

---

# Sistema Inteligente Caja Fuerte utilizando Micro-controlador, Sensor de Temperatura, Sensor de Vibración, Cámara y Sensor de Proximidad

---

Hugo Vega Huerta, Kelly Melo Diaz, Denith Silva Arizapana, Carol Cueva Huivin, Italo Pezo Vargas, Adrián Gonzales Espinoza, Helder Quispe Cabrera

Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

hugovegahuerta@outlook.com, kellysmdiaz@gmail.com, denith.silva@gmail.com,  
carol.cueva.h@gmail.com, ipezov@gmail.com, adriano222324@gmail.com,  
helquis@gmail.com

---

## RESUMEN

El objetivo del presente artículo es presentar una maqueta de sistema de Caja Fuerte Inteligente el cual se elaboró empleando los conocimientos de programación de hardware libre, en un entorno de desarrollo que permite programar el micro-controlador Arduino. El sistema desarrollado reúne varios componentes electrónicos como son los diferentes tipos de sensores, actuadores y cables utilizados en el proyecto. En el diseño de la Caja Fuerte Inteligente se emplearon los siguientes materiales: sensor de temperatura LM35, sensor de vibración SW-420, sensor de proximidad, modulo Bluetooth HC-05, servo motor de 1.5 kg de torque, 01 ventilador, pantalla LCD 16x2, zumbador, teclado matricial y un micro-controlador Arduino Mega 2560. La Caja Fuerte se construyó de madera y triplay y se pintó con spray negro. Para abrir la Caja Fuerte, se ingresa la contraseña a través del teclado matricial. Si se ingresa la clave tres veces erróneamente el zumbador se activa. Asimismo, ante un incremento considerable de temperatura se activa el ventilador y si la caja vibra fuertemente por un movimiento externo o el sensor de proximidad detecta la presencia de alguien, se activa el zumbador y se comunica al dueño de la caja mediante una alarma al celular.

**Palabras clave:** Sensor de Temperatura LM35, sensor Bluetooth HC-05, servomotor, teclado matricial, sensor de Vibración SW-420, pantalla LCD 16x2, Arduino Mega 2560.

## ABSTRACT

The objective of this article is to present a model of Intelligent Safe System which was developed using free hardware programming knowledge, in a development environment that allows programming the Arduino microcontroller. The developed system gathers several electronic components such as the different types of sensors, actuators and cables used in the project. The following materials were used in the Intelligent Safe design: LM35 temperature sensor, SW-420 vibration sensor, proximity sensor, HC-05 Bluetooth module, 1.5 kg torque servo motor, 01 fan, 16x2 LCD display, buzzer, matrix keyboard and an Arduino Mega 2560 microcontroller. The Safe was constructed of wood and plywood and painted with black spray. To open the Safe, the password is entered through the matrix keyboard. If the key is entered three times wrongly the buzzer is activated. Also, before a considerable increase in temperature the fan is activated and if the box vibrates strongly by an external movement or the proximity sensor detects the presence of someone, the buzzer is activated and communicated to the owner of the box by an alarm to the mobile phone.

**Key words:** Temperature sensor LM35, Bluetooth sensor HC-05, servo motor, matrix keyboard, Vibration sensor SW-420, 16x2 LCD screen, Arduino Mega 2560.

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el uso de un conjunto de componentes electrónicos intercomunicados entre sí que trabajaran inteligentemente dentro de la Caja Fuerte. Se instalaron sensores como: sensor de temperatura LM35, sensor de vibración SW-420, sensor de proximidad y sensor Bluetooth HC-05. Si la temperatura dentro de la caja fuerte excede los 35 grados se enciende el ventilador instalado dentro de la caja. Asimismo, si el sensor de vibración SW-420 detecta movimientos bruscos en la Caja y el sensor de proximidad detecta la presencia de alguien cerca de la Caja Fuerte se activará la alarma (zumbador) y a través del sensor se enviará una alerta al celular del dueño de la Caja Fuerte. Para abrir la Caja Fuerte se instaló en su puerta un servo motor 1.5 kg-cm, teclado matricial y una pantalla LCD de 16x2. Para abrir la Caja se tendrá que ingresar correctamente la clave de ingreso. Si se ingresa la clave incorrectamente tres veces también se enviará una alerta al dueño.

Con el empleo de varios sensores se está comprobando que todo sensor es capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas, estas magnitudes físicas o químicas pueden ser de proximidad, temperatura o movimiento.

Todos los sensores y actuadores se han conectado a través de cables jumpers, protoboards a un microcontrolador Arduino Mega 2560 quien será el intermediario para recibir la señal y transformarla y hacer de este valor lo que nosotros deseemos, esta información será enviada a través del puerto serial.

