

Desarrollo de una cerradura inteligente con gestión remota

Campos Quiñones Juan Diego, Gil Gaviria Valentina, García López Juan Daniel.

Departamento de Ingeniería de Sistemas, Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo CIDE, Bogotá, Colombia

juan.campos834@cide.edu.co, valentina.gil279@cide.edu.co, juan.garcia555@cide.edu.co

Abstract—Este documento presenta la fase inicial de un proyecto destinado a desarrollar una cerradura inteligente con características avanzadas de acceso y gestión remota. El proyecto surge como respuesta a la creciente necesidad de mejorar la seguridad en entornos residenciales y/o comerciales mediante la implementación de tecnologías avanzadas. Se detallan los pasos iniciales del proceso de planteamiento, incluyendo la identificación del problema, la evaluación de posibles soluciones y la formulación de la idea final del sistema embebido.

I. INTRODUCCIÓN

La seguridad en el acceso a viviendas y/o establecimientos comerciales es una preocupación fundamental en la sociedad contemporánea. Con el avance de la tecnología, surge la necesidad de implementar soluciones innovadoras que no solo brinden un mayor nivel de protección, sino también mejoren la comodidad y la eficiencia en el control de accesos. En este contexto, el presente documento introduce un proyecto destinado al diseño y construcción de una cerradura inteligente con acceso multifuncional y capacidad de gestión remota. Este proyecto tiene como objetivo abordar las limitaciones de las cerraduras convencionales mediante la integración de tecnologías avanzadas, como el reconocimiento biométrico y la conectividad móvil, para proporcionar un sistema de seguridad robusto y versátil.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las cerraduras convencionales presentan diversas vulnerabilidades que comprometen la seguridad de nuestras casas y/o establecimientos comerciales, pues estas pueden ser fácilmente vulneradas mediante llaves duplicadas o la fuerza bruta. Además, la gestión de llaves físicas como único método de acceso puede resultar molesto y peligroso, dado que pueden ser robadas o las podemos extraviar.

Frente a estas problemáticas y limitaciones, surge la necesidad predominante de desarrollar una cerradura inteligente que ofrezca un nivel superior de seguridad y facilidad de acceso. Como solución al problema, se propone la creación de un sistema de acceso multifuncional que integre tecnologías como el reconocimiento biométrico, la autenticación mediante dispositivos móviles y la gestión remota de accesos. Se espera que brinde a los usuarios una solución innovadora y efectiva para mejorar la seguridad en sus entornos residenciales y/o comerciales al superar las limitaciones de las cerraduras tradicionales.

III. POSIBLES SOLUCIONES

A. Implementación de un sistema de acceso mediante contraseña numérica

Para abordar el problema de seguridad que se planteó anteriormente y dar una posible solución, se propone la implementación de un sistema de acceso mediante contraseña numérica. Este sistema se basa en la autenticación del usuario a través de una secuencia de números, que actúa como una clave de acceso única para desbloquear la cerradura inteligente. Además, se propone que este sistema esté gestionado a través de una aplicación móvil, con el fin de que sea más fácil para el usuario tener un buen manejo de su contraseña y, sobre todo, el control del acceso a su establecimiento, pues con esta idea también se propone la generación de contraseñas numéricas temporales de forma remota.

1) *Componentes a usar:* Para la implementación del sistema de acceso mediante contraseña numérica, se tiene pensado utilizar los siguientes componentes:

- **Placa de desarrollo ESP32:** Microcontrolador con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, perfecta para la gestión remota de la cerradura.

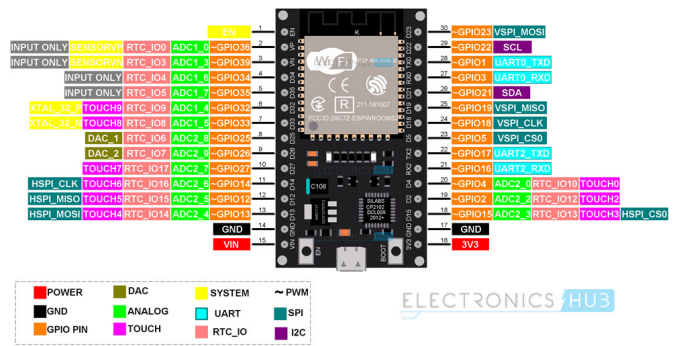


Fig. 1. Pinout de la placa de desarrollo ESP32.

