

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**DISEÑO Y SIMULACION DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD ELECTRONICO  
UTILIZANDO ARDUINO UNO PARA UNA PUERTA AUTOMATICA CORREDIZA  
EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA DE CEUTEC**

**SUSTENTADO POR**

**ROGER DAVID SANCHEZ CASTRO, 31821235**

**PREVIA INVESTIDURA AL TITULO DE**

**INGENIERIA EN ELECTRONICA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL 2022**

**CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO**

**CEUTEC**

**INGENIERIA EN ELECTRONICA**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

**MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**SECRETARIO GENERAL**

**ROGER MARTÍNEZ MIRALDA**

**VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ**

**DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC**

**IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL 2022**

**DISEÑO Y SIMULACION DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD ELECTRONICO  
UTILIZANDO ARDUINO UNO PARA UNA PUERTA AUTOMATICA CORREDIZA  
EN EL LABORATORIO DE ELECTRONICA DE CEUTEC**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:**

**INGENIERIA EN ELECTRONICA**

**ASESOR:**

**KARIO ALEXANDRO VILLAFRANCA REYES**

**TERNA EXAMINADORA:**

**ING. ELMER HERNAN CRUZ AVILA**

**ING. LUCY ALEXANDRA LÓPEZ QUINTANILLA**

**TEGUCIGALPA**

**HONDURAS, C.A.**

**ABRIL 2022**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2022  
ROGER DAVID SANCHEZ CASTRO

Todos los derechos son reservados

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de graduación lo deseo dedicar a mi familia que siempre ha estado ahí apoyándome cada uno de los periodos académicos y en especial a mi madre ya que ella fue mi apoyo tanto económico y motivacional para tener éxito en mis clases y proyectos de carrera.

**Roger David Sanchez Castro**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios ya que soy una persona muy creyente en él, soy cristiano evangélico y sé que gracias a el he logrado llegar hasta acá y poder lograr todos los demás retos futuros que me esperan en el ámbito laboral y profesional.

Roger David Sanchez Castro

Agradezco a mi familia, a mi madre y hermana que siempre han estado ahí para apoyarme a lo largo de toda mi carrera universitaria, a mi madre quien fue mi apoyo económico durante mi carrera y gracias a ella estoy logrando optar por este título de ingeniería.

Roger David Sanchez Castro

## RESUMEN EJECUTIVO

La implementación de un sistema de seguridad electrónico para restringir el acceso a un área en específico es de suma importancia cuando se trata de proteger bienes materiales, información, confidencialidad, entre otros factores.

En el informe de investigación se plantea el desarrollo de un diseño para un sistema electrónico que permita tener control en el acceso al laboratorio de electrónica en CEUTEC, se buscaran los mejores componentes electrónicos que permita hacer esto, que den un consumo eléctrico moderado, un precio accesible y poder brindar un nivel de seguridad aceptable al que se desea hoy en día.

El sistema contará como medida de seguridad el ingreso de una clave única para el acceso, alarma sonora en caso de tener varios intentos erróneos al digitar la clave, luces indicadoras y un modo bloqueo que solo se podrá desactivar utilizando una tarjeta en un sensor RFID, esto para proveer un control administrativo sobre el sistema.

Dicho sistema de seguridad será diseñado para poder adaptarse a una puerta automática corrediza, esto con garantizar la seguridad e impedir cualquier tipo de ingreso utilizando fuerza bruta o burlando el mecanismo de la puerta para evadir el sistema de seguridad.

Se presentará una simulación del sistema en conjunto para poder visualizar su respectivo funcionamiento, se determinará el valor energético en su consumo, el precio total de todo el sistema y como seria su implementación ya en una puerta automática corrediza para el laboratorio.

**Palabras clave:** seguridad, electrónica, acceso, automático.

## ABSTRACT

The implementation of an electronic security system to restrict access to a specific area is of the utmost importance when it comes to protecting material assets, information, confidentiality, among other factors.

The research report proposes the development of a design for an electronic system that allows control of access to the electronics laboratory at CEUTEC, the best electronic components that allow this to be sought, that give moderate electrical consumption, a reasonable price. accessible and able to provide an acceptable level of security that is desired today.

