

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Cerradura inteligente con acceso mediante huella dactilar para  
domicilios

### **Informe de Proyecto**

### **Sistemas Embebidos**

#### **Tutores**

**MSc. Ronald Solis**

**MSc. Alisson Constantine**

Presentado por:

Milena Chiquito Molina

Andrés Noboa Véliz

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**Término: 2021 – 2T**

## 1. INTRODUCCIÓN

La domótica es el control y la automatización para la gestión inteligente de una vivienda. Comprende sistemas de interacción, integración, información y de gestión y control inteligente para proveer protección a los usuarios. (Fernandez, 2010)

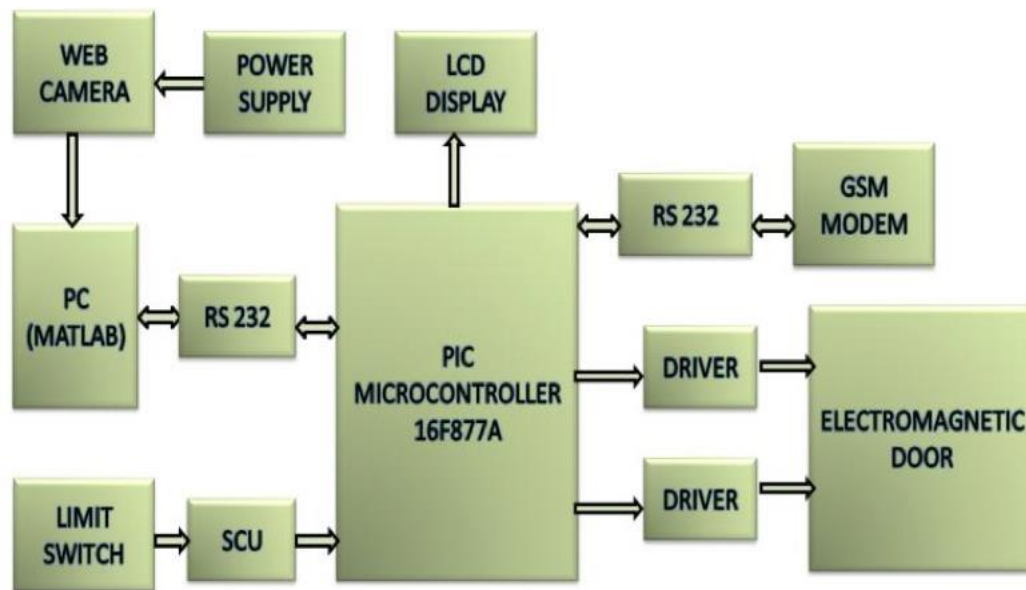
El sistema de seguridad juega un papel muy importante gracias a que provee una capa de seguridad mediante la autenticación de usuarios pudiendo evitar accesos no deseados (Morales, 2011). El avance de la tecnología “*Internet of things*” (IoT) nos permite tener distintos dispositivos conectados, gracias a internet, generando un ambiente inteligente. La unión de estos conceptos facilita el desarrollo de sistemas inteligentes que mejoran la seguridad de los hogares. (Oracle, 2021)

## 2. ANTECEDENTES

El diseño de sistemas de seguridad en hogares ha tenido grandes avances gracias a la implementación de nueva tecnología que aumenta la confianza y robustez de los sistemas tradicionales que hoy en día son anticuados y su seguridad se puede violar con facilidad.

En la revista *International Journal of Science and Modern Engineering* (IJISME), las ingenieras I. Yugashini, S. Vidhyasri y K. Gayathri Devi, publicaron su investigación sobre el diseño e implementación de un sistema de acceso automatizado con reconocimiento facial.

