

**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION - REY BALDUINO DE BELGICA**

DESARROLLO DE INTERFAZ PARA RASPBERRY PI

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en
ELECTRONICA

Alumno:

Rodrigo Fernando Stowhas Verdugo

Profesor Guía:

Ing. Israel Alfonso Figueroa Pedreros

DEDICATORIA

Dedicada a mis padres y a mi hermana por su apoyo incondicional, sin ellos no habría sido posible terminar mis estudios.

Mi familia y mis amigos mi motivación para seguir avanzando.

RESUMEN

La necesidad de vigilar y controlar el acceso a espacios relevantes, ha sido una problemática desde los tiempos antiguos. En la medida que ha transcurrido el tiempo la técnica y la tecnología esto ha sido sencillo de poder lograr.

En la Universidad Técnica Federico Santa María se ha hecho necesario disponer de un sistema de acceso controlado para las salas o laboratorios que por su relevancia los requieran. Para ello se ha diseñado una interfaz con el fin de controlar estos accesos.

La interfaz está diseñada a partir de una Raspberry Pi cuyo sistema de funcionamiento es a partir un lector de tarjetas de proximidad para el ingreso y un sistema “No Touch” para la salida del espacio.

El sistema cuenta con la ventaja que es compacto debido a utilización de componentes electrónicos discretos, además, es de fácil instalación, no requiriendo mayor cantidad de personal para ello.

Además, con la finalidad de cumplir con un protocolo sanitario a partir del contexto epidemiológico al día de hoy se ha utilizado el sistema “No Touch” disminuyendo cualquier posibilidad de contagio de alguna enfermedad que se transmita por contacto.

Lamentablemente como cualquier otro producto de carácter electrónico usa electricidad como sistema de alimentación y si esta es interrumpida la interfaz deja de funcionar.

Se ha seleccionados los componentes óptimos para el correcto funcionamiento de la interfaz.

INDICE DE MATERIAS

1.	INTRODUCCIÓN	2
1.1.	OBJETIVO GENERAL	3
1.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.	CIRCUITO DIGITAL	5
2.2.	DRIVER	6
2.3.	TRANSISTOR BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR (TRANSISTOR BJT)...	7
2.3.1.	Aplicaciones.....	7
2.3.2.	Tipos.....	7
2.3.3.	Regiones de trabajo	8
2.3.4.	Funcionamiento del transistor BJT	9
2.4.	OPTOACOPLADOR	11
2.4.1.	Aplicaciones.....	11
2.5.	CIRCUITO INTEGRADO.....	12
2.6.	RELEVADORES	12
2.7.	REGULADOR REDUCTOR.....	13
2.8.	LECTOR RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (LECTOR RFID)	15
2.8.1.	Protocolo WEIGAND.....	16
3.	DESARROLLO	18
3.1.	ESQUEMA DE LA INTERFAZ.....	18
3.2.	DISPOSITIVOS A UTILIZAR.....	19
3.2.1.	Raspberry Pi 4 modelo B 2GB RAM.....	19
3.2.1.1.	Características.....	19
3.2.1.2.	Pines GPIO	20
3.2.2.	Decodificador de tarjetas RFID de doble frecuencia	22
3.2.3.	Convertidor Buck DC-DC Step Down LM2596 Regulable	23
3.2.3.1.	Características.....	23
3.2.4.	Cerradura Electromagnética 12VDC	24
3.2.4.1.	Características.....	24
3.2.4.2.	Montaje cerradura electromagnética.....	25
3.2.5.	Botón o Pulsador Vertical “No Touch”	26
3.2.5.1.	Características.....	26
3.2.6.	Módulo Relé de 5 Volts de 1 canal	27
3.2.6.1.	Características.....	27
3.3.	CONEXIONES ELECTRICAS PARA EL FUNCIONAMEINTO DE LA INTERFAZ	28
3.3.1.	Conexiones para la energización de los dispositivos	28
3.3.1.1.	Regular la tensión del regulador a 5 Volts.....	29
3.3.2.	Conexiones para la Conmutación del Lector RFID con la Raspberry Pi...29	
3.3.3.	Conexiones para la Conmutación entre la raspberry Pi y la Salida	31

3.4.	DISEÑO DE PCB “INTERFAZ PARA RASPEBERY PI”	32
3.5.	TAMAÑO DE LA INTERFAZ	38
3.6.	COSTOS.....	39
4.	CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	41
4.1.	RECOMENDACIONES	41
5.	BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE LA INFORMACION	43
6.	ANEXOS	45

INDICE DE FIGURAS

- Figura 2-1. Comportamiento de la señal digital.
- Figura 2-2. Ejemplo 1: Un Smartphone que enciende una ampolleta a distancia.
- Figura 2-3. Simbología del transistor de unión NPN y PNP.
- Figura 2-4. Ejemplo 2: control del encendido de un led.
- Figura 2-5. Simbología del Optoacoplador.
- Figura 2-6. Simbología del Relé.
- Figura 2-7. Diagrama esquemático de un Regulador Reductor.
- Figura 2-8. Ciclo de trabajo de una señal PWM
- Figura 2-9. Pulsos de bajada de DATA 1 y DATA 0.
- Figura 2-10. Protocolo Weigand.
- Figura 3-1. Esquema de la interfaz.
- Figura 3-2. Componentes de la Raspberry Pi 4.
- Figura 3-3. Descripción Pines GPIO
- Figura 3-4. Lector RFID.
- Figura 3-5. Convertidor Buck DC-DC LM2595 Regulable.
- Figura 3-6. Cerradura Electromagnética con sus soportes.
- Figura 3-7. Montaje Cerradura Electromagnética.
- Figura 3-8. Botón “No Touch”.
- Figura 3-9. Modulo Relé de 5VDC 1 canal.
- Figura 3-10. Conexiones para la alimentación de la interfaz.
- Figura 3-11. Conexiones para la conmutación entre la Raspberry Pi y el Lector RFID.
- Figura 3-12. Encapsulado del Optoacoplador PC817.
- Figura 3-13. Encapsulado del Transistor 2N2222.
- Figura 3-14. Conexiones para la conmutación entre la salida y la Raspberry Pi.
- Figura 3-15. Conexiones en serie entre 2 relés.
- Figura 3-16. Cable RJ45.
- Figura 3-17. Diagrama esquemático de la primera PCB.
- Figura 3-18. Pines HEADER.
- Figura 3-19. Cables DUPONT Hembra-Hembra.
- Figura 3-20. Conectores RJ45.
- Figura 3-21. Borneras 2 terminales.
- Figura 3-22. Primera PCB en formato para imprimir.
- Figura 3-23. Primera PCB con pistas y componentes.
- Figura 3-24. Diagrama esquemático de la segunda PCB.
- Figura 3-25. Segundo diseño de PCB en formato para imprimir.
- Figura 3-26. Segunda PCB con pistas y componentes.
- Figura 3-27. Medidas de la interfaz.

INDICE TABLAS

Tabla 1-1. Pines GPIO a utilizar para la interfaz.

Tabla 3-2. Orden de conexión pines HEADER.

Tabla 3-3. Orden de conexión de borneras de la segunda PCB.

Tabla 3-4. Tabla de costos para realizar la interfaz.

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

SIGLAS

%	: Porcentaje
B	: BIT
BJT	: Bipolar Junction Transistor (Transistor de Union Bipolar)
COM	: Común
DC	: Direct current (Corriente Continua)
GND	: Ground (Tierra)
H	: High (alto)
IB	: Corriente de Base
IC	: Corriente de colector
IN	: Entrada
L	: Low (Bajo)
LED	: Light Emitting diode (Diodo Emisor de Luz)
MBPS	: Megabit por segundo
MOSFET	: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (transistor de efecto de campo metal-oxido-semiconductor)
NC	: Normally Closed (normalmente cerrado)
NO	: Normally Open (normalmente abierto)
OUT	: Salida
POE	: Power Over Ethernet (Energía sobre Ethernet)
PWM	: Pulse-width modulation (modulación por ancho de pulso)
RAM	: Random Access Memory (Memoria de Acceso Aleatorio)
RB	: Resistencia de Base
RC	: Resistencia de colector
RFID	: Radio Frequency Identification (Identificación por Radiofrecuencia)
RJ	: Registered Jack (Clavija Registrada)
SD	: Secure Digital
T	: Periodo
VAC	: Corriente Alterna
VDC	: Corriente Continua
WG	: Weigand

SIMBOLOGIA

μA : micro-Ampere

μs : micro-segundo

A : Ampere

GHz : Giga-Hercio

hfe : Ganancia de corriente del transistor

Hz : Hercio

Kg : Kilogramo

KHz : Kilo-hercio

$\text{k}\Omega$: Kilo Ohm

mA : mili-Ampere

MHz : Mega-Hercio

ms : mili-segundo

nm : nano-metro

V : Volt

W : Watts

Ω : Ohm

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El sentido de seguridad ha sido un tema de absoluta relevancia en el transcurso de la historia, el querer guardar y proteger, enseres y lugares importantes ha ocupado el ingenio de muchas personas.

En la actualidad los sistemas de seguridad y protección de espacios se han diseñados con elementos donde la electrónica juega un rol fundamental.

En la Universidad Técnica Federico Santa María se hace necesario levantar un prototipo de interfaz que cumpla la finalidad de sistema de control de acceso para los laboratorios que allí se encuentran.

Para el desarrollo de esta investigación se definirá interfaz en el contexto de electrónica como un puerto (circuito físico) en donde se envían y reciben señales eléctricas desde un sistema o subsistemas hacia otros, es decir, la interfaz es el medio por el cual podemos comunicar dos o más sistemas. Una interfaz consta de una entrada y una salida.

Este proyecto tiene como fin diseñar y proponer un circuito físico que permita comunicar lector de tarjetas de proximidad de radiofrecuencia (RFID) con una cerradura eléctrica. Haciendo uso de un ordenador de placa reducida conocida con el nombre de Raspberry Pi se llevará a cabo la comunicación de los sistemas. Como se describe en el párrafo anterior la interfaz consta de una entrada y salida, las que serán el lector y la cerradura, respectivamente.

El siguiente trabajo pretende entregar entonces, una propuesta de interfaz con las características anteriormente mencionadas. Para ello se ha levantado como objetivo general.

- Desarrollar una propuesta de interfaz para Raspberry Pi.

Para el logro del objetivo se hace necesario consultar literatura acerca de los sistemas de control de acceso y sus respectivas partes.

Después de variados intentos para que la entrada fuese compatible con la Raspberry Pi se encontraron los componentes óptimos para su buen funcionamiento y cuide la vida útil de todo el sistema.

Este documento busca instruir al estudiante o docente que a futuro decida realizar o mejorar el proyecto, ya teniendo una base desde este escrito.

1.1. **OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un diseño PCB que permita comunicar el lector RFID y la cerradura con la Raspberry Pi.

1.2. **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Conocer el funcionamiento del convertidor reductor o Buck para la adecuada energización de los diferentes dispositivos presentes.
- Conocer el funcionamiento del lector.
- Estudiar y conocer el funcionamiento de protocolo de comunicación utilizado por el lector.
- Conocer el funcionamiento de los optoacopladores para lograr la conmutación de señales entre el lector y la Raspberry Pi.
- Conocer funcionamientos y características de la Raspberry Pi.