En la computadora, mediante el programa IDE Arduino, se ha programado todas las señales que se reciban en símbolos que harán efecto en nuestro proyecto.

El módulo Bluetooth HC-05, se encargará de comunicar al dueño de la Caja Fuerte, indicando la presencia de un intruso o que están tratando de mover la Caja Fuerte.

Se utiliza las siguientes tecnologías:

- Sensor de Temperatura LM35.
- Sensor de Vibración SW-420
- Sensor de Proximidad.
- Sensor Bluetooth HC-05.
- Servomotor.
- Ventilador.
- Pantalla LCD 16x2.
- Teclado matricial 4x4.
- Zumbador.
- Entorno de Desarrollo Integrado Arduino: Entorno de programación de la placa Arduino Mega 2560.

- Arduino Mega 2560.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Definición de Sensor de Vibración SW-420

El módulo sensor de vibración SW-420 es un circuito que consta del sensor de vibración SW-420 y en conjunto con el OPAMP LM393 detectan si hay alguna vibración más allá del umbral fijado. La sensibilidad puede ser ajustada a través del preset o potenciómetro que está integrado en el módulo. El SW-420 es un sensor de vibración el cual está constituido interiormente por un resorte y un pequeño poste en su interior, por lo que cada vez que el sensor sea sometido a una vibración o golpe su salida se verá afectada. En el proyecto de la Caja Fuerte se ha utilizado como alarma ante vibración por movimiento brusco de la Caja. Al estar encapsulado presenta cierta resistencia al polvo y al agua, por lo que puede ser utilizado en entornos industriales. La duración del pulso (en microsegundos) o cero sino se completa el pulso antes del tiempo de espera (predeterminado 1 seg.). Se espera a que el pin sea ALTO y devuelve la medición.

Los Datos Técnicos son los siguientes: Voltaje de alimentación: 3.3 – 5V; Sensibilidad: Ajustable; Salida: Digital; LED indicador de alimentación; LED indicador de señal.

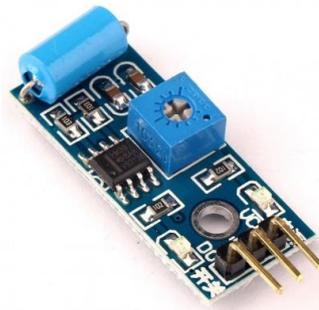


Figura N.º 1. Sensor de Vibración SW-420.

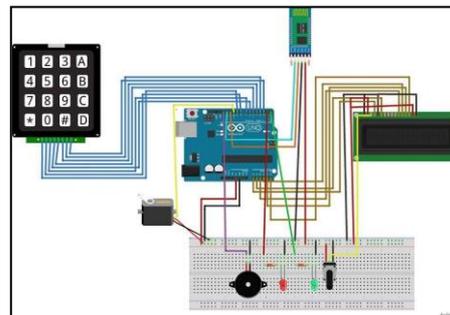


Figura N.º 2. Esquema del Proyecto en Fritzing.

## 2.2. Definición del Micro-Servomotor

Este es uno de los mas pequeños servomotores, pesa solo 9 gramos y puede entregar hasta 1.5 Kg-cm de torque. Muy fuerte para su pequeño tamaño. Perfecto para varios tipos de proyectos robóticos.

El motor del servo tiene algunos circuitos de control y un potenciómetro (una resistencia variable) esta es conectada al eje central del servo motor. Este potenciómetro permite a la circuiteria de control, supervisar el ángulo actual del servo motor. Si el eje está en el ángulo correcto, entonces el motor está apagado. Si el circuito chequea que el ángulo no es el correcto, el motor girará en la dirección adecuada hasta llegar al ángulo correcto. El eje del servo es capaz de llegar alrededor de los 180 grados. Normalmente, en algunos llega a los 210 grados, pero varía según el fabricante. Un servo normal se usa para controlar un movimiento angular de entre 0 y 180. Estos servos tienen un amplificador, servo motor y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto. Esto es un servo de posición (lo cual significa que uno le indica a qué posición debe ir), con un rango de aproximadamente 180 grados. Ellos tienen tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control. Para controlar un servo, usted le ordena un cierto ángulo, medido desde 0 grados. Usted le envía una serie de pulsos. En un tiempo ON de pulso indica el ángulo al que debe posicionarse; 1ms = 0 grados, 2.0ms = máx. grado (cerca de 120) y algún valor entre ellos da un ángulo de salida proporcional. Generalmente se considera que en 1.5ms está el "centro." Entre límites de 1 ~ 2ms son las recomendaciones de los fabricantes, usted normalmente puede usar un rango mayor de 1.5ms para obtener un ángulo mayor e incluso de 2ms para un ángulo de rendimiento de 180 grados o más.



