

Cerradura electrónica controlada por WiFi para un prototipo de caja fuerte

Electronic lock controlled by WiFi for a prototype of a strongbox

Carlos Alberto Barrionuevo Infante¹
Gianmartin Francisco De La Cruz Mariños¹
Pablo Cesar Pantigoso Ferreyra¹
Jorge Luis Alva Alarcón²

Recibido: 11 de marzo de 2019
Aceptado: 22 de marzo de 2019

RESUMEN

Este proyecto presenta el prototipo de un sistema de cerradura electrónica para una caja fuerte que es accionado por un teclado físico y por un aplicativo móvil conectado a la red. Se trabajó con un microcontrolador (circuito integrado programable) y un módulo Wemos-ESP8266 (tarjeta electrónica de desarrollo orientada al Internet de las Cosas). El principal funcionamiento de este proyecto es el mismo que el de una caja fuerte convencional, con la diferencia que este cuenta con una aplicación en el celular para desbloquearlo de manera remota. Este prototipo cuenta con un teclado matricial para ingresar la contraseña, una pantalla LCD para visualizar los mensajes y un servomotor (motor especial utilizado en un sistema de control) para accionar el seguro de la puerta.

Palabras claves: caja fuerte, microcontrolador, WiFi.

ABSTRACT

This project presents the prototype of an electronic lock system for a strongbox that is powered by a physical keyboard and by a mobile application connected to the network. We worked with a microcontroller (programmable integrated circuit) and a Wemos-ESP8266 module (electronic development card oriented to the Internet of Things). The main operation of this project is the same as that of a conventional strongbox, with the difference that it has a mobile application to unlock it remotely. This prototype has a matrix keyboard to enter the password, an LCD screen to display the messages and a servo motor (special motor used in a control system) to activate the door lock.

Key words: strongbox, microcontroller, WIFI.

1 Estudiante de séptimo ciclo de Ingeniería Electrónica - Universidad Privada Antenor Orrego

2 Maestro en Ingeniería Eléctrica, docente contratado - Universidad Privada Antenor Orrego

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que la tasa de criminalidad en el Perú crece constantemente cada año, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2019) el 26,0% de la población de 15 a más años de edad del área urbana a nivel nacional son víctimas de algún hecho delictivo. Para las personas es un alivio mantener sus pertenencias (bienes de gran valor monetario o de valor sentimental) en un lugar seguro y de acceso restringido a quienes no tengan autorización.

Así, en este proyecto se propone el desarrollo de un prototipo de sistema de acceso a una caja fuerte controlado tanto de forma manual como de forma remota con el fin de mejorar la seguridad de las cajas fuertes convencionales.

Este proyecto está basado en un sistema embebido, cuyo propósito es tener todos los componentes en una sola placa con una función

específica. La ventaja de los sistemas embebidos es que tienen un bajo consumo de corriente (son de baja potencia), además son seguros y con poca probabilidad de fallos por ruidos electromagnéticos externos (ya sea Gaussiano, intermodulación, entre otros).

Para realizar el prototipo se tomaron varias muestras del funcionamiento de cajas fuertes implementadas con microcontroladores para posteriormente realizar mejoras y optimizaciones.

Además, se realizó la programación necesaria y para comprobar el correcto funcionamiento de cada línea de código se recurrieron a varios programas de simulación con el propósito de revisar línea por línea el código desarrollado. También se probó el circuito en una protoboard (placa de inserción para realizar circuitos).