CAPITULO 2: MARCO CONCEPTUAL

2. MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de tener un conocimiento acabado sobre las partes que se utilizaran y su funcionamiento, se desarrollara el siguiente marco conceptual de carácter expresamente técnico.

2.1. CIRCUITO DIGITAL

Se les conoce como circuito digital a todo aquel que trabaje con solo 2 valores discretos, es decir valores fijos, estos son representados por 0 y 1, son conocidos como estados lógicos. Un 0 es un estado bajo, es decir no hay presencia de tensión, en el caso del 1, se conoce como estado alto, existe presencia de tensión.

- Un estado bajo corresponde a 0 Volt con una corriente menor a 0mA.
- Un estado alto corresponde a 5 Volt con una corriente menor a 10mA.

Hay que considerar que lo importante de los estados es la presencia de tensión, a eso se debe que la corriente fluctúe a un valor bajo.

En la Figura 2-1. se muestra una señal digital como si se viera a través de un osciloscopio¹. Agregando, el cambio de una señal de estado bajo a alto se le conoce como pulso.



Figura 2-1. Comportamiento de la señal digital.

Fuente: <https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/analogo-vs-digital/>

¹ Osciloscopio: instrumento que sirve para medir voltaje al igual que el voltímetro, pero a diferencia de este su valor es entregado en forma de onda.

2.2. DRIVER

También conocido como controlador, es un circuito que sirve para manejar uno o varios dispositivos por medio de una señal digital. Son utilizados para proteger los circuitos digitales. si en el caso que el dispositivo a controlar funcione con una señal diferente a la digital se hará uso de un controlador determinado. En otras palabras, un driver cumple la función de ser el intermediario entre estos dos dispositivos, genera el entendimiento de las señales.

- Ejemplo 1: Un Smartphone que enciende una ampollita a distancia.

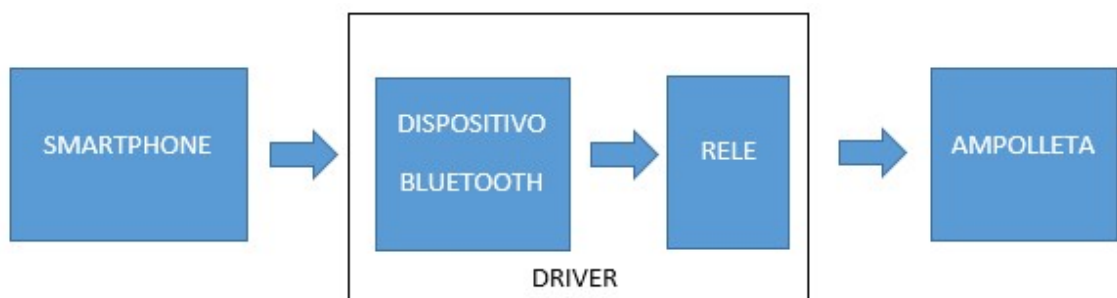


Figura 2-2. Ejemplo 1: Un Smartphone que enciende una ampollita a distancia.

Explicación de la Figura 2-2. : Por medio de una aplicación para Smartphone se envía una señal vía bluetooth con la orden de encender la ampollita, la señal es recibida por el dispositivo bluetooth, luego este manda otra señal dirigida hacia el relé², que permitirá el paso de la corriente para que se encienda la ampollita.

² Relé: componente conmutador es el más habitual usado en los drivers.

2.3. TRANSISTOR BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR (TRANSISTOR BJT)

También conocidos como transistores de unión bipolar. Es un componente semiconductor, es decir que bajo ciertas condiciones conduce la corriente eléctrica. Está compuesto por tres terminales.

2.3.1. Aplicaciones

- Amplificadores de señales.
- Interruptores electrónicos.
- Conmutadores de baja potencia.

2.3.2. Tipos

- NPN (el más usado)
- PNP



Figura 2-3. Simbología del transistor de unión NPN y PNP.

Fuente: <https://transistores.info/transistores-npn-y-transistores-pnp/>

En la Figura 2-3. se muestra su simbología para los dos tipos de transistores que existen. Las tres letras que se muestran en la simbología indican el colector (C), base(B), emisor (E). Al aplicar una corriente a la base (I_b) permite el paso de corriente entre el colector y emisor (I_c).

2.3.3. Regiones de trabajo

La región de trabajo es el lugar donde se requiere que el transistor trabaje. Son cuatro las regiones de trabajo y estas dependen de la polarización de las junturas colector-emisor y base-emisor. Las polarizaciones pueden ser directas o inversas.

- **Región activa directa:** esta es usada para amplificar señales, la juntura base-emisor se encuentra en polarización inversa y la otra juntura en directa. En este caso se da que la corriente que fluye entre colector y emisor es controlada por la corriente base.
- **Región de saturación:** esta es usada para conmutar, ambas junturas, se encuentran en polarización directa. La corriente de la juntura emisor-colector no se limita por la corriente de la base. Por lo general esta corriente es el doble calculada con la ganancia h_{fe} (ganancia de corriente de un transistor).
- **Región de corte:** también usada para conmutar al contrario de la anterior aquí no existe corriente circulando entre colector-emisor, por lo tanto, no fluye corriente por la base.
- **Región activa invertida:** De uso poco frecuente. Nos encontramos con la juntura colector-base en polarización directa y la otra juntura en polarización inversa.

2.3.4. Funcionamiento del transistor BJT

Para entender el funcionamiento de tal componente se dará un ejemplo, en donde se desea controlar el encendido de un diodo led³ por medio de un arduino (placa similar a la Raspberry Pi pero más sencilla en funcionamiento).

- Ejemplo 2: control del encendido de un led

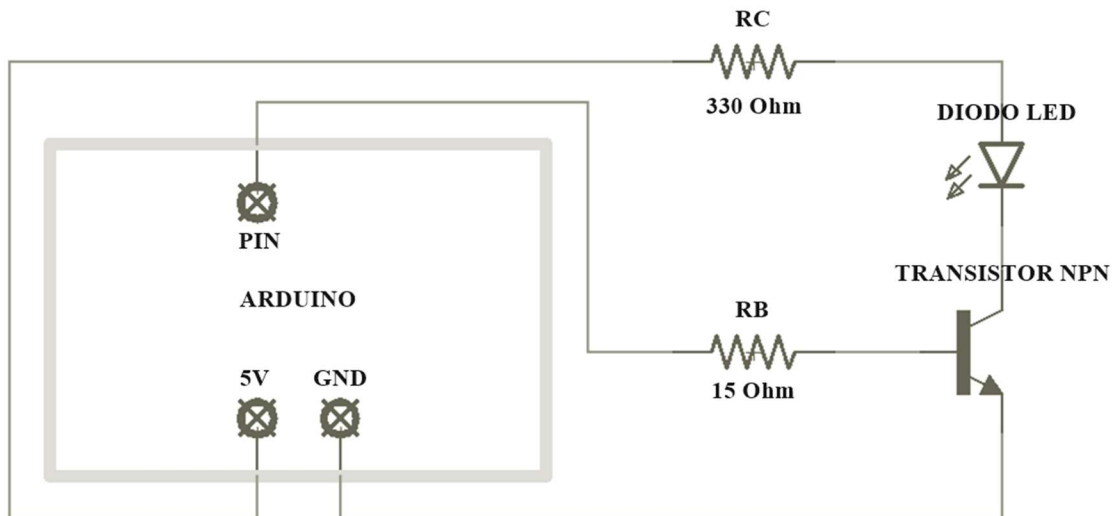


Figura 2-4. Ejemplo 2: control del encendido de un led.

<https://create.arduino.cc/projecthub/SBR/switching-using-transistor-c9114a>

De la Figura 2-4., se desea que el transistor trabaje en la región saturación, se sabe que la corriente que circula por RC es de 11mA por lo tanto para calcular el valor de la Ib se tiene una Ic de 21mA.

El transistor a usar será 2N2219, si se busca en la ficha técnica de su fabricante podrá observar que posee una ganancia HFE igual a 75.

El cálculo de la corriente Ic está definida por la siguiente ecuación.

$$I_c = h_{fe} * I_b$$

Despejando Ib y reemplazando valores se obtiene:

$$I_b = 280\mu A$$

³ Diodo led: dispositivo que permite el paso de corriente en un solo sentido y al recibir corriente emite luz.

Por último, se calcula la resistencia de base, utilizando la siguiente formula:

$$R_B = \frac{V_s - V_{be}}{I_b}$$

V_s : Es la tensión de la fuente, en este caso 5 Volts.

V_{be} : Es la tensión que cae entre la base y el emisor, en este caso son 0,6Volts.

Remplazando los valores se obtiene:

$$R_B = 15K\Omega$$

Una vez realizados los cálculos anteriores, el circuito debería funcionar correctamente, cada vez que el pin del arduino active una señal lógica alta, el led se encenderá.

2.4. OPTOACOPLADOR

Un optoacoplador también llamado optoaislador, es un dispositivo que funciona como interruptor que se activa mediante la luz de un diodo led.

En la Figura 2-5. que se observa a continuación se puede ver cómo es su simbología, el pin 1 indica el ánodo, el pin 2 indica el cátodo, el pin 3 el emisor y el pin 4 el colector. El transistor que se observa se conoce como fototransistor.



Figura 2-5. Simbología del Optoacoplador.

Fuente: <https://uelectronics.com/producto/optoacoplador-pc817-dip-4/>

Su principal característica es que aísla completamente un circuito de otro. Para su correcto funcionamiento es necesario calcular la resistencia limitadora para la entrada, de lo contrario si se conecta directamente a la tensión de entrada, la corriente que circulará por el led será muy grande y lo quemará. El valor de corriente para activar el led debe fluctuar entre los 5 y 15 mili-Amperes.

2.4.1. Aplicaciones

- Interfaces en circuitos lógicos.
- Interfaces entre señales de corriente alterna y circuitos lógicos.
- En sistemas de recepción (telefonía).
- Control de potencia.
- A modo de relé.

2.5. CIRCUITO INTEGRADO

También conocido como chip o microchip, posee una estructura de dimensiones pequeñas, está compuesto en su interior por materiales semiconductores, resistencias, capacitores, transistores, etc. En los circuitos se podría decir que son el corazón y el cerebro de estos.

Tienen diferentes funcionalidades, entre las que se pueden encontrar:

- Compuertas lógicas de un circuito.
- Amplificadores operativos.
- Temporizadores 555.
- Reguladores de voltaje.
- Controladores de motor.
- Microcontroladores.
- Microprocesadores.

2.6. RELEVADORES

También conocidos más comúnmente como relé. Existen dos tipos, a uno se le conoce como electromagnético. Este posee partes móviles, funciona por medio de una bobina, al aplicarle una corriente determinada a sus terminales, genera un electroimán que cierra un contacto y al mismo tiempo abre otro. Posee 2 contactos que en estado de reposo (no fluye corriente por la bobina) son llamados normalmente abierto (NO) y normalmente cerrado (NC).