Ellas a través de la identificación biométrica de reconocimiento facial identificaron las ventajas del uso de este método de seguridad al proponer un sistema controlado por una tarjeta PIC 16F877A, conectada a distintos dispositivos electrónicos como se muestra en la Ilustración 1, que garantiza el correcto funcionamiento y facilita la interacción entre el usuario y el sistema. (Yugashini, Vidhyasri, & Gayathri Devi, 2013)



**Ilustración 1. Diagrama de bloques del sistema propuesto en la publicación.**

La investigación concluye que gracias a estas técnicas de reconocimiento biométrico, se ven mejoras en la seguridad de los hogares al trabajar con identificaciones únicas y contar con un registro de las operaciones realizadas por el sistema. (Yugashini, Vidhyasri, & Gayathri Devi, 2013)

Por otro lado, la revista Ciencia e Investigación publicó un trabajo realizado por los ingenieros Miguel Quiroz, Galo Valverde, Jonathan Prieto y Luis Apupalo de la facultad de sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana de Guayaquil. Ellos presentaron un proyecto sobre la detección de personal no autorizado en el departamento de TI utilizando redes neuronales convolucionales en tiempo real con Raspberry Pi 3 B+. (Quiroz, Valverde, Prieto, & Apupalo, 2020)

Mediante el uso de librerías como TensorFlow, Numpy y OpenCV, consiguieron elaborar un sistema de reconocimiento facial y envío de alertas por correo electrónico email, que trabaja con Pi camera v2 de 8Mp. Este sistema lo vincularon con el sistema de vigilancia de una librería pública que graba y reconoce los rostros en tiempo real, los compara con imágenes de personas autorizadas en el departamento TI que se encuentran en una base de datos almacenada en la Raspberry Pi 3. Si los rostros no se encuentran, se envía la alerta y se enciende un LED rojo que se encuentra conectado a la Raspberry Pi 3, caso contrario se enciende un LED verde.

El resultado del proyecto mostró que al trabajar con Tensorflow y una cámara con mayor resolución se obtiene una respuesta rápida con 87% de reconocimiento, independiente de las fotos almacenadas en la base de datos. (Quiroz, Valverde, Prieto, & Apupalo, 2020)

Por último, se tiene en cuenta el trabajo de final de grado del estudiante Lisandro Joel Allasia de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Este trabajo es acerca de un análisis, diseño e implementación de una cerradura con teclado matricial y sensor biométrico. El principal objetivo del trabajo es en controlar y restringir el acceso a un determinado numero de personas a través de la puerta controlada. (Allasia, 2019)

La cerradura diseñada consta de un display LCD, un altavoz, un teclado matricial, un sensor biométrico y un microcontrolador con los módulos wifi y RTC. Ya sea mediante el uso del lector de huellas o el teclado matricial, el usuario es capaz de abrir la cerradura y el sistema se encarga de guardar los registros en la nube, gracias a la conexión a internet que tiene el dispositivo.

Con el uso de cualquier dispositivo con conexión a internet y un navegador web, el usuario es capaz de conectarse a una página web previamente diseñada y revisar los distintos registros que ha generado la cerradura.

Como conclusión de este trabajo, se tiene que esta clase de cerraduras ofrecen una mayor seguridad en los establecimientos al contar con métodos de autenticación únicos, como la huella dactilar, y complejos, como un código de seguridad. (Allasia, 2019)

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Diseñar una cerradura inteligente que utilice el microcontrolador ATmega 328P y el microordenador Raspberry Pi, que mejore el sistema de acceso al aplicar un teclado matricial, una Pi Camera y el envío de registros de accesos exitosos y fallidos.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Investigar las aplicaciones de los sistemas embebidos en el campo de la seguridad doméstica, identificando los requisitos principales de una cerradura inteligente.
2. Diseñar el circuito de la cerradura, mostrando las interconexiones de los componentes, asegurando un fácil manejo por parte de los usuarios.
3. Programar códigos que permitan el funcionamiento correcto y eficiente del ATmega328P y la Raspberry Pi 4.
4. Simular en Proteus el sistema diseñado para comprobar los resultados.