CONTENIDO

DIAGRAMA DE BLOQUES

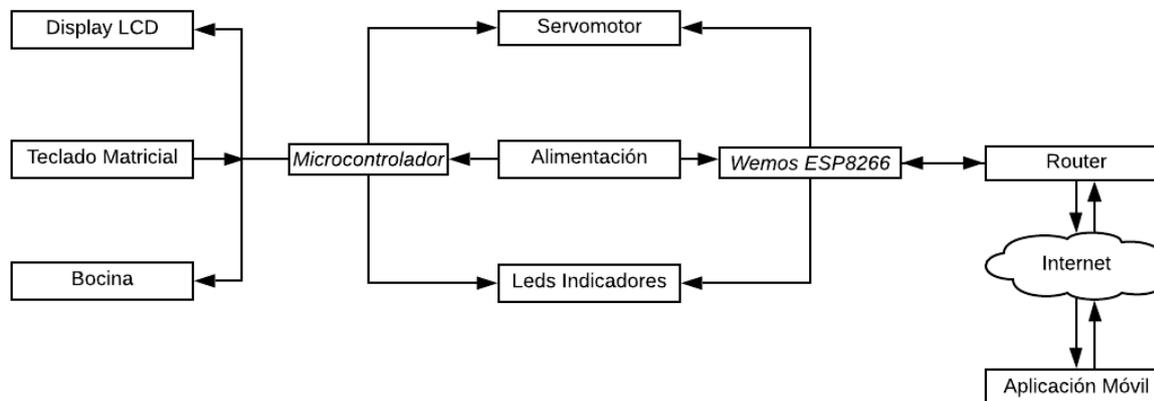


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema desarrollado.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del proyecto, en donde se presentan dos tipos de apertura.

1. **Acceso por teclado.** El primer tipo de acceso utiliza las teclas de un teclado matricial, las cuales al ser presionadas son detectadas por un microcontrolador y mostradas en display LCD como caracteres "asteriscos". Si la contraseña ingresada es distinta a la guardada en la memoria del microcontrolador, se mostrará "contraseña

incorrecta"; en cambio, si es igual se mostrará "contraseña correcta". Esta última mostrará seguidamente el mensaje "cerradura abierta" y a su vez activa un LED como indicador. Posteriormente el circuito mandará una señal que active el servomotor haciendo que gire 180° y abriendo la caja.



2. **Acceso por red.** El segundo tipo de acceso se realiza utilizando un módulo Wemos-ESP8266. Este módulo permite la interconexión entre la caja y un aplicativo móvil que está conectado a Internet. Esta aplicación (figura 3) consta de un botón que al pulsarlo abrirá o cerrará el seguro de la caja (una pulsación para abrir y otra para cerrar), ambas opciones permiten controlar el servomotor. También se adicionó una bocina que al presionar los botones del teclado matricial emite un sonido junto con unos leds indicadores que parpadean para indicar que una tecla fue presionada.

PROGRAMACIÓN

Una vez realizado el diagrama de bloques se optó por realizar la programación en lenguaje C dada la particularidad de ser más fácil de entender. Además, C al ser un lenguaje de nivel intermedio permite la interconexión de un lenguaje de alto nivel con uno de nivel inferior como el ensamblador (se puede manejar bits, bytes y las memorias de registro), que son necesarios para el uso de módulos y la memoria EEPROM del microcontrolador a usar.

Después de escoger el lenguaje de programación, se diseñó un diagrama de flujo (figura 2) para tener representado gráficamente el proceso que seguirá el microcontrolador y la acción que realizará este en distintos casos.