El otro tipo de relé se le conoce como estado sólido, a diferencia del otro no posee partes mecánicas, por lo tanto, su vida útil es mayor al relé electromagnético.

En la Figura 2-6. se muestra la simbología que suele usar para indicar un relé. Los números 1 y 2 representan los terminales de la bobina. Las siglas NO indican que es normalmente abierto, NC normalmente cerrado y C el común entre los dos contactos.



Figura 2-6. Simbología del Relé.

Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

2.7. REGULADOR REDUCTOR

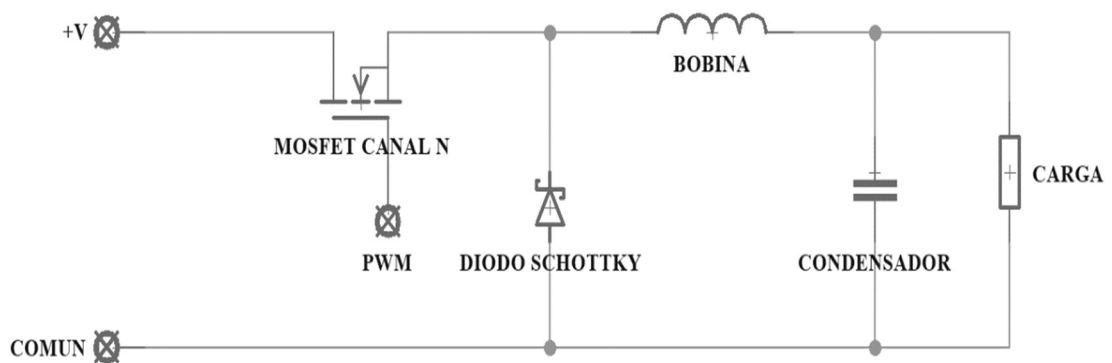


Figura 2-7. Diagrama esquemático de un Regulador Reductor.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3411-Diagrama-electrico-del-convertidor-reductor-junto-a-las-formas-de-onda-de_fig23_281559266

Para explicar el funcionamiento del regulador reductor se usará de guía la Figura 2-7. Para un mejor entendimiento es necesario conocer la señal PWM (Figura 2-8.), esta es una señal digital, su ancho de pulso está modificado, de lo anterior nos encontramos con el ciclo de trabajo (Duty Cycle), esto se define como la relación entre tiempo que la señal pasa en estado lógico alto y el periodo de la señal. Lo anterior está representado por la siguiente ecuación.

$$DC = \frac{T(ON)}{T}$$

- T_{ON} : tiempo que el pulso está activo.
- T : Periodo.

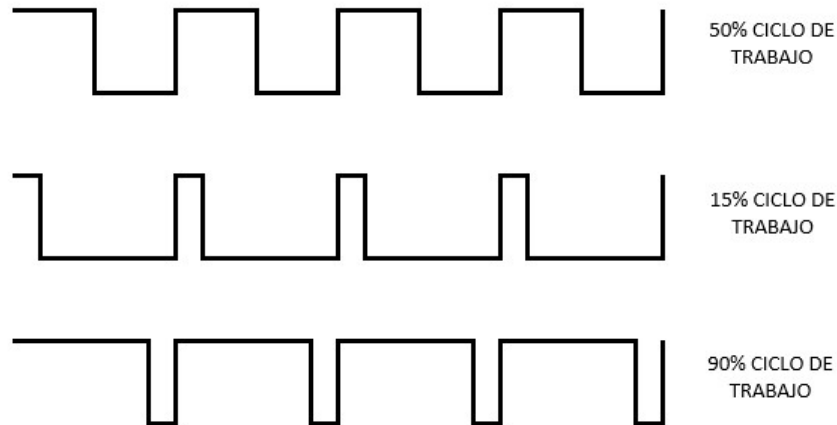


Figura 2-8. Ciclo de trabajo de una señal PWM.

Fuente: <https://solectroshop.com/es/blog/que-es-pwm-y-como-usarlo--n38>

- Diodo Schottky: estos diodos se conocen como dispositivos de recuperación rápida, es decir, cambia de estado de conducción y no-conducción rápidamente, por otro lado, el diodo rectificador, posee una conmutación lenta, es decir que pasada cierta frecuencia el diodo no corta la corriente cuando se debe a que este diodo tiene un apagado más lento.

El diodo Schottky para estos tipos de circuitos cumple la función de mantener la corriente fluyendo por la bobina, ya que, si se corta abruptamente dicho flujo de electrones, tal componente elevará su voltaje y dañará el circuito en cuestión.

- Bobina: limita la corriente por el circuito a diferencia de la resistencia de carbón, esta disipa más potencia que el inductor y por lo tanto hace menos eficiente el circuito.
- Condensador: también llamado capacitor es un dispositivo que almacena energía, en este caso sirve para mantener la tensión en la carga al momento de que el MOSFET entre en su zona de corte.
- MOSFET: su función es mantener la tensión deseada en la salida, se utiliza este transistor debido a que este puede trabajar en altas frecuencias, en cambio, los BJT y los optoacopladores, no. La señal PWM es la encargada de cortar el paso de corriente en el transistor.

2.8. LECTOR RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (LECTOR RFID)

El lector basa su funcionamiento en la tecnología RFID, esta es una forma de comunicación inalámbrica entre un lector y un emisor (tarjetas de proximidad). Se puede comparar con los códigos de barra, pero en vez de líneas paralelas, hay radiofrecuencia con la cual se reconoce la tarjeta de proximidad.

Por lo general posee un rango de tensión de alimentación que va de los 5 hasta los 12 Volts en corriente continua (VDC), tiene un consumo muy bajo menor a 50mili-amperes. La transmisión de datos se hace de forma digital utilizando un protocolo llamado WEIGAND, por medio de tres cables. Un cable llamado data 1, envía los unos lógicos, otro cable conocido como data 0, que es para los ceros lógicos y por ultimo GND, el común entre ambos. Tanto para data 1 y data 0, los dos trabajan entre 0 y 5,5 Volts. Para DATA 1 y DATA 0, los dos están en estado lógico alto, cuando el lector no esté haciendo lectura de alguna tarjeta. En el momento que se detecta una tarjeta se generan pulsos de bajada que tiene una duración de 50 micro-segundos aproximadamente. El periodo tiene una duración de 2 mili-segundos.

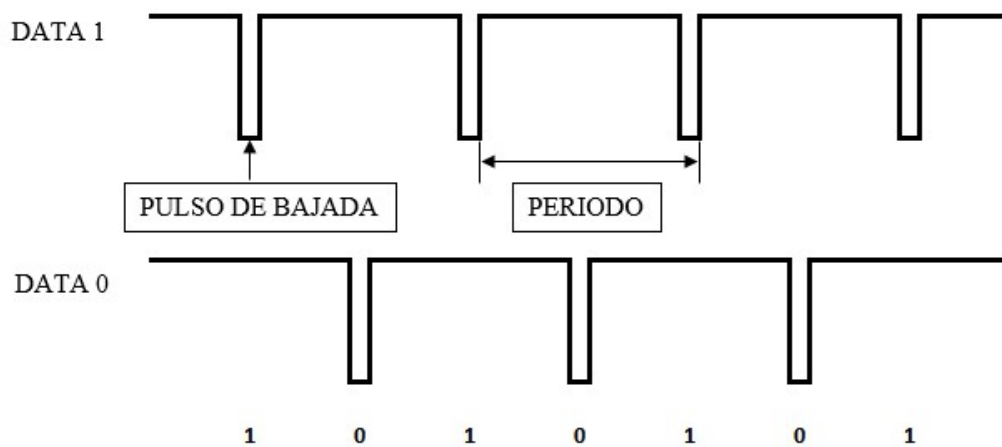


Figura 2-9. Pulsos de bajada de DATA 1 y DATA 0.

Fuente: http://picmania.garcia-cuervo.net/conceptos_wiegand.php

2.8.1. Protocolo WEIGAND

Cuando nos referimos a un protocolo, se hace referencia a una norma de comunicación. Para este caso dicho protocolo se basa en un código binario que puede ser de 26bits, el más utilizado, 32, 44 y 128 Bits.

Se explicará el de 26 Bits por ser este es el más utilizado. Para los demás códigos su interpretación es distinta.

El primer Bit del código binario se le puede nombrar como B0, luego tendremos B1, B2 y así sucesivamente hasta llegar B25. B0 es la paridad par de los primeros 12 Bits transmitidos. Los 8 Bits siguientes después B0, se le conoce como Facility Code, sirve para identificar si el código pertenece o no al lugar donde se está realizando la lectura. Desde B9 hasta B24, se conoce como User Code que corresponde al número que tiene la tarjeta. El ultimo Bits B25, es la paridad impar, de los últimos 12 Bits transmitidos.

Los Bits de paridad sirven indicar si hay error en la lectura. Para lo anterior se tiene que el caso de que los primeros 12 Bits, que se encuentran entre B1 hasta B12, la suma de sus 1 sean impares el Bit de paridad será un 1 para que la suma sea par, pero en caso contrario si este Bit es 0, entonces se estaría indicando un error, ya que la suma está dando como resultado un número impar.

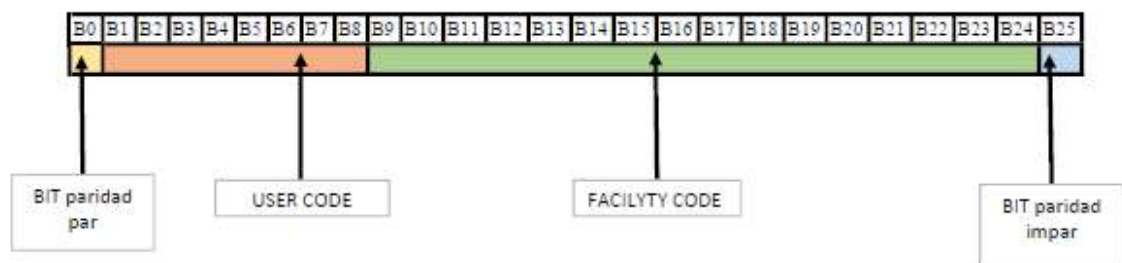


Figura 2-10. Protocolo Weigand.

CAPITULO 3: DESARROLLO

3. DESARROLLO

3.1. ESQUEMA DE LA INTERFAZ

Como se puede observar en la Figura 3-1., el transformador energiza el lector RFID, la cerradura electromagnética, el botón “No Touch” y el regulador LM2596, este último dispositivo alimenta la Raspberry Pi y el módulo relé.

Una vez que se hace lectura de una tarjeta de proximidad, el dispositivo encargado de leer, envía los pulsos de bajada (data 1 y data 0), posteriormente estos son recibidos por los optoacopladores que a su vez los conmuta hacia la Raspberry Pi.

En caso de que la lectura de la tarjeta sea correcta, es decir, se ha dado la orden de abrir la puerta, se enviará una señal por un pin GPIO la cual le quitará la energía a la bobina del relé y este a su vez desbloqueará la cerradura electromagnética.

Para el caso de que se quiera abrir la puerta desde el interior de la instalación se tendrá un botón “No Touch” el cual permitirá desbloquear la cerradura electromagnética.