### **4. METODOLOGÍA**

#### **4.1 Descripción del problema**

En Guayaquil, la inseguridad ha aumentado de manera considerable y los avances tecnológicos nos permiten desarrollar soluciones que refuerzan y mejoran la seguridad en los hogares.

En base a esto, el objetivo principal del proyecto es diseñar y simular un sistema de seguridad de alto nivel que comprende de una cerradura inteligente que permite el acceso al usuario, mediante el uso de un teclado matricial de membrana 4x4, a un domicilio.

#### **4.2 Descripción del proyecto seleccionado**

El diseño seleccionado consta de una cerradura inteligente que permite el acceso a los usuarios mediante el uso de un teclado matricial, destinada para uso domiciliario. El sistema permite el registro de un código de 5 dígitos, para validar el acceso, además se hace uso de una cámara que

capture el rostro del usuario. La captura se envía al correo junto a cada registro de acceso, ya sea exitoso o fallido.

Esta solución fue seleccionada considerando que en Guayaquil el sistema de seguridad más implementado son las cerraduras tradicionales y los habitantes conocen su sistema y confían en el mecanismo. Además, el diseño es automatizado y tiene un costo competitivo.

#### **4.3 Descripción de elementos utilizados**

El ATmega es el encargado de manejar las entradas y salidas como el teclado matricial para activar las distintas funciones del sistema y la pantalla LCD. El microcontrolador también se encarga de comunicarse con la Raspberry para el intercambio de datos.

Gracias al uso de la Raspberry, se puede establecer una conexión inalámbrica a la red local del hogar para el envío de datos y su respectivo registro. Los cuales son almacenados en una base de datos en WebHost y pueden ser accedidos por el usuario mediante la aplicación móvil programada en Firebase.

Para la captura de rostros, se implementa la Pi camera, que toma una foto en tiempo real al usuario cuando intenta acceder al domicilio y envía el archivo a la Raspberry Pi que se encarga de generar el registro de acceso.

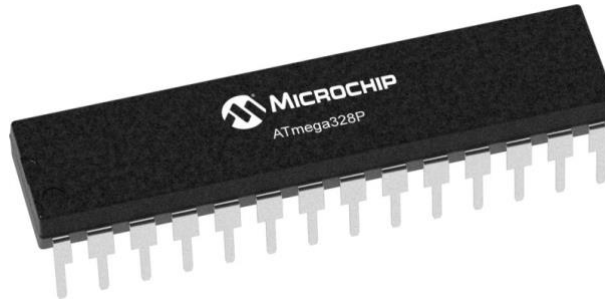
Además, cada código de seguridad será validado con el código interno del microcontrolador ATmega328P; en caso de ser correcto, se muestra en una pantalla LCD un mensaje de acceso permitido, caso contrario muestra un mensaje de error. A su vez, el registro de acceso es enviado a través del módulo Wi-fi de la Raspberry hacia el correo del usuario principal y almacenado en la base de datos.

En el circuito de fuerza se incluye un transistor, un relé y un solenoide para el accionamiento de la cerradura. En este bloque, el relé es el que controla el seguro ya que el controlador no puede suministrar la corriente necesaria para activar este. Asimismo, el transistor es usado para cambiar el estado del relé para evitar picos de voltaje en el controlador.

Con el uso de estos dispositivos electrónicos, se puede crear un sistema embebido compacto y robusto aplicable en la seguridad del sector inmobiliario de la ciudad de Guayaquil.