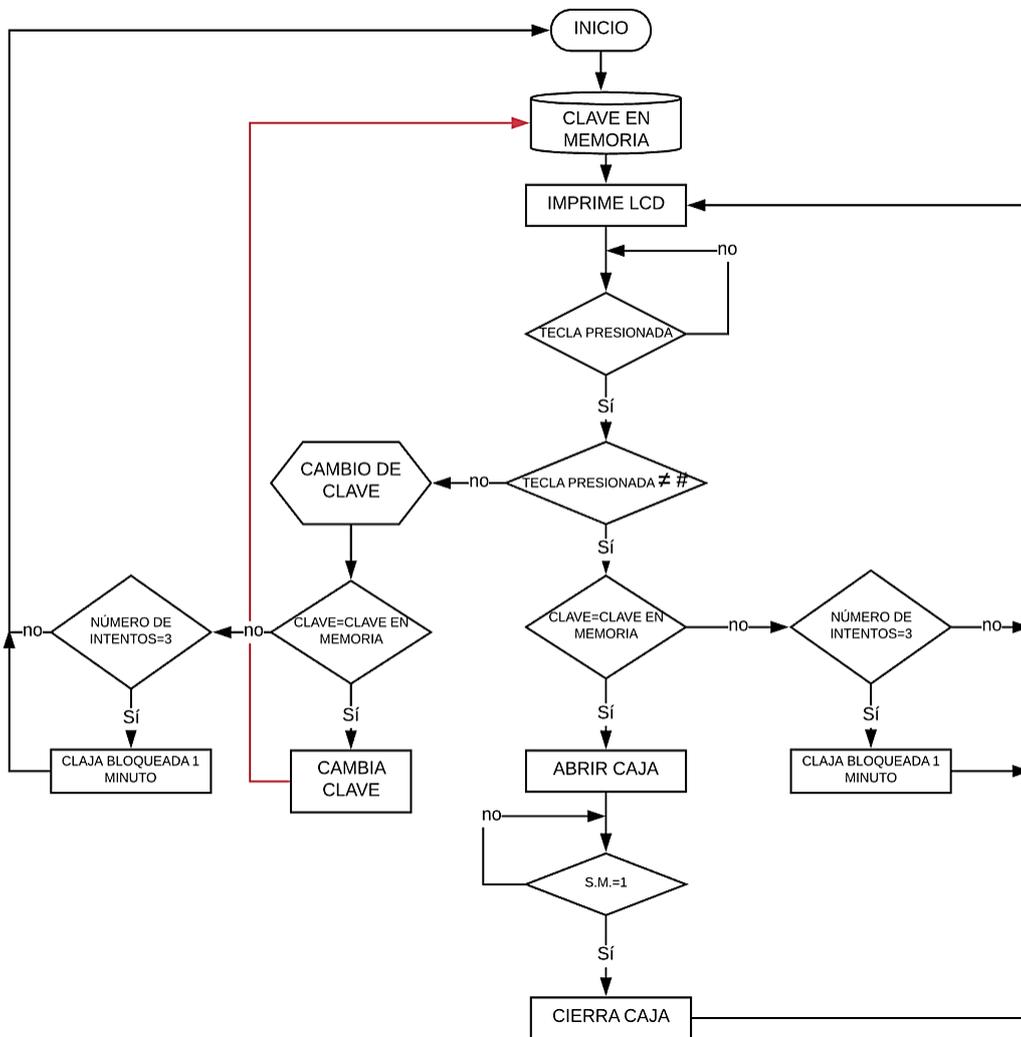


Figura 2. Diagrama de flujo.

Es necesario incluir en la programación y especificar el valor de cristal de cuarzo que se utilizará como reloj en el microcontrolador; se incluye las librerías para la comunicación I2C (para transferir bits entre 2 dispositivos digitales) de la pantalla LCD para mostrar los mensajes que el microcontrolador envía, se incluye la librería del teclado matricial a utilizar (en este caso se usó un teclado de cuatro filas y tres columnas). Por último, se declara la dirección de memoria EEPROM (los pines de salida-entrada) y se guarda en la memoria una contraseña que será la clave por defecto de la caja fuerte.

Seguidamente el microcontrolador estará siempre leyendo el teclado, esperando a que una tecla sea pulsada. Si la tecla es distinta al símbolo "#" el microcontrolador tomará este dato como una clave ingresada y este se almacenará de manera vectorial para ser posteriormente comparada con la clave guardada en el banco de memoria; si estas dos claves coinciden se envía una señal que activará el servomotor y a la vez enviará un mensaje que será visualizado en la pantalla LCD; seguidamente el microcontrolador esperará una señal que será enviada por el sensor magnético a uno de los pines de este, para que el servomotor vuelva a su posición de cerrado. Si la clave llegase a ser errónea, el microcontrolador detectará esto como intento fallido, si el número de intentos es igual a tres el sistema se bloqueará por un minuto y no permitirá el ingreso de ninguna clave durante este tiempo (esto para evitar un ataque por fuerza bruta).