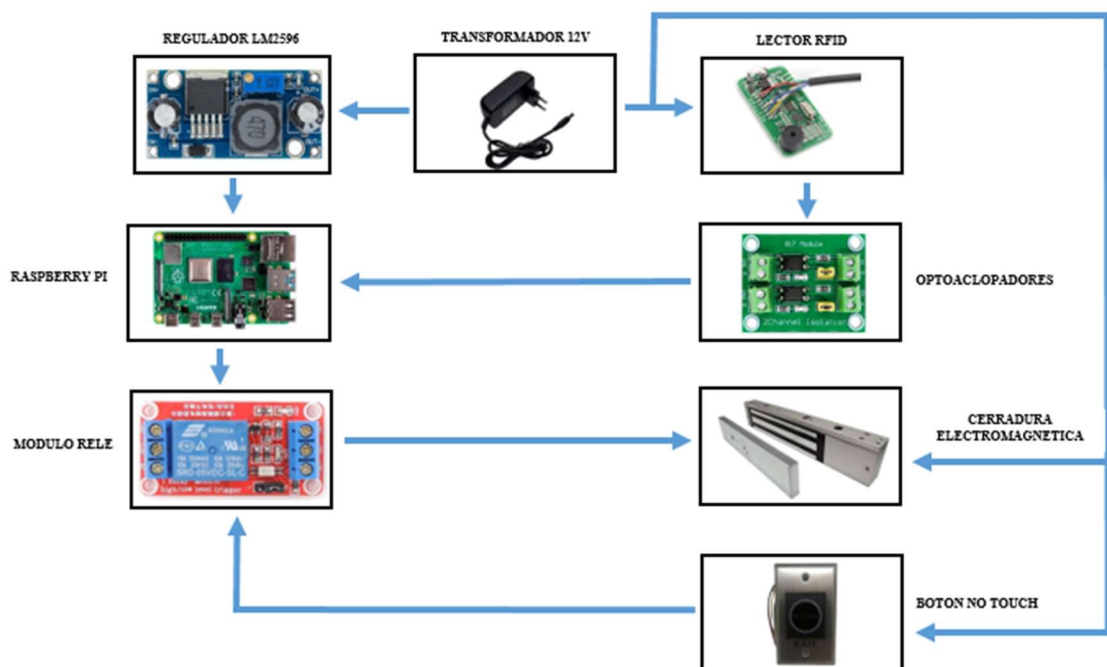


Figura 3-1. Esquema de la interfaz.

3.2. DISPOSITIVOS A UTILIZAR

3.2.1. Raspberry Pi 4 modelo B 2GB RAM

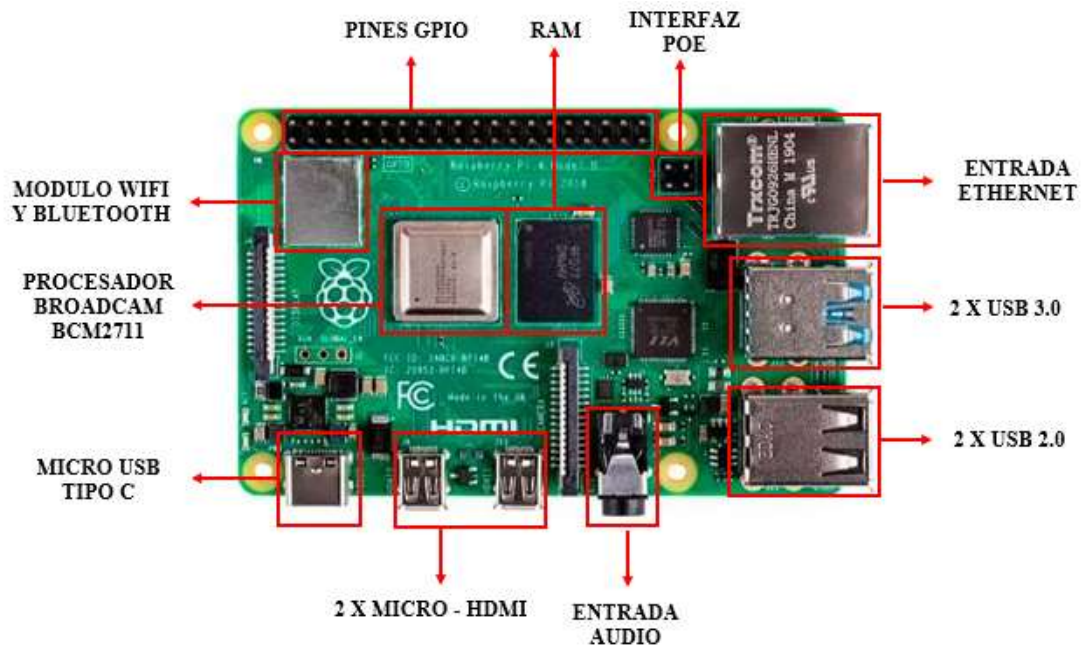


Figura 3-2. Componentes de la Raspberry Pi 4.

Fuente: <https://www.mouser.cl/ProductDetail/Raspberry-Pi/RPI4-MODBP-4GB-BULK?qs=vtpzqDgAobkxvB%252BH7oxSXw%3D%3D>

La Raspberry Pi a utilizar será la versión 4. (Figura 3-2.)

3.2.1.1. Características

- Tiene un procesador Broadcom BCM2711, Cortex-A72 de cuatro núcleos (ARM v8) SoC de 64 bits a 1,5 GHz
- Tiene una memoria RAM 2GB LPDDR4
- La conectividad puede ser por medio de wi-fi por banda de 2.4 GHz o 5 GHz, también puede por medio de un cable de Ethernet RJ45 que soporta un ancho de banda de 1000 Mbps. Además de lo anterior nos encontramos con conexión bluetooth de 5.0.
- Ranura para tarjeta micro SD para cargar el sistema operativo y almacenamiento de datos
- Se alimenta con 5 Volts con un consumo máximo de 3 Amperes. Esta alimentación puede ser por medio de un cable micro USB tipo C o por sus pines GPIO.

- La temperatura de funcionamiento está comprendida entre los 0–50°C.
- Sus dimensiones son 88mm de largo, 58mm de ancho y 18,5mm de grosor.

De las especificaciones anteriores, el procesador cuenta con una arquitectura llamada Cortex-A72, estos procesadores están diseñados para operar en Smartphone, su consumo energético es bajo, esto se debe a su fabricación de 16nm, posee cuatro núcleos que trabajan a una velocidad de 1,5 GHz como máximo. La memoria LPDDR4 al igual que el procesador está diseñada para dispositivos móviles. La interfaz POE (Trad. Power Over Ethernet) esta diseñada para administrar energía a la Raspberry Pi a través de un cable de red.

3.2.1.2. Pines GPIO

La Raspberry cuenta con 40 pines (Figura 3-3.) header machos de los cuales 26 de ellos son GPIO (trad. General Purpose Input Output).

Los pines pueden ser configurados como entradas y salidas, pueden ser activados y desactivados mediante código, pueden leer datos binarios, como unos y ceros, señal de voltaje o ausencia de ella.

Los pines GPIO operan con 3,3 Volts y admiten 16 mili-Amperes como máximo.

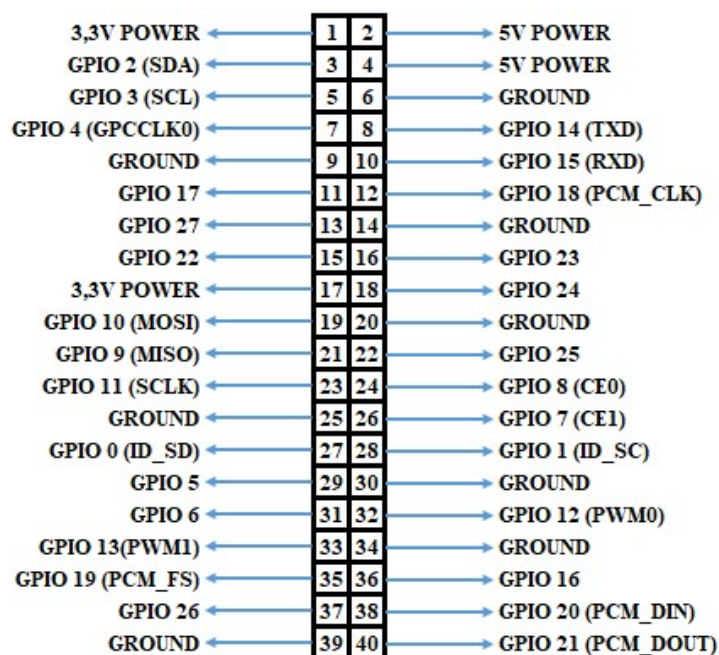


Figura 3-3. Descripción Pines GPIO.

Fuente: <https://solectroshop.com/es/content/60-5-pines-gpio-y-su-programacion>

En la Tabla 3-1. se indican los pines a utilizar de la Raspberry Pi.

PIN	FUNCION
5V POWER	Energizar Raspberry Pi y módulo relé
3.3V POWER	Energizar los pines GPIO 17 y 22
GROUND	Común de la Raspberry Pi
GPIO 17	Lee los bits del cable DATA 1
GPIO 27	Lee los bits del cable DATA 0
GPIO 22	Activa la bocina del lector RFID
GPIO 10	Activa el modulo relé

Tabla 3-1. Pines GPIO a utilizar para la interfaz.

3.2.3. Convertidor Buck DC-DC Step Down LM2596 Regulable

En la Figura 3-5. se muestra el regulador buck o reductor el cual va energizar la Raspberry Pi.



Figura 3-5. Convertidor Buck DC-DC LM2595 Regulable.

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/LM2596-LM2596S-DC-DC-3-40V-60662260578.html>

3.2.3.1. Características

- Su tensión de entrada va de los 4 a los 35 Volts como máximo.
- Su tensión de salida es ajustable y va de los 1,25 a los 30 Volts, para conseguir la tensión deseada la entrada debe ser 1,5 Volts mayor que la de salida. para este caso, en el proyecto se presenta una tensión de entrada de 12 Volt, 5,5 Volts más alta de la requerida.
- La tensión se regula a través de un potenciómetro de precisión de 10KOhm.
- Su corriente máxima de salida es de 3 Amperes.
- Tiene un potencial de salida de 20 Watts
- Su eficiencia de conversión es de 92%.
- Tiene una onda con rizado de 70mV.
- Su frecuencia de conmutación es 150 KHz.
- Sus dimensiones son 43mm de largo, 21mm de ancho y 14mm de alto.

3.2.4. Cerradura Electromagnética 12VDC

Este dispositivo está previsto para mantener la puerta cerrada en todo momento, a menos que la Raspberry de autorización para abrir o se active el botón “No Touch”.