#### **4.3.1 Especificaciones de los elementos**

##### **Atmega328P**



**Ilustración 2. ATmega328p**

- Voltaje de entrada: 7-12V
- Voltaje de salida: 3.3V o 5V
- Corriente de salida: 40 mA
- 6 pines analógicos
- 14 pines digitales (6 pines PWM)
- Temperatura de trabajo: -45 °C a 85 °C (ESPOL, 2021)

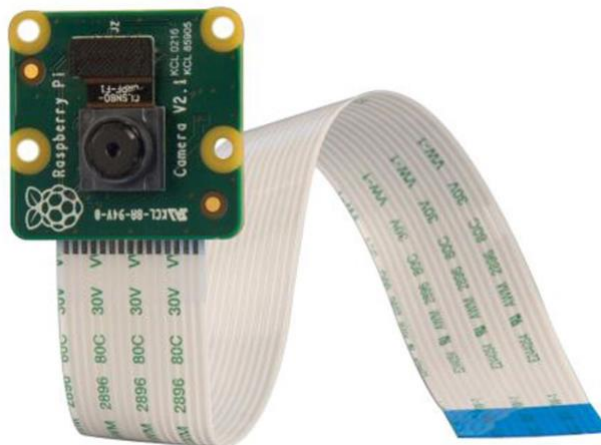
##### **Raspberry Pi 3**



**Ilustración 3. Raspberry Pi 4**

- Fuente de alimentación USB-C de 3A.
- CPU + GPU: Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit SoC @ 1.4GHz
- Memoria RAM: 1GB LPDDR2 SDRAM
- Wi-Fi + Bluetooth: 2.4GHz y 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE
- Ethernet: Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (300 Mbps)
- GPIO de 40 pines
- HDMI
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto CSI para conectar una cámara.
- Puerto DSI para conectar una pantalla táctil
- Salida de audio estéreo y vídeo compuesto
- Micro-SD
- Power-over-Ethernet (PoE) (ESPOL, 2021)

## PiCam



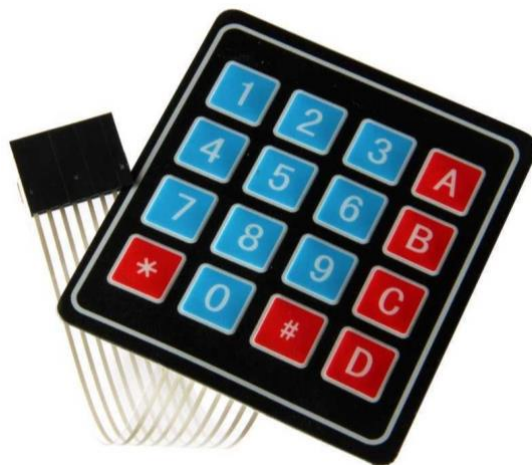
**Ilustración 4. PiCam**

- Resolución: 1/4 5M
- Apertura: 2.9



- Longitud focal: 3.29
- FOV: 65 grados
- Tipo de sensor: OmniVision OV5647 Color CMOS QSXGA
- Tamaño del sensor: 3.67 x 2.74 mm (formato 1/4")
- Cantidad de píxeles: 2592 x 1944
- Tamaño de píxel: 1.4 x 1.4 um
- Lente:  $f = 3.6 \text{ mm}$ ,  $f / 2.9$
- Ángulo de visión: 54 x 41 grados
- Campo de visión: 2.0 x 1.33 m a 2 m
- Lente SLR de fotograma completo equivalente: 35 mm
- Enfoque fijo: 1 m hasta el infinito
- Video: 1080p a 30 fps con códec H.264 (AVC)
- Video de hasta 90 fps en VGA
- Tamaño de la placa: 25 x 24 mm (sin incluir el cable flexible)  
(Electronilab, 2021)

#### **Teclado matricial 4x4**



**Ilustración 5. Teclado matricial 4x4**

- Resistencia de contacto: 10 a 500 OHM
- Resistencia de aislación: 100 MOHM
- Fuerza de operación para teclas: 150 a 200 N
- Tiempo de rebote: 1 ms
- Vida útil: 100 Millones de pulsaciones
- Temperatura de operación: -40 a 80 °C (Mercado libre, 2021)

### **Solenoides**



**Ilustración 6. Solenoide 12V**

- Voltaje de funcionamiento: 12V.
- Corriente: 0.6A.
- Potencia: 7.5W.
- Dimensiones: 64.45x41x28 mm. (Mercado Libre, 2021)