En caso de que la tecla presionada sea tal que corresponda al símbolo "*", el microcontrolador pedirá que se ingrese la clave actual para poder cambiar la contraseña. Se comparan las claves, si fuese correcto se pedirá ingresar la nueva clave a almacenar en la memoria EEPROM y se reiniciará el sistema con la clave nueva guardada, si llegase a ser la clave incorrecta el microcontrolador volverá a descartar la apertura de la caja.

Para la comunicación inalámbrica se utilizó la tecnología WiFi (red inalámbrica), ya que esta puede conectarse a grandes distancias y así se puede manejar de manera remota la caja fuerte, para esto se utilizó un módulo digital electrónico de la familia ESP-8266 y el IDE de Arduino para su programación.

El proceso de abrir la caja fuerte remotamente comienza con leer el estado de una variable almacenada en un pequeño espacio en el servidor web BLYNK (plataforma para conectar dispositivos a Internet). Esta variable puede cambiar de estado desde una aplicación móvil (Figura 3). Dependiendo del estado de esta variable el microcontrolador realizará una acción de abrir o cerrar la caja fuerte

y, dependiendo del estado, se encenderá o apagará el mismo indicador LED para visualizar si este está abierto o cerrado.

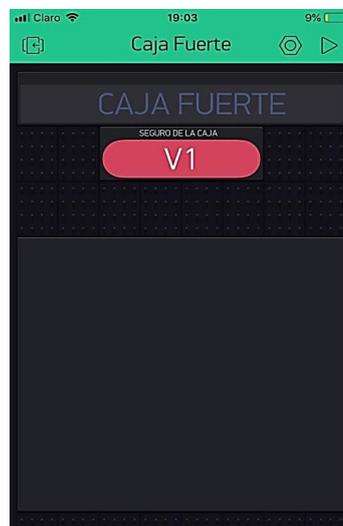


Figura 3. Aplicación móvil.

CIRCUITO

Para entender mejor el circuito de la figura 4 se dividirá en bloques. La primera parte del circuito (figura 5) está conformado por un regulador de voltaje que provee un voltaje constante de cinco voltios para alimentar el circuito conformado por el microcontrolador y el módulo Wemos-ESP8266. A este circuito de regulación se agregó un diodo led para verificar el correcto funcionamiento de la regulación.

En la figura 6 se observa un microcontrolador PIC16f886 al que irán conectados: un oscilador (en este caso un cristal de cuarzo al que irán acoplados dos capacitores de 22 pF) para conseguir una frecuencia de oscilación de 4MHz; un sensor magnético que sirve para detectar la apertura de la caja, cuando está abierta el sensor mandará un 0 lógico al microcontrolador y, al momento de cerrarse, un 1 lógico. Esta señal será la que el microcontrolador interpretará para mandar la orden de cerrado al servomotor.

En el siguiente esquema se observa una bocina que emitirá sonidos al pulsar los botones del teclado matricial.

El siguiente bloque está relacionado con el servomotor (figura 7), empezando con el módulo Wemos-ESP8266. Este mandará una señal a través de su pin JP2.6 hacia la base del transistor, el que luego hará que se active el servomotor. Se agregó un diodo para evitar el paso de corriente desde el microcontrolador.