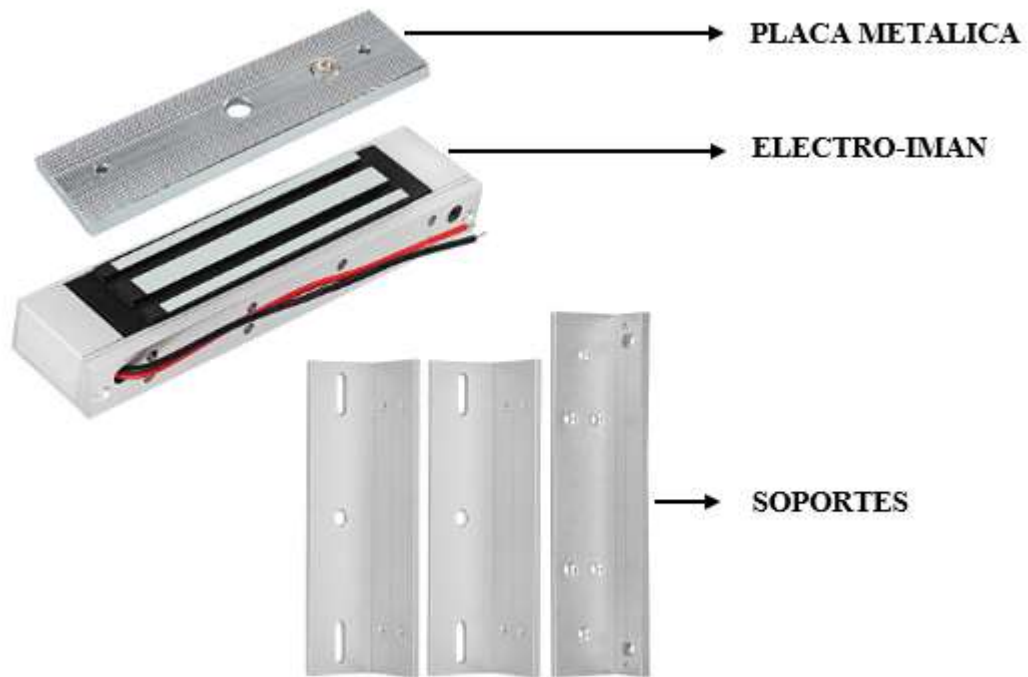


Figura 3-6. Cerradura Electromagnética con sus soportes.

Fuente: <https://es.aliexpress.com/>

3.2.4.1. Características

- Se alimenta con 12 Volts en corriente continua.
- Tiene una corriente de funcionamiento que va entre los 380 y 500 mili-Amperes.
- Tiene una fuerza de retención de 180 KG.
- El electroimán encendido mantiene la puerta cerrada y cuando este se encuentra apagado la puerta se abre.
- Cable rojo: +12V.
- Cable negro: GND.
- La dimensión del electro-imán son 172 mm de largo, 21 mm de ancho y 40mm de alto.
- La dimensión de la placa metálica son 130mm de largo, 32mm de ancho y 11mm de alto.

3.2.4.2. Montaje cerradura electromagnética

Para el montaje de la cerradura es necesario tener conocimientos de carpintería. De la Figura 3-6., el electroimán va fijado con el soporte más largo arriba del marco de la puerta y la placa metálica con los dos soportes de igual tamaño los cuales se juntan formando un soporte que va ubicado en la puerta. Lo descrito anteriormente se representa en la Figura 3-7. Se recomienda dejar un poco floja la placa metálica de su respectivo soporte.

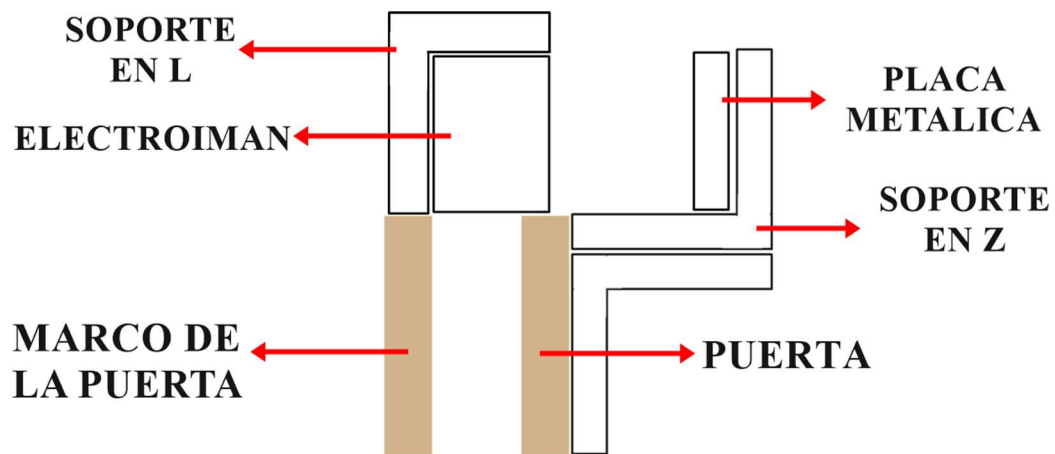


Figura 3-7. Montaje Cerradura Electromagnética.

Fuente: <https://es.aliexpress.com/>

3.2.5. Botón o Pulsador Vertical “No Touch”

Este dispositivo está diseñado para abrir la puerta al momento de salir desde el interior del espacio, se activa acercando la mano o alguno dedo al objeto en cuestión (Figura 3-8).

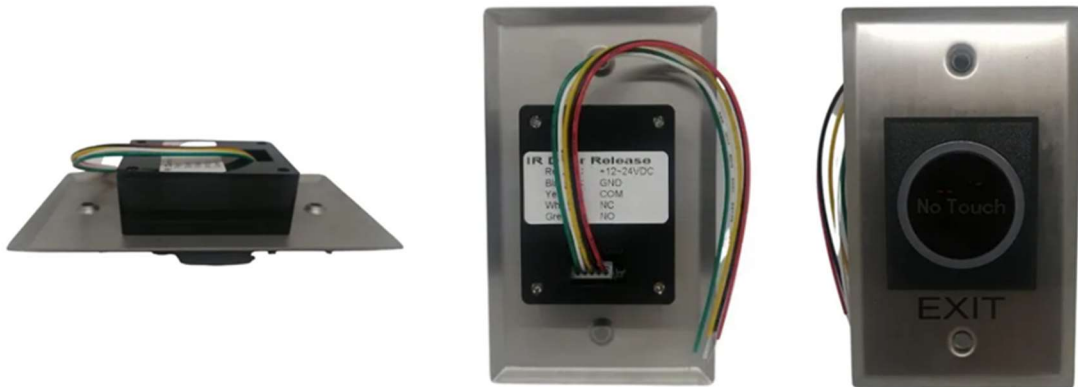


Figura 3-8. Botón “No Touch”.

Fuente: <https://www.mercadolibre.cl/>

3.2.5.1. Características

- Su rango de tensión de funcionamiento va de los 12 hasta los 24 Volts en corriente continua.
- Posee dos contactos, uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto.
- Posee 5 cables.
- Un cable rojo para la tensión positiva.
- Un cable negro para el GND .
- Un cable amarillo para el común entre los dos contactos.
- Un cable blanco para el contacto normalmente cerrado.
- Un cable verde para el contacto normalmente abierto.
- Sus dimensiones por la parte del botón son 115mm de largo y 70mm de ancho.

3.2.6. Módulo Relé de 5 Volts de 1 canal

Este módulo está destinado para desbloquear la puerta. Se activará mediante un pin GPIO el cual cerrara la conexión a tierra, es decir se encenderá con una entrada baja.



Figura 3-9. Modulo Relé de 5VDC 1 canal.

<https://www.mercadolibre.cl/>

3.2.6.1. Características

- Se alimenta con 5 Volt
- El modulo consume 75mA.
- El relé se puede activar con una señal alta (5V) o con señal baja (0V), se dispone de jumper o puente como se ve en la Figura 3-9., se indica una L para bajo y una H para alto.
- Posee componentes ópticos que permiten aislar eléctricamente la etapa de potencia con la Raspberry Pi.
- Posee un Diodo de protección para la bobina del Relé, ya que si se corta la corriente abruptamente se elevará la tensión, lo cual dañará los componentes cercanos al Módulo.
- Posee 2 diodos led, uno indica el estado de alimentación y otro indica el estado de activación del Relé.
- Posee borneras para fácil conexión.
- Soporta 250 Volts en corriente alterna a 10 Amperes y 30 Volt en corriente continua a 10 Amperes.
- Las dimensiones del Módulo Relé son 50mm de largo 26mm de ancho y 18,5mm de alto.

3.3. CONEXIONES ELÉCTRICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA INTERFAZ

3.3.1. Conexiones para la energización de los dispositivos

Para la correcta energización de los componentes descritos anteriormente se utilizará un transformador de 12v de corriente continua.

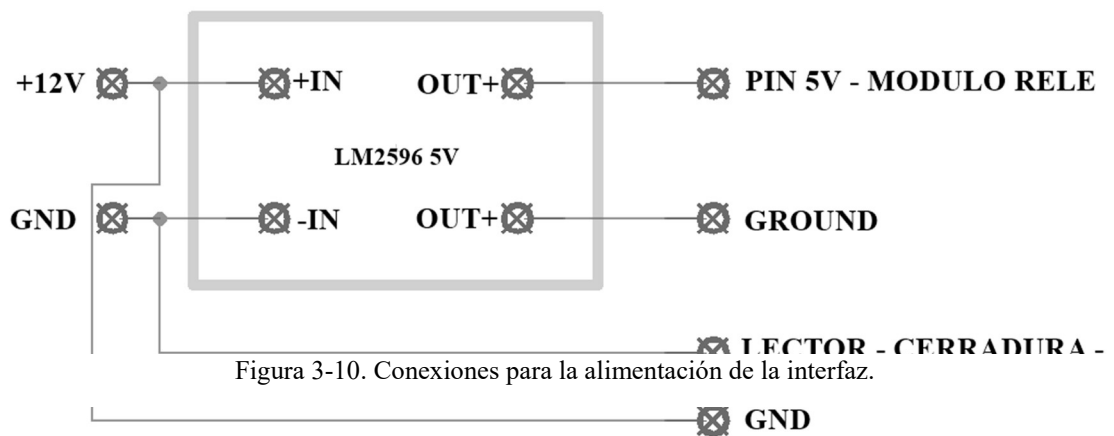


Figura 3-10. Conexiones para la alimentación de la interfaz.

De la Figura 3-10.

- Los 12V y GND corresponden a la tensión de salida del transformador, la cual alimentará el regulador, el lector RFID, la cerradura electromagnética y el botón no touch.
- +IN y -IN son los pines donde se conecta la tensión de entrada del regulador proveniente del transformador.
- OUT+ y OUT- corresponde a la tensión de salida del regulador, esta energizará la Raspberry Pi y el módulo relé.
- PIN 5V (5V POWER. Ver Figura 3-3.) y GROUND gura corresponde a los pines por el cual se energizará la Raspberry Pi, además estos servirán para energizar, activar y desactivar el módulo Relé.

Antes de energizar la Raspberry Pi es necesario ajustar la tensión del regulador a 5Volts. Para ajustar la tensión deseada es necesario seguir las siguientes instrucciones indicadas en la subsección 3.3.1.1.

3.3.1.1. Regular la tensión del regulador a 5 Volts

Para realizar las siguientes instrucciones es necesario tener las herramientas señaladas a continuación.