- **Teclado matricial 4x3:** Dispositivo de entrada que consta de un conjunto de teclas numéricas para ingresar la contraseña.
- **Pantalla LCD 16x2:** Dispositivo de visualización para mostrar el estado del sistema y las instrucciones al usuario.
- **Módulo I2C:** Para la comunicación más fácil y ocupando menos pines entre la ESP32 y la pantalla LCD.

- **Servomotor SG90:** Dispositivo que permitirá el control del mecanismo de apertura y cierre de la cerradura.

2) *Conexiones:* Como elemento base tendremos la placa de desarrollo ESP32, quien controlará los componentes, por otro lado, tenemos el teclado matricial 4x3, que cuenta con siete pines de conexión, de los cuales cuatro corresponden a las filas de la matriz y se conectarán a los pines GPIO15, GPIO2, GPIO4 y GPIO16, mientras que los otros tres correspondientes a las columnas se conectarán a los pines GPIO5, GPIO18 y GPIO19, en este caso tomamos como referencia la Figura 1. En el caso de la pantalla LCD, los pines de esta irán conectados al módulo de interfaz I2C, lo que nos permitirá reducir los 16 pines de la pantalla a solo 4. Los pines se conectarán de la siguiente manera: el pin GND de la pantalla se conectará al pin de tierra (GND) de la ESP32, el pin VCC se conectará al pin de alimentación de 3.3V en la ESP32, y los pines SDA y SCL se conectarán a los pines GPIO21 y GPIO22 de la ESP32, respectivamente. Por último, el servomotor SG90 cuenta con 3 pines de conexión: el pin GND que se conectará al pin de tierra (GND) de la ESP32, el pin VCC que se conectará al pin de alimentación de 3.3V en la ESP32 y el pin PWM que se conectará al pin GPIO27.

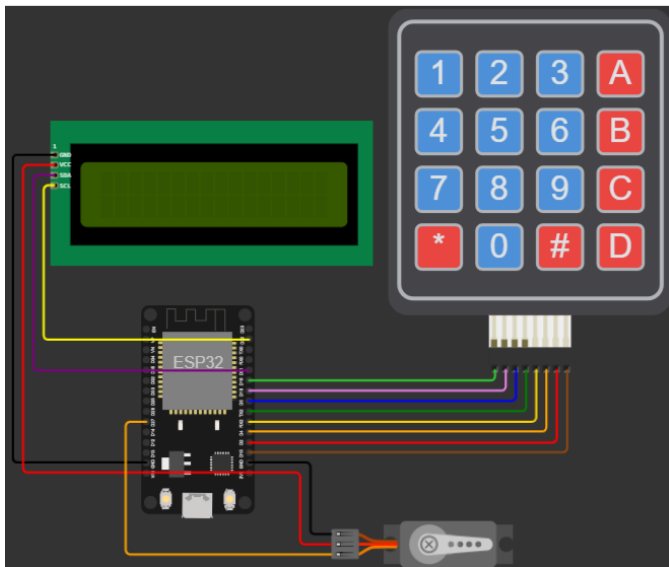


Fig. 2. Prototipo del sistema de acceso mediante contraseña numérica con las conexiones de los componentes a la placa de desarrollo ESP32.

3) *Conclusión preliminar:* La presentación de un sistema de acceso mediante contraseña numérica demuestra ser una solución atractiva al problema de seguridad planteado inicialmente, pues ofrece una combinación entre la autenticación segura, el control de accesos y la gestión remota por parte del usuario. La claridad frente a los componentes a usar y las conexiones a implementar muestran una idea sólida para el desarrollo del prototipo. Sin embargo, se deben hacer más evaluaciones durante el desarrollo e implementación del prototipo para poder garantizar una viabilidad y usabilidad del sistema en entornos reales.