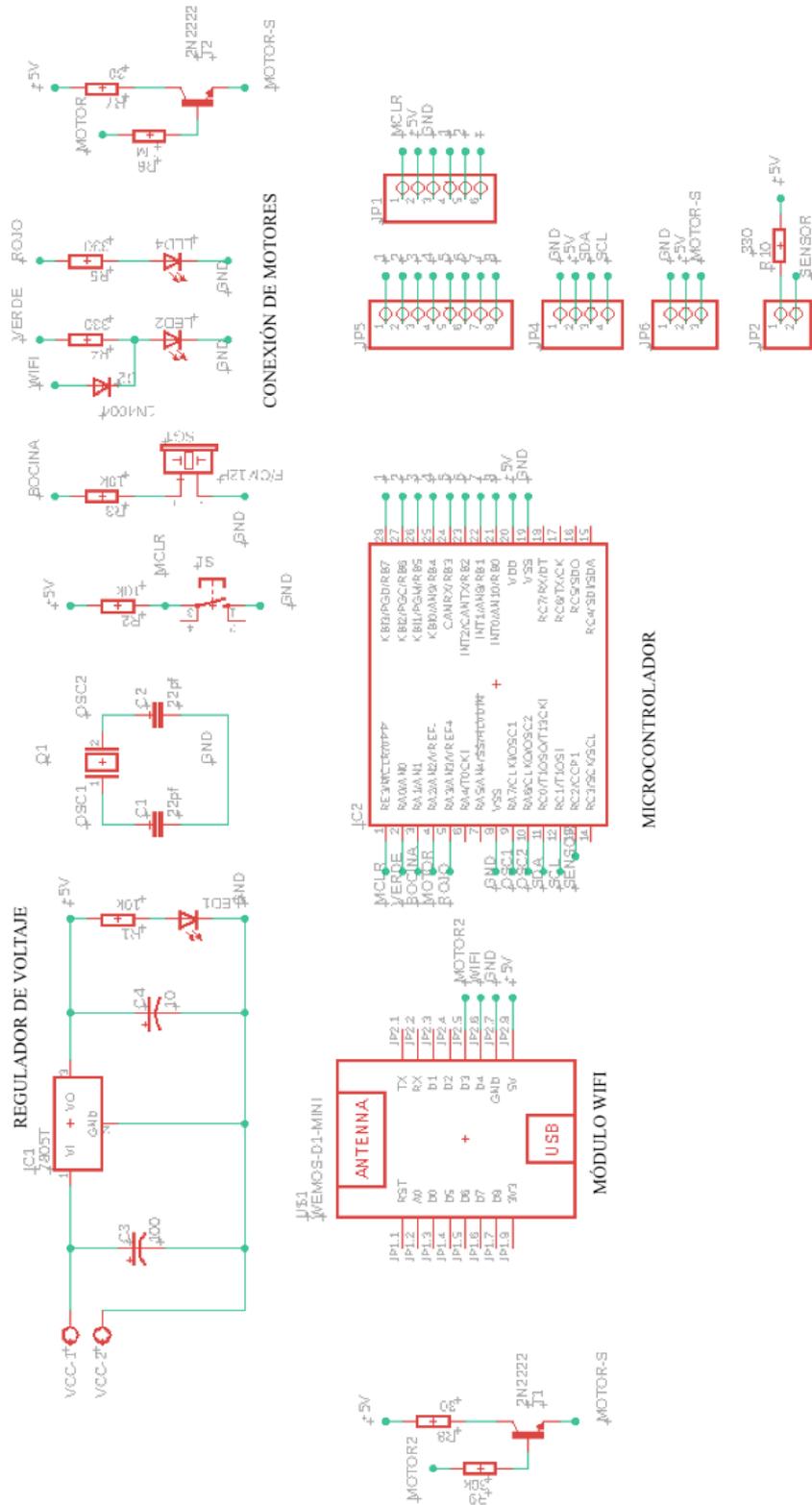


Figura 4. Esquemático general del circuito.

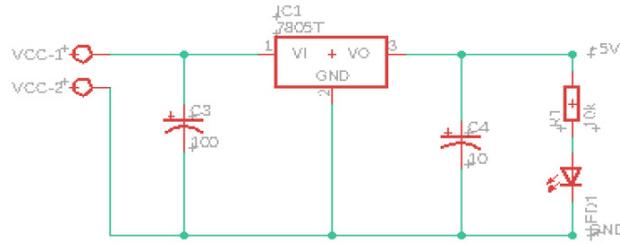


Figura 5. Esquemático: regulador de voltaje.

