-de-datos/>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 J. D. Aguilar Peña y M. Á. Montejo Ráez, «ugr,» Dispositivos electrónicos de potencia:
4] Relés, [En línea]. Available:
http://www.ugr.es/~amroldan/enlaces/dispo_potencia/reles.htm. [Último acceso: 11
Octubre 2017].

[3 Ingenio Triana, «Ingenio Triana,» Conectar relé a la cama caliente, 07 Octubre 2016. 5] [En línea]. Available: <http://ingenio-triana.blogspot.com/2016/10/conectar-rele-la-cama-caliente.html>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 Electronica Facil, «Electronica Facil,» El rele, [En línea]. Available: 6] <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/EI-rele.php>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 NNC, «NNC,» Relé PCB de estado sólido HHG1 de paralelo solo, [En línea]. Available: 7] <http://www.electrical-relay.es/4-solid-state-relay-6.html>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 Dusan Mihajlovic, «MikroElektronika,» De acuerdo. Ahora necesitas una... pantalla 8] táctil, [En línea]. Available: <http://download.mikroe.com/documents/articles/spa/featured-articles/ts-article/avr/elektor-es-article-mikrobasic-avr-01-09.pdf>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[3 Xatakamovil, «Xatakamovil,» Pantallas táctiles: capacitivas vs resistivas, 20 Febrero 9] 2009. [En línea]. Available: <https://www.xatakamovil.com/desarrollo/pantallas-tactiles-capacitivas-vs-resistivas>. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[4 A. Wong, «Integrated Device Technology,» Pantallas táctiles capacitivas requieren 0] tecnología innovadora para ampliar el mercado, Marzo 2011. [En línea]. Available: http://www.redeweb.com/_txt/676/66.pdf. [Último acceso: 11 Octubre 2017].

[4 TAS, «TAS,» Control de acceso, [En línea]. Available: <http://www.tas-1seguridad.com/control-de-acceso/>. [Último acceso: 18 Octubre 2017].

[4 Catekeeper security, «Catekeeper security,» Sistema de lector automático de placas
2] vehiculares, [En línea]. Available: [http://beta.gk.dezignwhiz.com/es/products/automatic-
license-plate-reader.aspx](http://beta.gk.dezignwhiz.com/es/products/automatic-license-plate-reader.aspx). [Último acceso: 18 Octubre 2017].

[4 J. A. Zamora, «El Androide Libre,» Hardware libre: la evolución al software libre, 08 Abril
3] 2016. [En línea]. Available: [https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/04/hardware-
libre-la-evolucion-al-software-libre.html](https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/04/hardware-libre-la-evolucion-al-software-libre.html). [Último acceso: 18 Octubre 2017].

[4 M. Gomes, «Código, Tips y Programas Varios,» Utilizando el lector NFC RC522 en la
4] Raspberry Pi, 01 Julio 2013. [En línea]. Available:
<http://fuenteabierta.teubi.co/2013/07/utilizando-el-lector-nfc-rc522-en-la.html>. [Último
acceso: 24 Octubre 2017].

[4 NXP Semiconductors, «NXP Semiconductors,» MFRC522 Standard performance
5] MIFARE and NTAG frontend, 27 Abril 2016. [En línea]. Available:
<https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MFRC522.pdf>. [Último acceso: 24 Octubre
2017].

[4 Sparkfun Electronics Inc, «Sparkfun Start Somethig,» SparkFun Simultaneous RFID
6] Reader - M6E Nano, [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/14066>.
[Último acceso: 24 Octubre 2017].

[4 SignTech, «SignTech,» Lectores RF y UHF Largo Alcance desde 1M-80M, [En línea].
7] Available: <http://signtechbiometric.com/lectores-largo-alcance-rfid/>. [Último acceso: 24
Octubre 2017].

[4 MICROJPM, «MICROJPM,» PowerBoost 1000 Charger - Rechargeable 5V Lipo USB
8] Boost @ 1A, [En línea]. Available: [http://www.microjpm.com/products/powerboost-
1000-charger-rechargeable-5v-lipo-usb-boost-1a/](http://www.microjpm.com/products/powerboost-1000-charger-rechargeable-5v-lipo-usb-boost-1a/). [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[4 P. S., «P. S.» Juice4Halt - Supercapacitor UPS for Raspberry Pi, [En línea]. Available:
9] <https://www.indiegogo.com/projects/juice4halt-supercapacitor-ups-for-raspberry-pi/#/>.
[Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Arduino, «Arduino,» ARDUINO MEGA 2560 REV3, [En línea]. Available:
0] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [Último acceso: 25 Octubre
2017].