B. Integración de un lector de huellas dactilares

Para resolver la problemática de cómo podemos tener una mejor seguridad y comodidad al momento de implementar o utilizar un dispositivo con huella, se plantea una idea de un método de acceso por medio de las huellas dactilares del usuario. Este mecanismo operaría una validación de entrada con la finalidad de facilitar el desbloqueo sobre la cerradura inteligente y así permitir el ingreso del individuo además se proporciona un procedimiento que este gestionado directamente con su dispositivo móvil usando una aplicación que se conecte con la cerradura ya sea por medio de Wifi o Bluetooth para reconocer la huella siendo así una forma de autenticación adicional. La eficacia de detectar las huellas al momento de cuando sea correcto o incorrecto, por otro lado se puede implementar tal ingreso a otras personas con la ayuda del dispositivo que este registrado, igualmente cuando un sujeto desconocido este intentando manipular el acceso la cerradura envíe una alerta al sistema y esta inmediatamente genere un bloqueo.

1) *Objetivo General:* Diseñar un prototipo con el fin de mejorar el estilo de vida de la población para que puedan tener una mejor seguridad y comodidad. Objetivos específicos: Desarrollar la programación con el dispositivo analizar los distintos problemas que tenga el usuario construir el prototipo realizar pruebas exhaustivas del sistema a implementar

2) *componentes a utilizar:* placa de desarrollo ESP32: Microcontrolador con conectividad a Wifi y bluetooth. Módulo de sensor de huellas digitales: se puede conectar al microcontrolador. cables y conexiones: cables para conectar todos los componentes entre sí como JUMPER Macho Macho y Macho, Hembra. Batería recargable: para la fuente de alimentación.

Diseño de ejemplo de montaje del prototipo

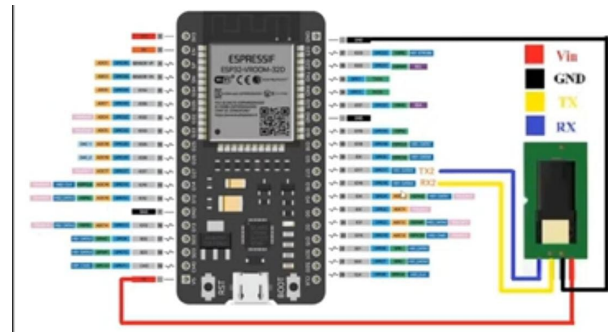


Fig. 3. Circuito de la placa de desarrollo ESP32 con lector de huella las conexiones son Rx-GPIO se conecta al GPIO16 Tx-GPIO17, vcc3.3v (vin) sigue GND-GND del sensor de huella se conecta a la esp32 para recibir la información de este o enviar conectando así mismo el sensor de al módulo de alimentación de ESP32

C. Incorporación de un lector de tarjetas RFID

La cerradura inteligente propuesta es un sistema de seguridad avanzado que utiliza la placa ESP32 y una tarjeta RFID para proporcionar un acceso seguro y conveniente a una puerta. Este sistema se basa en la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) para permitir el acceso a



Fig. 4. Imagen de referencia de tarjeta RFID

usuarios autorizados y utiliza la placa ESP32 para controlar el funcionamiento general de la cerradura.

1) *Funcionamiento General:* El sistema de cerradura inteligente consta de tres componentes principales: la placa ESP32, la tarjeta RFID y el mecanismo de cerradura física. La placa ESP32 actúa como el cerebro de la cerradura, controlando la comunicación con la tarjeta RFID y el mecanismo de la cerradura. Cuando un usuario autorizado presenta la tarjeta RFID al lector, la placa ESP32 verifica la identidad del usuario y activa el mecanismo de la cerradura para permitir el acceso.