### **Relé**



**Ilustración 7. Relay**

- Voltaje de funcionamiento: 12V DC
- Corriente máxima: 10A
- Dimensiones: 19.2x15.6x15.8 mm. (DatasheetGo, 2021)

### 4.3.2 Diagrama esquemático

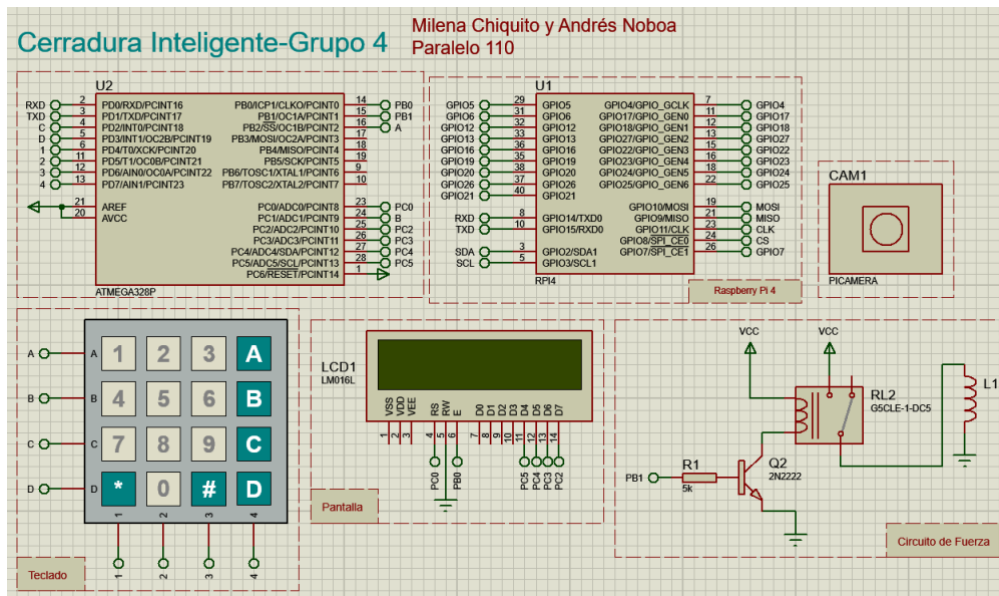


Ilustración 8. Diagrama esquemático de cerradura inteligente.

## 5. TABLA DE COMPONENTES Y PRECIOS.

Tabla 1. Tabla de precios (Mercado Libre, 2021)

Componente	Unidades	Precio Unitario	Precio Total
<a href="#">Teclado matricial</a>	1	1.99	1.99
<a href="#">Pi camera</a>	1	25.75	25.75
<a href="#">Pantalla LCD</a>	1	4.49	4.49
<a href="#">Potenciómetro 1k</a>	1	0.34	0.34
<a href="#">Resistencia 5k</a>	1	0.10	0.10
<a href="#">Relé 12 V</a>	1	0.63	0.63
<a href="#">Solenoid 12V DC</a>	1	10.00	10.00
<a href="#">Transistor NPN</a>	1	0.25	0.25
<a href="#">Atmega328P</a>	1	4.00	4.00
<a href="#">Raspberry Pi 3</a>	1	48.00	48.00
<a href="#">Adaptador 5V</a>	1	6.99	6.99
<b>Total</b>			<b>\$102.54</b>