The system will have as a security measure the entry of a unique password for access, an audible alarm in case of having several wrong attempts to enter the password, indicator lights and a lock mode that can only be deactivated using a card in an RFID sensor, this to provide administrative control over the system.

This security system will be designed to be able to adapt to an automatic sliding door, this with guaranteeing security and preventing any type of entry using brute force or circumventing the door mechanism to evade the security system.

A simulation of the system will be presented to be able to visualize its respective operation, the energy value in its consumption, the total price of the entire system and how its implementation would be in a automatic sliding door for the laboratory.

**Keywords:** security, electronic, access, automatic.

## Indicé

Capitulo 1: Introduccion .....	1
Capitulo 2: Planteamiento del problema.....	2
Antecedentes .....	2
Definición del problema .....	4
Preguntas de investigación.....	5
Hipótesis.....	6
Justificación.....	7
Capitulo 3: Objetivos.....	8
Objetivo General .....	8
Objetivos Específicos .....	8
Capitulo 4: Marco teorico .....	9
Situación actual .....	9
Situación actual de los sistemas de seguridad electrónicos.....	9
Rentabilidad de los sistemas de seguridad electrónicos.....	10
Fiabilidad de los sistemas de seguridad electrónicos.....	10
Conceptos base .....	12
Placa de desarrollo Arduino Uno .....	12
Características técnicas.....	13
Alimentación.....	15

Entradas y Salidas .....	15
Comunicación y software .....	16
Protección contra sobre corriente USB .....	17
Teclado Matricial 4x4 .....	17
Conexión con la placa de desarrollo Arduino Uno .....	19
Programación en Arduino IDE .....	19
Pantalla LCD con modulo I2C .....	21
Módulo adaptador LCD a I2C .....	24
Características técnicas de la pantalla LCD 16x2 .....	26
Características técnicas para el módulo I2C .....	27
Programación en Arduino IDE .....	29
Tecnología RFID .....	31
Estándares que utiliza la tecnología RFID .....	32
Frecuencias de la tecnología RFID y aplicaciones de la tecnología .....	33
Modulo RFID RC522 para Arduino Uno .....	34
Especificaciones técnicas del módulo RFID RC522 .....	34
Especificaciones técnicas de la tarjeta MIFARE .....	36
Conexión del módulo RFID RC522 a la placa Arduino Uno .....	36
Diagrama de conexión y programación en Arduino IDE .....	37

Motor DC .....	39
Ventajas y tipos de motores DC.....	40
Puerta automática corrediza .....	41
Simulador de circuitos electrónicos PROTEUS .....	42
Interfaz de PROTEUS con sus distintos apartados.....	44
Microcontrolador PIC16F877A.....	45
Diagrama de pines del PIC16F877A.....	48
Programación del PIC16F877A.....	48
Capitulo 5: Metodología .....	49
Método .....	49
Población y muestra.....	49
Unidad de análisis y respuesta.....	51
Técnicas e instrumentos aplicados .....	52
Fuentes de información.....	53
Primarias.....	53
Secundarias.....	55
Cronología de trabajo.....	57
Capitulo 6: Resultados y Analisis .....	58
Resultados y análisis de las encuestas .....	58

Datos por obtener con las encuestas .....	58
Respuestas de las encuestas .....	59
Análisis de los resultados .....	63
Diseño del circuito de seguridad con Arduino Uno y análisis de la simulación en el software Proteus .....	64
Diseño del circuito .....	64
Diagramas de control y fuerza .....	65
Diagrama de conexiones .....	67
Consumo eléctrico del circuito electrónico .....	75
Sistema de seguridad para acceso con la placa de Arduino Uno .....	75
Consumo total y costo .....	77
Sistema de seguridad para acceso con el PIC16F877A (versión para el mercado) .....	78
Consumo total y costo .....	78
Implementación con una puerta automática corrediza .....	80
Puerta automática corrediza de una sola hoja 2,20m de la empresa SEG international .....	80
Rentabilidad económica .....	82
Costo del sistema de seguridad electrónico con Arduino Uno .....	82