Figura N.º 3. Servomotor 1.5 kg-cm

## 2.3. Definición del Sensor Bluetooth HC-05

El módulo bluetooth HC-05 viene configurado de fábrica para trabajar como maestro o esclavo. En el modo maestro puede conectarse con otros módulos bluetooth, mientras que en el modo esclavo queda a la escucha peticiones de conexión. Agregando este

módulo al proyecto se podrá controlar a distancia desde un celular o una laptop todas las funcionalidades que se desee. El modulo Bluetooth HC-05 utiliza el protocolo UART RS 232 serial. Es ideal para otras aplicaciones inalámbricas, fácil de implementar con PC, micro-controlador o módulos Arduinos.

La tarjeta incluye un adaptador con 6 pines de fácil acceso para uso en protoboard.

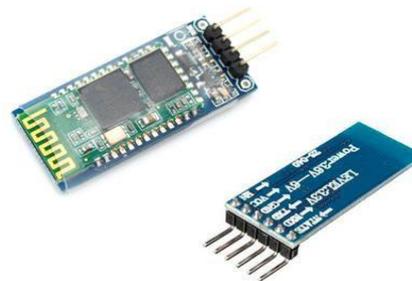


Figura N.º 4. Módulo Sensor de Bluetooth HC-05

## 2.4 Pantalla LCD 16x2:

El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Esta gobernado por un micro-controlador el cual dirige todo su funcionamiento.

En el proyecto se utilizó un LCD de 16x2, esto quiere decir que dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una. Los pixeles de cada símbolo o carácter, varían en función de cada modelo.



Figura N.º 5. Pantalla LCD 16x2.

## 2.5. Entorno de programación: ARDUINO

Para programar la placa es necesario descargarse de la página web de Arduino el entorno de desarrollo (IDE). Se dispone de versiones para Windows y para MAC, así como las fuentes para compilarlas en LINUX. En la Figura N.º 9 se muestra el aspecto del entorno de programación. En el caso de disponer de una placa USB es necesario instalar los drivers FTDI.

Estos drivers vienen incluidos en el paquete de Arduino mencionado anteriormente. Existen en la web versiones para distintos sistemas operativos.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Funcionamiento del Proyecto

La caja fuerte cuenta con diversas funciones que se pueden realizar en su ejecución:

Botón “A”: Esta opción es la que permite tener acceso a la caja fuerte, con un previo ingreso de contraseña, siendo ésta validada como correcta. Si se ingresa la clave tres veces de manera errónea el sistema se bloqueará tal como se presenta en la Figura N° 7. El teclado se verá bloqueado por un tiempo determinado, no permitiendo su uso.

Botón “B”: Esta opción es la que mostrará la información de las otras opciones con las que cuenta la caja fuerte.

Botón “C”: Esta opción es la que permitirá poder hacer el cambio de contraseña, para eso el usuario deberá conocer la contraseña actual, asignar una nueva contraseña y por último hacer la confirmación de la nueva contraseña.

Botón “D”: Esta opción es la que permitirá cerrar la caja fuerte, luego de haber tenido éxito al momento de hacer el acceso. Ésta opción solo se activará luego de que se tenga éxito en la opción “A”.



Figura N.º 6. Interfaz de Acceso a la Caja Fuerte.



Figura N.º 7. Caja Fuerte Bloqueada.

#### 3.2. Codificación en el IDE Arduino

Librerías necesarias para las partes complementarias al Arduino. En la siguiente figura se muestran cada una de las librerías usadas para cada uno de los sensores:

```
//declaracion de librerias
#include <SoftwareSerial.h> //Controla el Bluetooth
#include <Keypad.h> // Controla el teclado
#include <LiquidCrystal.h> //controla el LCD
#include <Servo.h> //Control del servomotor
#include <EEPROM.h> //Controla E/S EEPROM
```

Figura N.º 8. Declaración de Librerías

En la siguiente figura se presenta las variables utilizadas para cada uno de los sensores.

```
**** Declaracion de variables locales****
SoftwareSerial mySerial(11,12); //Pines para el Bluetooth
const int pinservo=10; //Pin para el servo
const int pulsoMin=50; //Pulsos para el servo
const int pulsoMax=2450; //Pulsos para el servo
int intentos; //Variable para almacenar los intentos
const int pinalarma=13; //Pin para el zumbador
int inte;
Servo seguro; //servomotor
LiquidCrystal lcd(A0, A1, A2, A3, A4, A5); //Pines para display LCD
int ledRed = 11; //Pin para el led Rojo
int ledGreen = 12; //Pin para le led Verde
const byte filas = 4;
const byte columnas = 4;
byte pinsFilas[filas] = {9,8,7,6}; //PINES PARA LAS FILAS DEL KEYPAD
byte pinsColumnas[columnas] = {5,4,3,2};
char teclas[filas][columnas] = {
    {'1', '2', '3', 'A'}, // Declaración del teclado
    {'4', '5', '6', 'B'},
    {'7', '8', '9', 'C'},
    {'*', '0', '*', 'D'},
};
Keypad teclado = Keypad(makeKeymap(teclas), pinsFilas, pinsColumnas, filas, columnas);
char password[5]; //almacena la contraseña en eeprom
char ingreso; //Ingreso del usuario
char passUser[4]; // Caracteres de la contraseña del usuario
char confirmPass[4]; //Caracteres para la confirmación de la contraseña
```