## 5.1 Instalación y Diseño

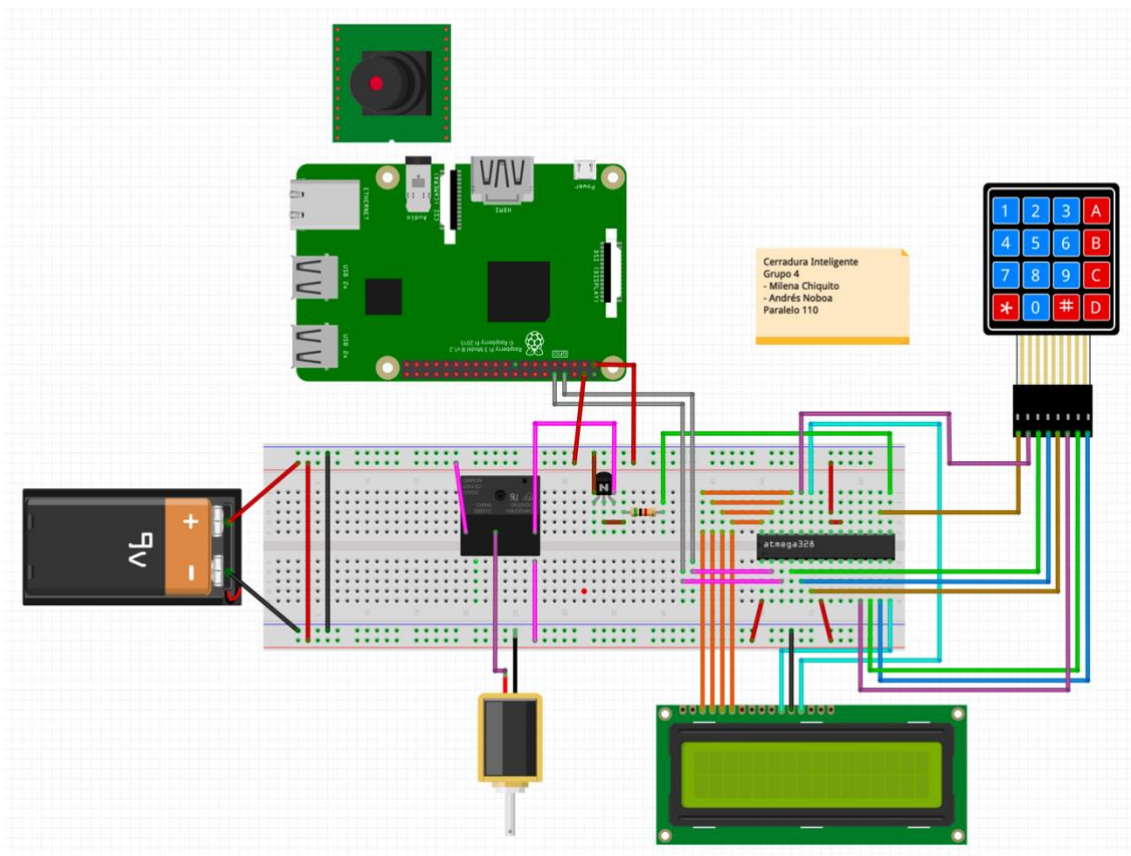


Ilustración 9. Diagrama de conexión de la cerradura inteligente.

## 6. TRABAJOS A FUTURO

Las cerraduras inteligentes son dispositivos electrónicos que pueden implementar varios sistemas de seguridad en conjunto. Para mejorar el diseño y conseguir mejores resultados, se pueden implementar otros métodos de autenticación biométrica, como los lectores de huella dactilar, reconocimiento facial, reconocimiento de iris, entre otros.

En el futuro, el desarrollo de la tecnología podría ofrecer sistemas más compactos y de fácil acceso, para hogares, que pueden ser implementados en el diseño propuesto.

Además, la cerradura propuesta puede ser implementada en diferentes áreas de seguridad, no sólo doméstica, como centros comerciales, oficinas o cajas fuertes, por su capacidad de detectar intentos de acceso fallidos.

## **7. CONCLUSIONES**

En este proyecto se logró identificar los requisitos principales de una cerradura inteligente realizando una revisión literaria de propuestas anteriores e implementando mejoras en su diseño al utilizar los conocimientos adquiridos durante el curso.

De igual manera, se pudo diseñar el circuito esquemático de la cerradura inteligente, considerando las conexiones adecuadas para la comunicación entre los componentes y a partir de esto se implementó el circuito en un protoboard y se diseñó su placa PCB.