2) Componentes y Funciones:

- **Placa ESP32:** Esta placa es el corazón del sistema y se encarga de gestionar todas las operaciones. Se comunica con la tarjeta RFID para verificar la identidad del usuario y controla el mecanismo de la cerradura para permitir o denegar el acceso.
- **Tarjeta RFID:** La tarjeta RFID contiene la información de identificación del usuario autorizado. Cuando se presenta al lector RFID, la placa ESP32 lee la información de la tarjeta y la compara con los datos almacenados para autorizar el acceso.
- **Mecanismo de Cerradura:** Este componente físico se activa por la placa ESP32 cuando se verifica la identidad del usuario. Puede ser un pestillo eléctrico o un mecanismo de bloqueo similar que se desbloquea automáticamente cuando se autoriza el acceso.

3) *Ventajas y Aplicaciones.:* La cerradura inteligente propuesta ofrece varias ventajas sobre las cerraduras convencionales, como:

Mayor seguridad: La autenticación basada en RFID es más segura que las llaves físicas, ya que las tarjetas RFID son difíciles de duplicar.

Acceso remoto: Con la integración adecuada, es posible controlar la cerradura de forma remota a través de una aplicación móvil o una plataforma web.

Registro de accesos: El sistema puede llevar un registro de todos los accesos, lo que puede ser útil para la seguridad y la gestión de accesos.

Esta cerradura inteligente tiene aplicaciones en una amplia gama de entornos, incluidos hogares, oficinas, instituciones educativas y empresas, donde se requiera un acceso seguro y controlado.

4) Materiales y Métodos:

- **Placa ESP32:** Se utiliza como la unidad central de procesamiento y control de la cerradura inteligente. La ESP32 ofrece capacidades de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, lo que permite una comunicación fluida con otros dispositivos y sistemas.
- **Módulo lector RFID:** Se emplea para la lectura de tarjetas RFID que permiten la identificación de usuarios autorizados. El módulo se conecta a la ESP32 a través de un protocolo de comunicación serial, como SPI o I2C.
- **Tarjetas RFID:** Se utilizan para asignar identidades a los usuarios autorizados. Cada tarjeta contiene un identificador único que es leído por el módulo lector RFID y verificado por la ESP32.
- **Servomotor:** Se utiliza como mecanismo de la cerradura física. El servomotor es controlado por la ESP32 y se encarga de activar el mecanismo de bloqueo/desbloqueo de la cerradura.
- **Fuente de alimentación:** Se necesita una fuente de alimentación adecuada para proporcionar energía a la ESP32, el módulo lector RFID y el servomotor.

5) Métodos:

- **Programación de la ESP32:** Se utiliza el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino para programar la ESP32. Se desarrolla un código que gestiona la comunicación con el módulo lector RFID, verifica la identidad del usuario a partir de las tarjetas RFID y controla el servomotor para activar la cerradura.
- **Configuración del módulo lector RFID:** Se configura el módulo lector RFID para que funcione con la ESP32 y se establecen los parámetros de comunicación necesarios para la lectura de las tarjetas RFID.
- **Instalación y configuración física:** Se montan todos los componentes en la cerradura física y se conectan de acuerdo con el diseño previamente establecido. Se realiza la configuración física de la cerradura para que el servomotor pueda activar el mecanismo de bloqueo/desbloqueo.
- **Pruebas y ajustes:** Se realizan pruebas exhaustivas del sistema para asegurar su correcto funcionamiento. Se ajustan los parámetros de programación y configuración según sea necesario para optimizar el rendimiento y la seguridad de la cerradura inteligente.

IV. IDEA ELEGIDA

En el proceso de elegir una solución para nuestra cerradura inteligente, examinamos dos opciones: una que se basa en una contraseña numérica y otra que se basa en el reconocimiento de huellas dactilares. Ambas muy seguras y cómodas.