Figura N.º 9. Declaración de Variables

En el uso de la memoria EEPROM de Arduino, se especifica que cuando se ejecuta por primera vez el código la clave asignada será '1234'. Después se carga el valor de la memoria en un arreglo

```
//LEER CONTRASEÑA DE LA EEPROM
//corrección
if (EEPROM.read(4) != 'A') {
    EEPROM.write(0, '1');
    EEPROM.write(1, '2');
    EEPROM.write(2, '3');
    EEPROM.write(3, '4');
    EEPROM.write(4, 'A');
}
for (int i = 0; i <= 4; i++) {
    password[i] = EEPROM.read(i);
}
}
```

Figura N.º 10. Código que lee la Contraseña.

### 3.3. Conexiones y Ensamblado



Figura N.º 11. Vista Posterior de la Caja con los Circuitos.



Figura N.º 12. Vista de la Caja Fuerte Terminada.

### 4. CONCLUSIONES

Gracias a la elaboración de este proyecto se investigó y aprendió más sobre el micro-controlador Arduino Mega 2560, su arquitectura, su funcionamiento y su codificación para configurar los sensores y actuadores utilizados.

Aprendimos que con el micro-controlador Arduino Mega 2560, se pueden hacer una gran variedad de proyectos electrónicos, colocando como límite nuestra imaginación.

Arduino se complementa perfectamente con el mundo exterior, es decir con componentes externos, que implementándolos, le damos una mayor funcionalidad a la tarjeta.

Con el proyecto de la Caja Fuerte, tanto en su acoplamiento como en el código, nos dimos una idea de la elaboración de estos sistemas de seguridad que son muy solicitadas e importantes en el mundo para el resguardo de objetos o información de alto valor. La ingeniería abarca mucho contexto social, cultural hoy en día, es por eso que se utiliza en el bien de los usuarios, este trabajo presenta una mezcla de disciplinas tanto de ciencias físicas, ingeniería de sistemas e ingeniería electrónica.

Concluimos finalmente que a nuestro proyecto se le puede implementar más elementos, como una cámara, que envíe fotos a algún medio en Internet,

que capte quien está intentando abrir nuestra caja fuerte, así como otras funcionalidades. El trabajo de la Caja Fuerte Inteligente ayuda al nivel de seguridad, ya que nos proporciona información en tiempo real, sin importar donde este el usuario, ya que contamos con la red universal que es la internet, o también utilizando la red telefónica, ya que los avisos de alerta se transmiten por mensaje de texto o mensajes web. La gestión remota (v.gr. vía teléfono, radio, internet, tablets, consola de juegos, etc.) de instalaciones y equipos.

Como punto débil del proyecto puede ser el financiamiento para la adquisición de mayores sensores y actuadores de mejor precisión por los altos precios del mercado, asimismo se tiene el riesgo de que su uso no sea fácil para el usuario entorpeciéndolo por el alto grado de automatización del sistema.

### 5. REFERENCIAS

#### TEXTOS

1. Programming your Home – Mike Riley.
2. Design of a Home Automation System Using Arduino – Paper cuyos autores son: Nathan David, Abafor Chima, Aronu Ugochukwu, Edogo Obinna.
3. Environmental Monitoring with Arduino – Emily Gertz & Patrick Di Justo – O'Reilly

#### INTERNET

[WEB-01] Ingeniería Electrónica. Portal de hardware electrónico.

<http://www.minitronica.com/blog/enviando-sms-arduino-sim800/>

[WEB-02] Repositorio de trabajos de fin de carrera. <http://domotica.dis.ulpgc.es/PFC/pfc.htm>

[WEB-03] Wikipedia. Definición de Sensor. <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

[WEB-04] Especificaciones técnicas del CHIP MAX 232. <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>

[WEB-05] Repositorio de tesis domótica0 Universidad Politécnica de Cataluña.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11132/PFC.pdf>

[WEB-06] Manual de Arduino.

[http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page\\_01.htm](http://dfists.ua.es/~jpomares/arduino/page_01.htm)