Además, se realizó la programación del microcontrolador ATmega328P y el microordenador Raspberry Pi 4, a través de Proteus, cumpliendo con los objetivos de funcionamiento de la cerradura.

## **8. RECOMENDACIONES**

Para su implementación en físico, es recomendable programar la Raspberry desde su sistema operativo, para indicar el espacio de almacenamiento de las capturas de los usuarios que registren tanto accesos correctos como incorrectos.

Asimismo, se recomienda implementar y mejorar el envío de correos con archivos adjuntos desde la Raspberry, debido a que las limitaciones de la simulación no permiten el uso de todas las librerías disponibles en el microordenador.

Finalmente, para aumentar el nivel de seguridad del dispositivo, se recomienda utilizar códigos de acceso alfanuméricos y que posean un mayor número de caracteres.

## 9. REFERENCIAS

- Allasia. (2019). *Cerradura con teclado matricial y sensor*. Obtenido de [https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4220/Cerradura%20con%20teclado%20matricial%20y%20sensor%20biometrico\\_Allasia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/4220/Cerradura%20con%20teclado%20matricial%20y%20sensor%20biometrico_Allasia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- DatasheetGo. (23 de 02 de 2021). *SRD-12VDC-SL-C Datasheet – 12V, Relay (PCB Type)*. Obtenido de <https://datasheetgo.com/srd-12vdc-sl-c-datasheet-pdf-720554/>
- Electronilab. (2021). Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de <https://electronilab.co/tienda/camara-para-raspberry-pi-5mp/>
- ESPOL. (2021). *Práctica 1 de Laboratorio de Sistemas Embebidos*. Guayaquil.
- Fernandez, M. (Diciembre de 2010). *Beneficios de Instalar Domótica*. Obtenido de Asociación Española de Domótica (CEDOM): [https://www.enginyersbcn.cat/media/upload/pdf/cedom\\_sesi\\_ncetib\\_INSCRIP\\_ACTIVITATS\\_669\\_1.pdf](https://www.enginyersbcn.cat/media/upload/pdf/cedom_sesi_ncetib_INSCRIP_ACTIVITATS_669_1.pdf)
- Mercado Libre. (2021). Obtenido de <https://www.mercadolibre.com.ec/>
- Mercado libre. (2021). *Megatronica Teclado Matricial 4x4 Tipo Membrana Arduino Pic*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-504862598-megatronica-teclado-matricial-4x4-tipo-membrana-arduino-pic-\\_JM#position=4&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=c294c9b7-468b-497f-9b08-f5162d00fb68](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-504862598-megatronica-teclado-matricial-4x4-tipo-membrana-arduino-pic-_JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=c294c9b7-468b-497f-9b08-f5162d00fb68)
- Morales, G. (1 de Abril de 2011). La domótica como herramienta para un mejor confort, seguridad y ahorro energético. *Ciencia e Ingeniería*, 32(1), 39-42. Obtenido de Revista Ciencia e Ingeniería.
- Oracle. (2021). *¿Qué es el IoT?* Obtenido de <https://www.oracle.com/ar/internet-of-things/what-is-iot/>
- Quiroz, M., Valverde, G., Prieto, J., & Apupalo, L. (Julio - Septiembre de 2020). DETECCIÓN DE PERSONAL NO AUTORIZADO EN EL

DEPARTAMENTO DE TI UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES EN TIEMPO REAL CON RASPBERRY Pi 3 B+.  
*Revista Ciencia e Investigación*, 5(3), 49-60. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527771>

Yugashini, I., Vidhyasri, S., & Gayathri Devi, K. (Noviembre de 2013).  
*International Journal of Science and Modern Engineering (IJISME)*.  
Obtenido de Design And Implementation Of Automated Door Accessing System With Face Recognition:  
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.685.8433&rep=rep1&type=pdf>