Por un lado, la contraseña numérica ofrece una forma común pero útil de autenticación. Los usuarios pueden acceder al establecimiento ingresando un código único, lo que lo hace familiar y fácil de usar para muchos. La capacidad de crear contraseñas temporales de forma remota a través de una aplicación web aumenta la flexibilidad y proporciona más control sobre el acceso.

El reconocimiento de huellas dactilares, por otro lado, aumenta la seguridad y la comodidad. La autenticación biométrica basada en huellas dactilares es extremadamente confiable y difícil de falsificar, por lo que solo los usuarios autorizados pueden acceder de manera segura y sin problemas. Además, la capacidad de controlar el acceso a través de una aplicación móvil facilita la gestión de usuarios y la monitorización en tiempo real.

En nuestro diseño final de la cerradura inteligente, decidimos optar por la opción que implementa el teclado matricial, pues en cuanto a la relación entre viabilidad y el costo que representa la generación, es para nosotros más asequible la opción anteriormente mencionada.

Se seleccionó este proyecto por su bajo costo en el desarrollo del prototipo y, además, para una mayor facilidad en su uso, pudiendo mejorar en gran parte la seguridad, ya que las contraseñas se pueden cambiar fácilmente y así poder controlar los accesos a los hogares de manera eficiente.

V. FUNCIONAMIENTO DETALLADO

A. Operación detallada

El ESP32 se comunica con el sitio web mediante Wifi, permitiendo así un manejo adecuado y flexible sobre la cerradura. También el usuario puede cambiar la contraseña cuando él lo requiera, dando si ingresos remotos, por cierto tiempo la ESP32 le indica a la página web que lo realice. El sitio web verifica si la solicitud es válida y le permite desbloquear la puerta o abrirla, logrando obtener una autenticación del usuario.

VI. ¿POR QUÉ ELEGIMOS ESTE PROYECTO?

La facilidad te permite abrir la cerradura con números, sin necesidad de llaves. Teniendo una gran versatilidad para poder cambiar la contraseña en cualquier momento, siendo más conveniente y seguro que usar cerraduras tradicionales. Usando la tecnología existente involucrando nuestros dispositivos desde una comunicación Wifi, lo que facilita el desarrollo y la implementación de la idea de este sistema.

VII. SOLUCIONES EN EL MUNDO REAL

Mayor seguridad: Aporta un plus de seguridad frente a las cerraduras convencionales, dado que las contraseñas pueden cambiarse fácilmente sin depender de llaves físicas que, por ejemplo, puedan perderse o ser robadas. Permite a los dueños manejar el acceso a su propiedad de múltiples personas. En resumen, el proyecto proporciona una solución cómoda, segura y flexible al problema del control de acceso con la ayuda de una cerradura inteligente con código numérico que mejora la seguridad y la comodidad en la vida cotidiana.

VIII. TABLA DE COMPONENTES

Componente Buzzer las características. Hace un ruido al presionar una tecla o abrir una puerta. - Puede ser un sensor piezoeléctrico, magnético o de otro tipo. Amperaje 10-20 mA, voltios 3-12V La pantalla LCD muestra la información al

usuario (contraseña, estado de la puerta). Puede ser de diferentes tamaños. AMPERAJE 20-40 mA voltios 5V Servomotor es la pieza que hace que el pestillo de la puerta se mueva. AMPERAJE 200-500 mA voltios 5-12V Teclado numérico permite al usuario ingresar la contraseña AMPERAJE 10-20mA voltios 5V ESP32 es un microcontrolador que verifica el funcionamiento de la puerta AMPERAJE 200-300 mA voltios 3.3V Adaptador de LCD a I2C Permite conectar la pantalla LCD al ESP32 y dar imagen y funcionamiento de la pantalla. AMPERAJE 10-20 mA voltios 3.3V

TABLA DE COSTOS	
ESP32	27000
Pantalla LCD	12000
Teclado Matricial 3X4	6000
Modelo I2C	12000
Mano de obra	333000
Carcasa	110000
Total	500000