- Multímetro digital o DMM, con sus respectivas puntas de prueba.
 - Pinzas tipo cocodrilo de doble extremo.
 - Destornillador de precisión.
- I. Se coloca el Multímetro en 200 Volts de corriente continua.
 - II. En las puntas de prueba se colocan las pinzas. Los otros extremos de las pinzas se colocan en la salida de tensión del regulador.
 - III. Ya habiendo energizado el regulador con los 12 Volts del transformador, se comprueba el valor de tensión a través del Multímetro. Si el valor es mayor a 5 Volts, se girará la perilla del potenciómetro con el destornillador hacia la izquierda, en caso contrario se girará hacia la derecha con el fin de obtener un Valor cercano a los 5 Volts.

3.3.2. Conexiones para la Conmutación del Lector RFID con la Raspberry Pi

Se sabe que la lectora trabaja entre los 0 y 5,5 Volts, por otro lado, la Raspberry Pi, tienes sus puertos GPIO que solo admiten 3,3 Volts. Para la conmutación de los pulsos de data 1 y data 0 se utilizará dos optoacopladores PC817 (Figura 3-12.). Se adicionará un tercer optoacoplador PC817 con la finalidad de activar la bocina del lector RFID. Lo descrito anteriormente se observa en el diagrama eléctrico de la Figura 3-11.

Mientras data 1 y data 0 estén en el estado lógico alto, los pines GPIO 17 y 27 recibirán un estado bajo, por otro lado, cuando haya un pulso de bajada en la entrada de uno de los optoacopladores, el pin GPIO correspondiente al optoacoplador recibirá un estado alto. La resistencia de 560 Ohm puesta en la salida de los 3,3 Volts se conoce como resistencia Pull Up (trad. elevar) y además de limitar la corriente hacia los pines GPIO evita que existan estados lógicos falsos, es decir, que los pines GPIO pueden recibir un estado alto sin que haya un pulso de bajada en la entrada.

Debido a que la corriente que entregan los pines GPIO es muy baja para activar el diodo led del optoacoplador se utilizará un transistor 2N2222 que se activará por medio de la corriente del pin GPIO 22. La corriente circulando por la base del transistor será igual a 1 mili-Ampere valor que será suficiente para la saturación del transistor.

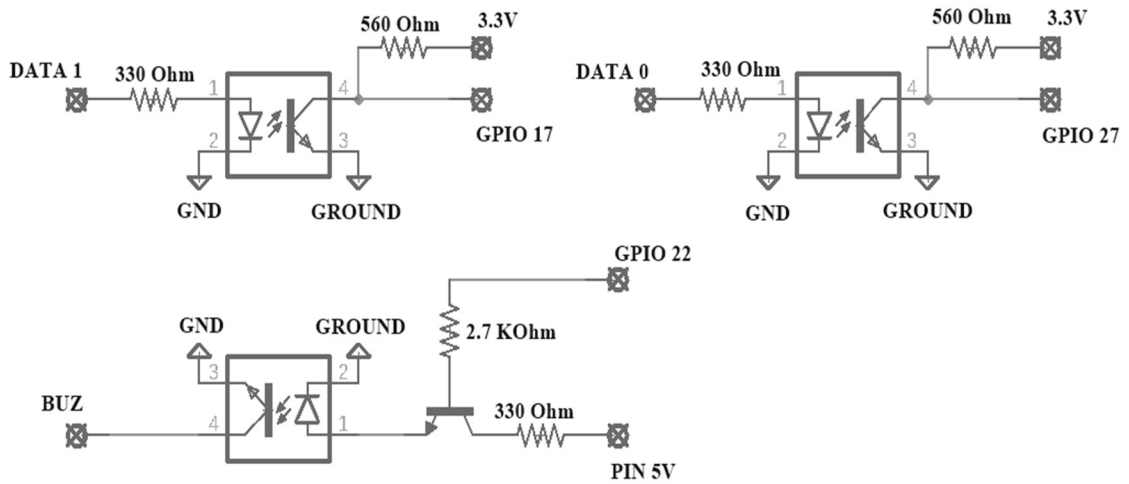


Figura 3-11. Conexiones para la conmutación entre la Raspberry Pi y el Lector RFID.

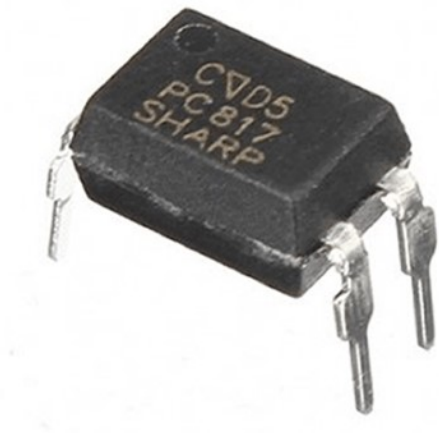


Figura 3-12. Encapsulado del Optoacoplador PC817.

Fuente: <https://sensoricx.com/optoacoplador-pc817/>



Figura 3-13. Encapsulado del Transistor 2N2222.

Fuente: <https://www.pinterest.cl/>

El círculo de la esquina izquierda superior del circuito integrado de la Figura 3-12. indica el pin 1 el cual corresponde al ánodo del optoacoplador.

Observando la Figura 3-13., posee tres pines metálicos, el pin 1 corresponde al emisor este está más cercano a la pestaña metálica, el pin 2 a la base, el pin 3 al colector.

3.3.3. Conexiones para la Conmutación entre la raspberry Pi y la Salida

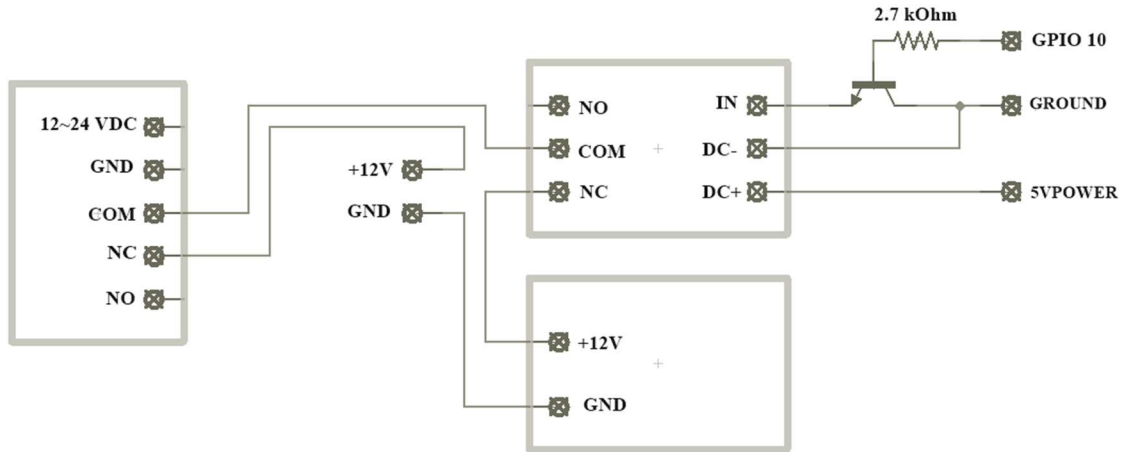


Figura 3-14. Conexiones para la conmutación entre la salida y la Raspberry Pi.

De la Figura 3-14. se observa que el pin GIO 10 al activarse cierra la conexión a GROUND por medio de un transistor 2N2222, por lo tanto, el módulo relé está configurado para activarse con una entrada baja (el jumper esta para el lado de la letra “L”. Ver Figura 3-9.), al estar activo el relé se abre la conexión desbloqueando la puerta. El tiempo que el pin GPIO 10 este activo será el lapso que la puerta este desbloqueada.

Por el otro lado de la puerta desde el interior del espacio se encuentra el botón “No Touch” que funciona igual que el módulo relé, pero en este caso se activa acercando la mano a él. El botón “No Touch” queda activo por 10 segundos, tiempo suficiente para abrir la puerta, un tiempo superior a lo estipulado dañaría el dispositivo.

La conexión entre los 12 Volts del transformador, el botón “No Touch”, el Módulo Relé y la cerradura están en serie, en la Figura 3-15. se explica lo anteriormente mencionado, cabe señalar que el orden de conexión entre el botón y el módulo relé no altera el desbloqueo de la cerradura electromagnética.

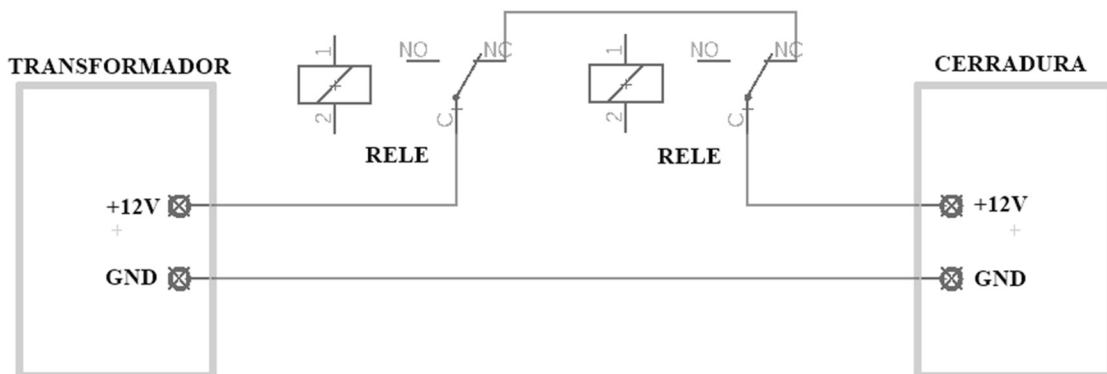


Figura 3-15. Conexiones en serie entre 2 relés.

3.4. DISEÑO DE PCB “INTERFAZ PARA RASPEBERY PI”

Para el diseño de la PCB se ha utilizado el programa EAGLE versión 9.6.2. El Software posee dos interfaces, una es para realizar el dibujo del diagrama esquemático, la otra interfaz es para dibujar las pistas que unirán los componentes del diagrama anteriormente creado.

El diseño de la placa impresa se compones de 2 PCB'S, una servirá para generar las conmutaciones correspondientes y la otra se utilizará para recibir por medio de un cable RJ45 (Figura 3-16.) la alimentación del lector, la cerradura y del botón “No Touch”. Aparte de la alimentación servirá también para enviar los pulsos de data 1 y data 2, activar la bocina y abrir la cerradura.



Figura 3-16. Cable RJ45.

Fuente: <https://www.mercadolibre.cl/>

En la Figura 3-17., se muestra el diagrama esquemático dibujado para la PCB “Interfaz para Raspberry Pi” realizado a través del Software.