Sistema de seguridad electrónico alternativo para el mercado con el PIC16F877A .....	83
Comparación y análisis con los sistemas actuales del mercado .....	83
Costo total con la puerta automática corrediza de una sola hoja .....	88
Tiempo de implementación .....	89
Recuperación a largo plazo .....	90
Capitulo 7: Conclusiones .....	91
Capitulo 8: Recomendaciones .....	92
Bibliografía .....	93
Anexos .....	98
Código de Arduino Uno .....	98
Sistemas de seguridad electrónicos del mercado actual .....	104

## Índice de figuras

<i>Figura 4.1:</i> Conexiones y elementos de la placa Arduino Uno .....	14
<i>Figura 4.2:</i> Conexión de teclado 4x4 tipo membrana con Arduino Uno .....	19
<i>Figura 4.3:</i> Ejemplo de programación teclado matricial Arduino IDE.....	20
<i>Figura 4.4:</i> Arquitectura necesaria para conectar varios dispositivos utilizando el protocolo I2C.....	22
<i>Figura 4.5:</i> Estructura de un mensaje con protocolo I2C.....	23
<i>Figura 4.6:</i> Trama de dirección.....	24
<i>Figura 4.7:</i> Pantalla LCD con modulo I2C .....	25
<i>Figura 4.8:</i> Conexión pantalla LCD con modulo I2C a la placa Arduino Uno .....	26
<i>Figura 4.9:</i> Ejemplo de programación pantalla LCD con modulo I2C en Arduino IDE ..	30
<i>Figura 4.10:</i> Sistema RFID.....	31
<i>Figura 4.11:</i> Modulo RFID RC522.....	36
<i>Figura 4.12:</i> Conexión Arduino Uno y Modulo RC522 .....	37
<i>Figura 4.13:</i> Ejemplo de programación del módulo RC522 en Arduino IDE.....	38
<i>Figura 4.14:</i> Partes de un motor DC .....	40
<i>Figura 4.15:</i> Interfaz gráfica simulador Proteus .....	44
<i>Figura 4.16:</i> Características eléctricas del PIC16F877A (hoja de datos) .....	46
<i>Figura 4.17:</i> Diagrama de pines del PIC16F877A.....	48
<i>Figura 5.1:</i> Resultados del cálculo de la muestra en el software STATS .....	50

<i>Figura 5.2:</i> Fuente primaria #1 .....	53
<i>Figura 5.3:</i> Fuente primaria #2 .....	54
<i>Figura 5.4:</i> Fuente secundaria #1 .....	55
<i>Figura 5.5:</i> Fuente secundaria #2.....	56
<i>Figura 6.1:</i> Respuesta encuesta, pregunta 1 .....	59
<i>Figura 6.2:</i> Respuesta encuesta, pregunta 2 .....	59
<i>Figura 6.3:</i> Respuesta encuesta, pregunta 3 .....	60
<i>Figura 6.4:</i> Respuesta encuesta, pregunta 4 .....	60
<i>Figura 6.5:</i> Respuesta encuesta, pregunta 5 .....	61
<i>Figura 6.6:</i> Respuesta encuesta, pregunta 6 .....	61
<i>Figura 6.7:</i> Respuesta encuesta, pregunta 7 .....	62
<i>Figura 6.8:</i> Diseño del circuito electrónico .....	64
<i>Figura 6.9:</i> Diagrama de fuerza .....	65
<i>Figura 6.10:</i> Diagrama de control.....	66
<i>Figura 6.11:</i> Diagrama de conexiones .....	67
<i>Figura 6.12:</i> Paso 1 del funcionamiento del circuito .....	68
<i>Figura 6.13:</i> Paso 2.1 del funcionamiento del circuito .....	69
<i>Figura 6.14:</i> Paso 2.2 del funcionamiento del circuito .....	69
<i>Figura 6.15:</i> Paso 2.3 del funcionamiento del circuito .....	70