IX. ANTECEDENTES

Según el documento de investigación sobre Seguridad en Cerraduras Inteligentes, realizado Jocelyn Pérez, se destaca la importancia de investigar detalladamente las vulnerabilidades de las cerraduras inteligentes en el mercado actual. En línea con esta premisa. El proyecto de cerradura inteligente con contraseña se enfoca en implementar medidas de seguridad robustas para mitigar posibles robos y garantizar la protección de los accesos a los espacios residenciales o comerciales. Esta iniciativa se alinea con la necesidad de reforzar la seguridad en las cerraduras convencionales y ofrece una solución innovadora y confiable para los usuarios. Cómo el uso de tecnología inalámbrica, proporcionando ahí una capa adicional de seguridad y conveniencia.

Según el documento de Wanderley Villalobos Muñoz sobre el diseño electrónico de apertura automática por contraseña para una puerta con alerta de llamada al celular, se destaca la importancia de brindar seguridad a través de la implementación de contraseñas en sistemas de acceso. Inspirado por esta idea, en el proyecto de la cerradura inteligente desarrollado, se busca garantizar la protección de propiedades mediante la página web y con un sistema de acceso basado en contraseñas que permita una interacción autónoma y segura entre el usuario y el dispositivo.



Fig. 5. ilustrativo de guía de JOSELIN PEREZ

El documento de Beso Ballester, Valenti de diseño y creación de una casa domótica mediante Arduino. la sección sobre los actuadores y sensores que se pueden utilizar en un sistema doméstico. Para controlar dispositivos como la cerradura, cómo se puede utilizar un LCD para mostrar información relevante como el estado de la cerradura o la introducción de la contraseña, y cómo un servomotor puede ser utilizado para abrir o cerrar la cerradura de manera automática.

Sobre el control de dispositivos mediante comandos de voz con Alexa. Este antecedente puede mostrarte cómo la interacción con sistemas de reconocimiento de voz puede ser utilizada para controlar funciones de la casa inteligente, como abrir o cerrar la cerradura con una contraseña dictada verbalmente. Esto proporciona buenas ideas para la relación con nuestro proyecto con la ESP32 para implementar una mejor seguridad.

La viabilidad técnica de nuestro proyecto se basa en mejorar el sistema actual de las cerraduras tradicional y así tener una mayor eficiencia para nuestras casas siendo un prototipo fácil de diseñar y económico, Además el uso de una contraseña numérica simplifica la interfaz de usuario y la gestión del acceso. La implementación técnica incluiría la conexión y configuración de componentes como el teclado numérico, el servomotor y la pantalla LCD, así como la programación del ESP32 para controlar el funcionamiento de la cerradura de manera eficiente y segura.

La viabilidad económica son componentes económicos y comunes que se pueden encontrar fácilmente en tiendas online y físicas. Es bueno para aquellas personas con bajo presupuesto económico y así adoptar una buena seguridad en sus residencias.

La viabilidad mercado Una cerradura inteligente con contraseña numérica podría ser atractiva para personas que buscan



Fig. 6. evidencia de antecedentes de villalobos

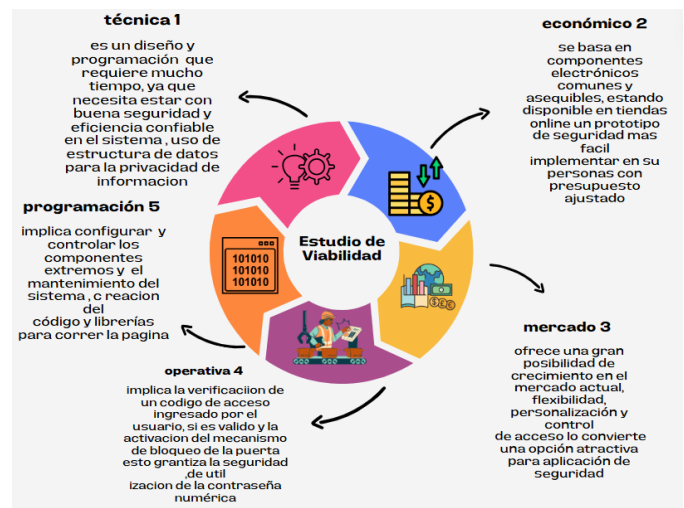


Fig. 7. Enter Caption

mejorar la seguridad de sus hogares o negocios sin incurrir en costos excesivos.