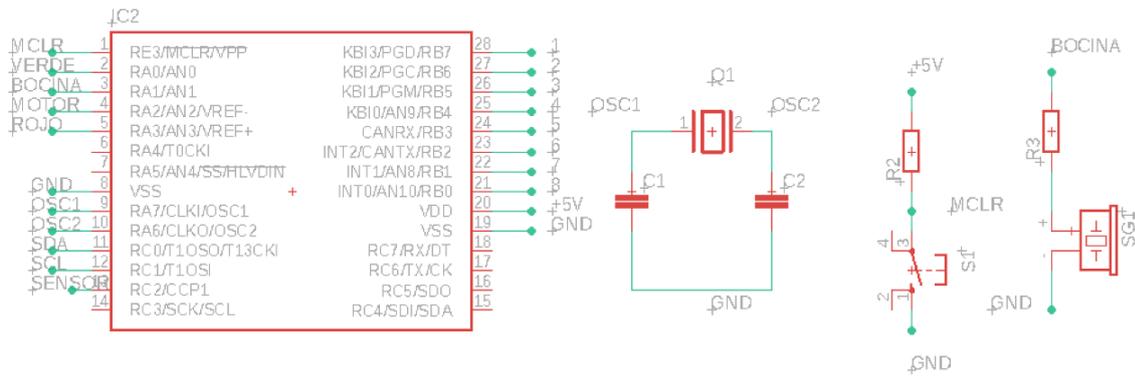


Figura 6. Esquemático: oscilador, sensor magnético y bocina.

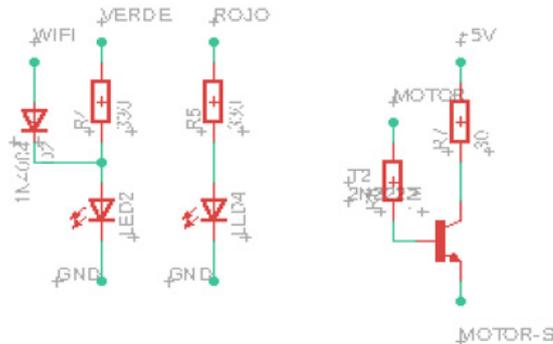


Figura 7. Esquemático: leds indicadores y servomotor.

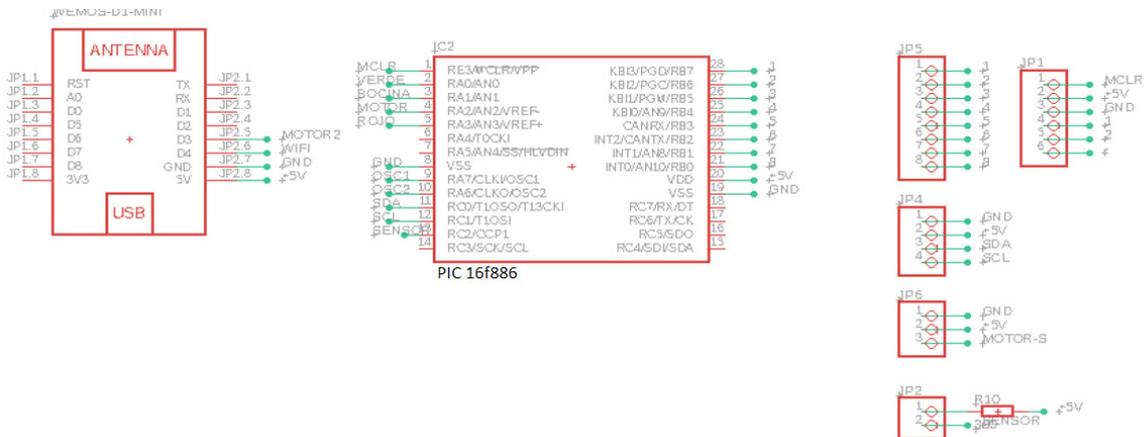


Figura 6. Esquemático: oscilador, sensor magnético y bocina.

Por último, el esquema del microcontrolador y el módulo WemosESP8266 (figura 8) se muestran los pines que van conectados con los componentes de los esquemas anteriores.

DISEÑO DEL PCB E IMPLEMENTACIÓN FINAL

Luego de concluir la programación para el microcontrolador, fue necesario el uso de un software de simulación con la finalidad de revisar paso a paso la programación y evitar futuros errores de compilación. Posteriormente se realizaron pruebas en un protoboard. Además, fue necesario usar el software Eagle para enrutar los componentes (figura 9) y diseñar la placa de circuito impreso finalizado, con la finalidad de tener una implementación sólida y adecuada. Teniendo el PCB terminado se sueldan todos los componentes a esta placa conectando finalmente los periféricos a la PCB.