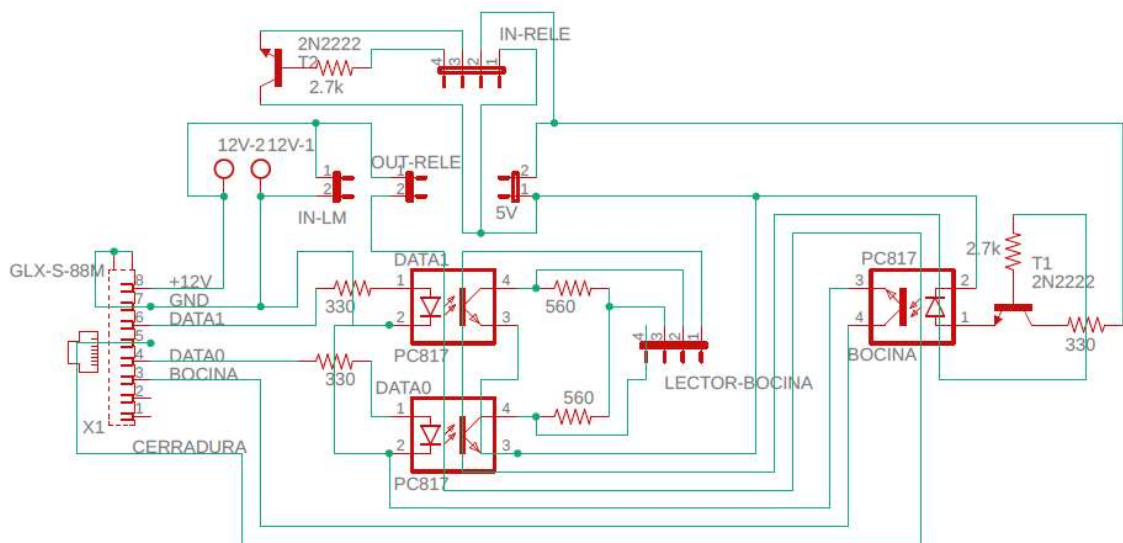


Figura 3-17. Diagrama esquemático de la primera PCB.

En la Tabla 3-2. se muestra el orden de conexión de los pines Header.

PINES HEADER	TERMINAL			
	1	2	3	4
IN-LM	IN+	IN-	N/A	N/A
OUT-RELE	NC	COM	N/A	N/A
IN-RELE	DC-	DC+	IN	GPIO 10
5V	GROUND	5VPOWER	N/A	N/A
LECTOR-BOCINA	GPIO 22	GPIO 17	3,3V POWER	GPIO 17

Tabla 3-2. Orden de conexión pines HEADER.

Para conectar la Raspberry Pi a la PCB se utilizarán cables Dupont Jumper hembra-hembra (Figura 3-18.) los cuales se conectará a los pines HEADER (Figura 3-17.) machos presentes en la PCB. Para recibir la alimentación proveniente del transformador se utilizará una bornera de 2 terminales (Figura 3-20.). Para comunicar las PCB'S se utilizarán 2 conectores RJ45 (Figura 3-19.)

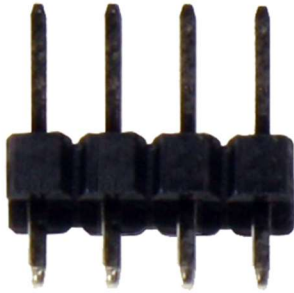


Figura 3-18. Pines HEADER.

<https://www.electronicaembajadores.com/es>



Figura 3-19. Cables Dupont Hembra-Hembra.

<https://www.mercadolibre.cl/>



Figura 3-20. Conectores RJ45.

Fuente: <https://www.mercadolibre.cl/>



Figura 3-21. Borneras 2 terminales.

Fuente:
<https://hubot.cl/producto/bornera-2-terminales-dg301-5mm-c-pernos-sku-469f2/>

Ahora bien, para la segunda PCB, se puede observar el siguiente diagrama esquemático (Figura 3-24.) Del diagrama se pueden observar 3 borneras diferentes, una de 5 terminales, otra de 4 terminales y otra de 2 terminales.

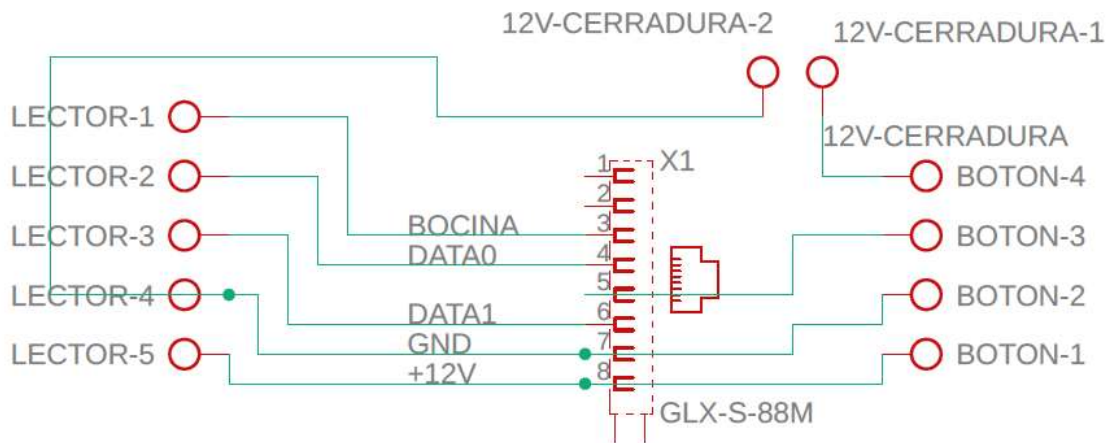


Figura 3-24. Diagrama esquemático de la segunda PCB.

En la Tabla 3-3. se observa el orden de conexión de los cables para las diferentes borneras.

BORNERA	TERMINAL				
	1	2	3	4	5
LECTOR	BOCINA	DATA 0	DATA 1	GND	12V
BOTON	+12V	GND	NC	COM	N/A
12V-CERRADURA	+12V	GND	N/A	N/A	N/A

Tabla 3-3. Orden de conexión de borneras de la segunda PCB.

Del diagrama de la Figura 3-24., se obtiene el siguiente diseño de PCB (Figura 3-25.). En la figura 3-26. se observa el diseño de la PCB con sus pistas y el dibujo de sus componentes.

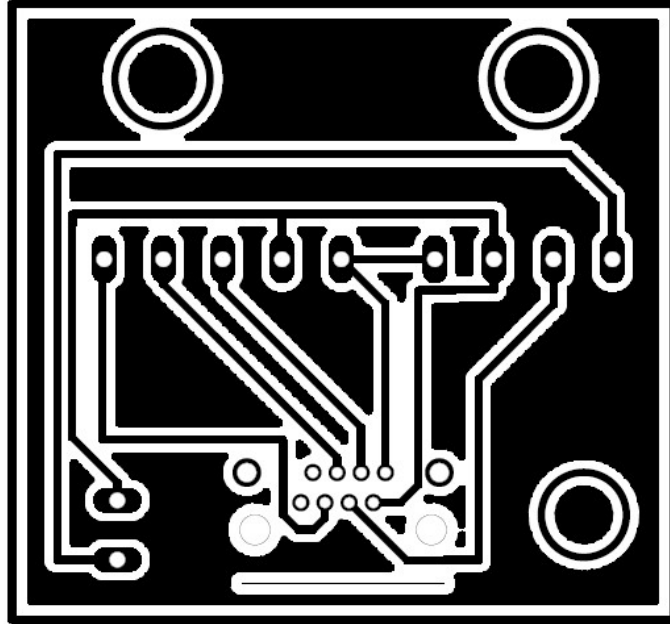


Figura 3-25. Segundo diseño de PCB en formato para imprimir.

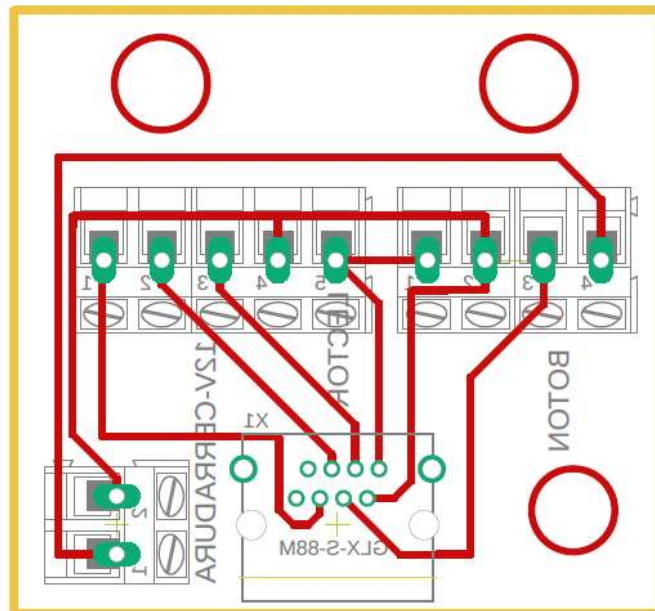


Figura 3-26. Segunda PCB con pistas y componentes.

3.5. TAMAÑO DE LA INTERFAZ

Considerando las dimensiones del módulo relé, del convertidor reductor LM2596 y la Raspberry Pi, mencionadas en subsecciones anteriores, se tendrían las siguientes medidas junto con la primera PCB. (Figura 3-27.) Las dimensiones de la primera PCB serían 53,3mm de ancho y 70,7mm de largo.