Viabilidad Operativa la capacidad de implementar y mantener la cerradura inteligente de manera eficiente en un entorno operativo real. Esto incluiría consideraciones como la instalación y configuración inicial del sistema, la facilidad de uso para los usuarios finales, la capacidad de gestionar y actualizar la cerradura de manera remota.

Viabilidad de Programación la programación del ESP32 para gestionar la entrada del teclado numérico, verificar la contraseña, controlar el servomotor y gestionar la interfaz con la pantalla LCD. Se debe garantizar que el software sea robusto, seguro y fácil de mantener, y que cumpla con los estándares de seguridad y privacidad requeridos para un sistema de seguridad.

X. PROGRAMACIÓN

El código se maneja por medio de funciones, se usan diferentes funciones que sirven para la validación de la contraseña, conexión wifi, cambio de la conexión wifi y cambio de la contraseña.

Al momento en el que la esp32 se inicia se genera la conexión a la red estipulada en el código y a un servidor MQTT para manejar la comunicación, posterior a esto, se ingresa al bucle infinito en el cual se va a tomar constantemente las teclas ingresadas por el usuario a través del teclado matricial, adicional cada veinte segundos se verifica si aún existe una conexión a internet y también al servidor MQTT, en caso de que no, se intenta conectar nuevamente. La esp32 va a estar constantemente esperando mensajes desde la aplicación web y cada que ingresa uno, dependiendo del tema en el cual ingresa se van a hacer los cambios y/o actualizaciones respectivas en la esp32.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  NetworkConnection(ssid, password); //Ingrese aquí su configuración de red
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
  client.setCallback(callback);
  reconnect();
}

void loop() {
  char key = keypad.getKey();
  processKey(key);

  if (millis() - ultimoIntentoConexion >= intervaloReconexion) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
      if (!client.connected()) {
        reconnect();
      }
    } else {
      NetworkConnection(ssid, password);
    }
    ultimoIntentoConexion = millis(); // Actualizar el tiempo del último intento
  }

  client.loop();
}
```

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wokwi - Online ESP32, STM32, Arduino Simulator. (14 de marzo de 2024). 17.- teclado matricial 4x4 en esp32.ino - wokwi ESP32, STM32, arduino simulator. Recuperado de <https://wokwi.com/projects/343680359630635604>
- [2] ESP32 pinout. (14 de marzo de 2024). [Imagen]. Recuperado de <https://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2021/02/ESP32-Pinout-1.jpg>
- [3] Campos, J. D. (14 de marzo de 2024). Prototipo cerradura inteligente - Wokwi ESP32, STM32, Arduino Simulator. Recuperado de <https://wokwi.com/projects/392218473239994369>
- [4] Rugarcía Barquet, J. R., Martínez Morales, J. F., y González Morales, P. F. (14 de marzo de 2024). Diseño de un prototipo de una cerradura inteligente para las viviendas bajo circunstancias determinadas. Handle Proxy. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.11777/3850>
- [5] INNOVA DOMOTICS. (14 de marzo de 2024). Control de huellas con ESP32 y arduino: Guía fácil - sensor dactilar. [Video en línea]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=pVxyw7CACSA>
- [6] Morales, N. R., Sosa, A., Jiménez, J. R., Enríquez, J. M., y Barreto, J. L. (2023). Implementación de un control de acceso en cerradura eléctrica con base al reconocimiento facial y huella dactilar para elevar el nivel de seguridad en los hogares. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. Recuperado de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/6602/10075/>
- [7] Uacj.mx. Recuperado el 18 de abril de 2024, de <http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/4959>
- [8] Ull.es. Recuperado el 18 de abril de 2024, de <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/25443>