Luego fue necesario el uso de una caja pequeña de MDF para realizar el prototipo de la caja fuerte, en la parte frontal (tapa) se hizo orificios para poder colocar la pantalla LCD, el teclado matricial tipo membrana, los leds indicadores y un pequeño jalador para poder abrir y cerrar la puerta de la caja fuerte (Figura 10). En la parte posterior hicimos otro agujero para colocar la fuente de alimentación para todos los componentes. Después se pintó toda la parte exterior de la caja, se fijó todos los componentes en lugares previstos con anterioridad.

En la figura 10 y 11 se puede observar cómo quedó la maqueta en la parte exterior e interior respectivamente después de haber concluido con la implementación final del prototipo.

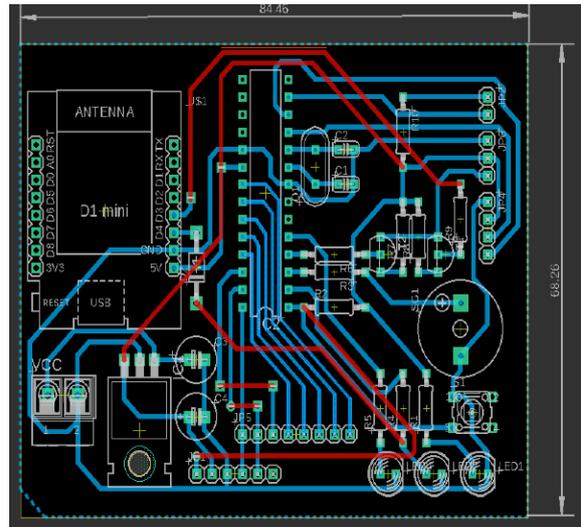


Figura 9. Diseño de la PCB.



Figura 10. Vista frontal de la caja fuerte.

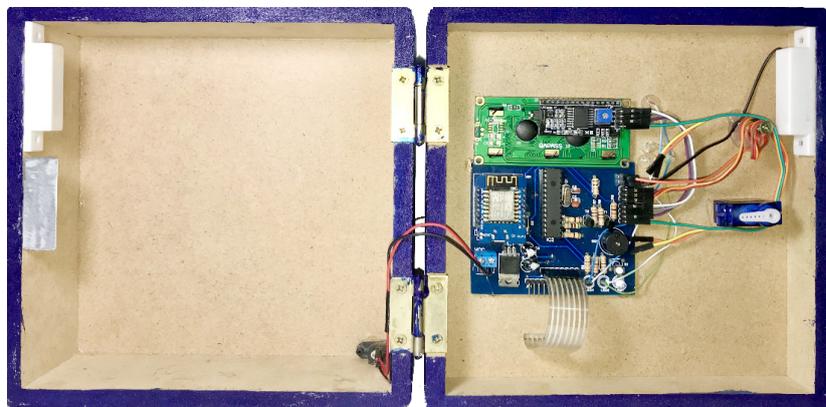


Figura 11. Vista de la parte interior de la caja fuerte.

CONCLUSIONES

- Se desarrolló una cerradura electrónica para un prototipo de caja fuerte, integrando nuevas tecnologías para controlar la apertura y el cerrado. Estas son de manera manual (teclado matricial) y remota (aplicación móvil conectada a Internet).
- Este prototipo nos aporta conocimientos para el desarrollo de la conexión de este sistema a Internet; así mismo el conocer el mundo del Internet de las Cosas (IoT), ya que actualmente se vive un impacto tecnológico a nivel mundial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Valdés Pérez, F., Pallás Areny, R. (2007). Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC. España: Marcombo S.A. Editor.
2. Instituto Nacional de Estadística e Informática en coordinación con el Ministerio de Economía y Finanzas (2019), recuperado en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe-de-estadisticas-de-seguridad-ciudadana-mayo2019.pdf>