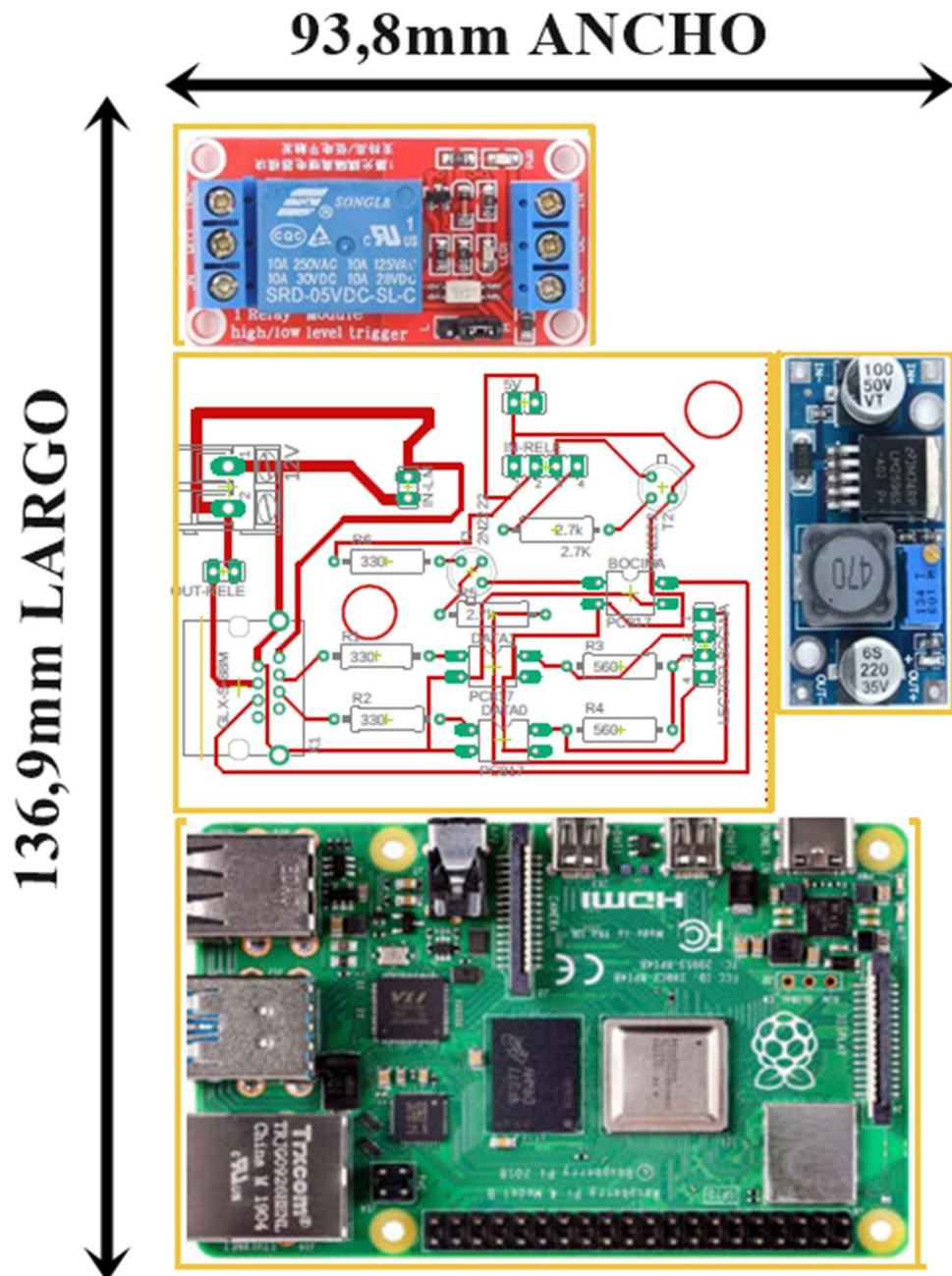


Figura 3-27. Medidas de la interfaz.

3.6. COSTOS

De la Tabla 3-4.

- A. DISPOSITIVOS
- B. CABLES
- C. COMPONENTES
- D. CONECTORES
- E. FABRICACION DE PCB

CTG	PRODUCTO	PRECIO	ENVIO	CANT	TOTAL
A	Transformador 12V 3A	\$3.990	\$4.950	1	\$8.940
	Convertidor reductor LM2596	\$3.900	\$0	1	\$3.900
	Raspberry Pi 4 modelo	\$115.790	\$0	1	\$115.790
	decodificador de tarjetas RFID	\$9.845	\$7.775	1	\$17.620
	Modulo Relé 5V	\$2.900	\$0	1	\$2.900
	Cerradura Electromagnética	\$7.738	\$10.589	1	\$18.327
	Botón "No Touch"	\$22.900	\$0	1	\$22.900
SUBTOTAL					\$190.377
B	Cable jumper Dupont 40U	\$2.800	\$0	1	\$2.800
	Cable RJ45 1m	\$390	\$0	10	\$3.900
	Cable 2 hilos negro y rojo 1m	\$530	\$0	5	\$2.650
SUBTOTAL					\$9.350
C	Tira header macho 40 pines	\$500	\$0	1	\$500
	Optoacoplador PC817	\$1.000	\$0	3	\$3.000
	Transistor 2n2222	\$120	\$0	2	\$240
	Resistencias de 1/2 watts	\$30	\$0	7	\$210
SUBTOTAL					\$3.950
D	Bornera para PCB 2 terminales	\$1.300	\$0	2	\$2.600
	Bornera para PCB 5 terminales	\$2.300	\$0	1	\$2.300
	Bornera para PCB 4 terminales	\$2.000	0	1	\$2.000
	Conector RJ45 PCB 2U	\$5.900	\$5.170	1	\$11.070
	Conector para cable RJ45	\$150	\$0	2	\$300
	Regleta de 12 conectores	\$80	\$0	1	\$80
SUBTOTAL					\$18.350
E	PCB	\$2.240	\$10.780	10	\$33.180
E					\$33.180
TOTAL					\$255.207

Tabla 3-4. Tabla de costos para realizar la interfaz.

CAPITULO 4: CONCLUSIÓN Y RECOMEDACIONES

4. **CONCLUSION Y RECOMENDACIONES**

La interfaz para Raspberry Pi ha demostrado ser un sistema de seguridad óptimo para el control de accesos a las salas donde se implementó, por otro lado, a mayor cantidad de controles solicitados menor es el costo a desembolsar.

Se puede afirmar también que el proceso de instalación solo requiere de una persona por tiempo de 8 horas aproximadamente.

Sin embargo, como todo producto tecnológico se alimenta con corriente eléctrica la que si en algún momento llega a fallar, falla también el producto.

Cabe resaltar que si bien el producto funciona con electricidad este es de bajo consumo por lo que no genera gastos muy altos ni daños al ecosistema. Su tamaño es compacto, liviano y de fácil transporte debido a la utilización de componentes discreto.

Es de gran relevancia mencionar que la interfaz para Raspberry Pi posee un mecanismo de funcionamiento donde no es necesario tocar el aparato. Bajo un contexto mundial de pandemia se hace relevante buscar todos los mecanismos posibles para disminuir cualquier riesgo de contagio.

La interfaz para Raspberry Pi genera un sistema único y de calidad para el control de acceso a las instalaciones de la Universidad Técnica Federico Santa María.

4.1. **RECOMENDACIONES**

Entendiendo de que una de las debilidades de la interfaz es la utilización de corriente eléctrica y que esta dejase de funcionar por un corte de corriente en la red de la universidad. A modo de recomendación se sugiere a los futuros desarrolladores un sistema de electricidad de emergencia, para evitar que la Raspberry Pi se apague bruscamente y así con esto prolongar la vida útil del aparato.

Otra recomendación sería la utilización de la interfaz para el acceso de vehículos a nuestra universidad. En vez de tener una Cerradura Electromagnética, se tendría una barrera de acceso vehicular.

CAPITULO 5: BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE LA INFORMACION

5. BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE LA INFORMACION

ELECTRONICAONLINE. Qué es un Circuito Digital: Diseño y sus Aplicaciones. [En línea]. [S.A]

<<https://electronicaonline.net/electronica-digital/que-es-un-circuito-digital-diseno-y-sus-aplicaciones/>> [Consulta: 5 septiembre 2022]

ELECTRONICA PRATICA APLICADA. Controladores básicos (Drivers). [En línea]. 10 abril 2013. < <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/controladores-basicos-drivers> > [Consulta: 5 septiembre 2022]

VILLALBA MADRID, German, ZAMORA IZQUIERDO, Miguel A. transistor de unión bipolar (BJT). [En línea] [S.A]. <https://www.academia.edu/33440740/Tema_3_Transistor_de_Uni%C3%B3n_Bipolar_BJT_Rev_2_TEMA_3_TRANSISTORES_DE_UNION_BIPOLAR_BJT> [Consulta: 5 septiembre 2022]

CABRERA BERIOS, Jorge. Convertidor Buck-Boost: ¿Qué es? (Fórmula y diagrama de circuito). [En línea] [S.A] <<https://telcomplus.org/convertidor-buck-boost/>> [Consulta: 5 septiembre 2022]

PEDREIRA MARCEL Marcel, MORENO VEGA Valery. Sistema de control de acceso e interbloqueo para el Centro de Inmunología Molecular. [En línea]. Septiembre 2013 <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000300008> [Consulta: 5 septiembre 2022]

HETPRO. Guía diseño de PCB con EAGLE. [En línea] [S.A].

<<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/guia-diseno-de-pcb-con-eagle/>> [Consulta: 5 septiembre 2022]

CAPITULO 6: ANEXOS

6. **ANEXOS**ANEXO A: LIBRERÍA EAGLE PARA CONECTORES RJ45

ADD

Name	Managed Folder	Description	Po
▼ con-kycon	Eagle Pcb	Connector from KYCON, Inc	
GLX-S-88M		Mod. Jack, Right Angle, 8 posiotion...	
▼ con-molex	Eagle Pcb	Molex Connectors	
0446200002		RJ-45 INVERTED MODULAR JACK A...	
▼ con-pulse	Eagle Pcb	Pulse Engineering, Inc.	
J1006F01P		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
J1006F21		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▶ J1011F		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▶ J1012F21R		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▶ J1026F		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▶ J1026F01		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▶ J11012F		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
JP006821U		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
JP011821U		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
JP026851U		PULSEJACK (TM) 1x1 Tab-UP RJ45	
▼ con-tycoelectronics	Eagle Pcb	Tyco Electronics Connector	
▶ RJ45*2		RJ45 Low Profile Shield Type 2	

ANEXO B: LIBRERÍA EAGLE PARA BORNERAS

ADD

Name	Managed Folder	Description
con-pt500	Eagle Pcb	PTR Connectors
AK300/2		CONNECTOR
AK300/3		CONNECTOR
AK300/4		CONNECTOR
AK300/5		CONNECTOR
AK300/6		CONNECTOR
AK300/7		CONNECTOR
AK300/8		CONNECTOR
AK300/9		CONNECTOR
AK300/10		CONNECTOR
AK300/11		CONNECTOR
AK300/12		CONNECTOR
AK500/2		CONNECTOR
AK500/2-H		CONNECTOR
AK500/3		CONNECTOR
AK500/3-H		CONNECTOR
AK500/4		CONNECTOR
AK500/4-H		CONNECTOR
AK500/5		CONNECTOR
AK500/5-H		CONNECTOR
AK500/6		CONNECTOR
AK500/6-H		CONNECTOR
AK500/7		CONNECTOR
AK500/7-H		CONNECTOR
AK500/8		CONNECTOR
AK500/8-H		CONNECTOR
AK500/9		CONNECTOR
AK500/9-H		CONNECTOR
AK500/10		CONNECTOR
AK500/10-H		CONNECTOR
AK500/11		CONNECTOR
AK500/11-H		CONNECTOR
AK500/12		CONNECTOR
AK500/12-H		CONNECTOR

ANEXO C: CALCULADORA DE GROSOR DE PISTAS ONLINE

Página web: <https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-pcb-trace-width>

<p>Corriente (I)</p> <input type="text" value="Ingresar corriente..."/> A	<p>Temperatura ambiente</p> <input type="text" value="Ingresar temperatura..."/> °C ▾
<p>Espesor (t)</p> <input type="text" value="Ingresar espesor..."/> oz/ft² ▾	<p>Longitud de trazo</p> <input type="text" value="Longitud de trazo..."/> in ▾
<p>Aumento de temperatura (T_{Rise})</p> <input type="text" value="Ingresar temperatura..."/> °C ▾	

FÓRMULA

Primero, calcule el Área:

$$A = \left(\frac{I}{k \times T_{Rise}^b} \right)^{\frac{1}{c}}$$

Luego, calcule el Ancho:

$$W = \frac{A}{t \times 1.378}$$

Para las capas internas de la IPC-2221: k = 0.024, b = 0.44, c = 0.725

Para las capas externas de la IPC-2221: k = 0.048, b = 0.44, c = 0.725

donde k, b y c son constantes que resultan del ajuste de la curva a las curvas de la IPC-2221.

Valores comunes:

Espesor: 1 oz

Ambiente: 25 C

Aumento de la temperatura: 10 C