[5 Arduino, «Arduino,» ARDUINO YÚN, [En línea]. Available:
1] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Fundación Raspberry Pi, «Fundación Raspberry Pi,» RASPBERRY PI 2 MODEL B,
2] Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Fundación Raspberry Pi, «Fundación Raspberry Pi,» RASPBERRY PI 3 MODEL B, [En
3] línea]. Available: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>. [Último
acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Oracle, «ORACLE,» Oracle DataBase, [En línea]. Available:
4] <https://www.oracle.com/lad/database/index.html>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 My SQL, «My SQL,» MySQL, [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/>. [Último
5] acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Hosting Diario, «Hosting Diario - Noticias de Hosting y Dominios en Español,»
6] Alternativas a Apache de alto rendimiento, 26 Enero 2013. [En línea]. Available:
<http://hostingdiario.com/alternativas-a-apache-de-alto-rendimiento/>. [Último acceso: 25
Octubre 2017].

[5 bloguismo, «bloguismo,» Existe vida mas alla de Apache como servidor web, [En línea].
7] Available: <http://www.bloguismo.com/apache-servidor-web/>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Logitech, «Logitech,» WEBCAM C170 ASISTENCIA, [En línea]. Available:
8] http://support.logitech.com/es_es/product/webcam-c170. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[5 Microsoft, «Microsoft,» Microsoft Lifecam Studio, análisis, [En línea]. Available:
9] <https://www.xataka.com/perifericos/microsoft-lifecam-studio-analisis>. [Último acceso: 25 Octubre 2017].

[6 Raspberry Pi, «Raspberry Pi Projects,» Getting started with picamera, [En línea].
0] Available: <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/getting-started-with-picamera>.
[Último acceso: 25 Octubre 2017].

[6 CRCibernética, «5V Relay Module 1 ChannelCRCibernética,» CRCibernética, [En
1] línea]. Available: <http://www.crcibernetica.com/5v-relay-module-1-channel/>. [Último
acceso: 25 Octubre 2017].

[6 CRCibernética, «One channel 2A Solid State Relay (AC),» CRCibernética, [En línea].
2] Available: <http://www.crcibernetica.com/one-channel-2a-solid-state-relay-ac/>.. [Último
acceso: 25 Octubre 2017].

[6 CRCibernetica, «3.5 inch Pi TFT LCD Touchscreen(320*480),» CRCibernetica, [En
3] línea]. Available: <http://www.crcibernetica.com/3-5-inch-pi-tft-lcd-touchscreen-320-480/>.
[Último acceso: 18 Diciembre 2017].

[6 CRCibernética, «Raspberry Pi 7" Touch Screen Display,» CRCibernética, [En línea].
4] Available: <http://www.crcibernetica.com/raspberry-pi-7-touch-screen-display/>. [Último
acceso: 18 Diciembre 2017].

[6 Peatonet, «Peatonet,» Raspberry PI y los pines GPIO: ¿Que son y que usos prácticos
5] les podemos dar?, 17 Agosto 2014. [En línea]. Available:
<http://www.peatonet.com/raspberry-pi-y-los-pines-gpio-que-son-y-que-usos-practicos-les-podemos-dar/>. [Último acceso: 06 Noviembre 2017].

[6 Nociones.de, «Nociones.de,» Lee tarjetas RFID en tu Raspberry Pi de forma muy
6] sencilla, 12 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.nociones.de/rfid-en-raspberry-pi/>. [Último acceso: 06 Noviembre 2017].

[6 M. Gómez , «fuenteabierta,» Utilizando el lector NFC RC522 en la Raspberry Pi, 01
7] Julio 2013. [En línea]. Available: <http://fuenteabierta.teubi.co/2013/07/utilizando-el-lector-nfc-rc522-en-la.html>. [Último acceso: 06 Noviembre 2017].

[6 NXP Semiconductors, «alldatasheet.com,» MFRC522 Datasheet (PDF) - NXP
8] Semiconductors, [En línea]. Available: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/227839/NXP/MFRC522.html>. [Último acceso: 06 Noviembre 2017].

[6 Geeky Theory, « Geeky Theory,» Tutorial Raspberry Pi - Uso de PiCamera con Python,
9] [En línea]. Available: <https://geekytheory.com/tutorial-raspberry-pi-uso-de-picamera-con-python>. [Último acceso: 18 Diciembre 2017].

[7 TESTED, «Choosing Buttons and Joysticks for a Custom Arcade Cabinet,» TESTED,
0] Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.tested.com/art/makers/464539-choosing-buttons-and-joysticks-custom-arcade-cabinet/>. [Último acceso: 12 Diciembre 2017].

[7 ElectronTOOLS, «VALORES COMERCIALES DE RESISTENCIAS,» ETOOLS, [En línea]. Available: <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/14/valores-comerciales-de-resistencias/>. [Último acceso: 15 Diciembre 2017].

[7 Amazon, «AmazonBasics USB 2.0 Cable - A-Male to Mini-B - 6 Feet (1.8 Meters),»
2] Amazon, [En línea]. Available: <https://www.amazon.com/AmazonBasics-USB-2-0-Cable-Male/dp/B00NH11N5A>. [Último acceso: 12 Diciembre 2017].

[7 Wordpress, «Aprendiendo Arduino - Aprendiendo a manejar Arduino en profundidad,»
3] Wordpress, [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2015/03/24/arduino-uno-a-fondo-mapa-de-pines/>. [Último acceso: 13 Diciembre 2017].