<i>Figura 6.16:</i> Paso 3.1 del funcionamiento del circuito .....	70
<i>Figura 6.17:</i> Paso 3.2 del funcionamiento del circuito .....	71
<i>Figura 6.18:</i> Paso 4.1 del funcionamiento del circuito .....	71
<i>Figura 6.19:</i> Paso 4.2 del funcionamiento del circuito .....	71
<i>Figura 6.20:</i> Paso 4.3 del funcionamiento del circuito .....	72
<i>Figura 6.21:</i> Código Arduino uno, lectura de datos en teclado matricial .....	73
<i>Figura 6.22:</i> Código Arduino uno, modo bloqueo con sensor RFID .....	74
<i>Figura 6.23:</i> Modelo de la puerta automática corrediza de SEG.....	80
<i>Figura 10.1:</i> Código Arduino Uno, parte 1 .....	98
<i>Figura 10.2:</i> Código Arduino Uno, parte 2 .....	99
<i>Figura 10.3:</i> Código Arduino Uno, parte 3 .....	100
<i>Figura 10.4:</i> Código Arduino Uno, parte 4 .....	101
<i>Figura 10.5:</i> Código Arduino Uno, parte 5 .....	102
<i>Figura 10.6:</i> Código Arduino Uno, parte 6 .....	103
<i>Figura 10.7:</i> Sistema del caso #1, comparativa con el mercado.....	104
<i>Figura 10.8:</i> Sistema del caso #2, comparativa con el mercado.....	104
<i>Figura 10.9:</i> Sistema del caso #3, comparativa con el mercado.....	105

## Índice de tablas

Características del protocolo I2C .....	23
Características DC para la pantalla LCD 16x2 (hoja de datos) .....	27
Condiciones recomendadas de operación para el módulo I2C PCF8574 (hoja de datos) .	28
Características eléctricas del módulo I2C PCF8574 (hoja de datos) .....	28
Funciones para pantalla LCD con modulo I2C en Arduino IDE .....	29
Frecuencias en la tecnología RFID.....	33
Voltajes del módulo RFID RC522 (hoja de datos) .....	35
Corrientes y temperatura de operación del módulo RFID RC522 (hoja de datos) .....	35
Conexiones de pines entre modulo RC522 y Arduino Uno.....	37
Características DC del PIC16F877A (hoja de datos) .....	47
Resultado final del consumo eléctrico con la placa Arduino Uno .....	77
Consumo eléctrico circuito eléctrico para el mercado con el PIC16F877A.....	78
Costos de los elementos en el circuito electrónico con Arduino Uno .....	82
Costos de los elementos en el circuito electrónico con PIC16F877A.....	83
Caso #1 comparativa entre producto del mercado y el propuesto.....	84
Caso #2 comparativa entre producto del mercado y el propuesto.....	85
Caso #3 comparativa entre producto del mercado y el propuesto.....	86

## GLOSARIO

**PWM:** modulación por ancho de pulsos

**RFID:** identificación por radiofrecuencia

**SPI:** interfaz periférica de serie

**SDA:** señal de información

**SCL:** señal de reloj

**Modulo ISIS:** realiza el modelo esquemático del circuito electrónico

**Modulo ARES:** realiza la placa del circuito impreso

**Prospice:** simula el comportamiento del circuito electrónico

**VSM:** simula comportamiento de un microcontrolador

**FLASH CMOS:** ejecución de instrucciones de 200 nanosegundos

**ADC:** convertidor análogo a digital

## CAPITULO 1: INTRODUCCION

Los sistemas de seguridad electrónicos son fundamentales en el día a día de las empresas y zonas domésticas, para garantizar la seguridad de las personas, bienes materiales u información.

La implementación de un sistema electrónico para el control del acceso a un área específica es de suma importancia para obtener un control en el ingreso de las personas, como lo es un laboratorio de universidad, con el fin de guardar los bienes del laboratorio y conceder el acceso a docentes y estudiantes autorizados.

Para complementar lo anterior y brindar un tipo de automatización a este proceso de entrada y salida de un área específica, se puede hacer uso de una puerta automática, ya sea del tipo corrediza o de cerradura. Esto para automatizar el proceso y a la vez mejorar la seguridad, ya que hacer uso de una puerta automática brinda muchas más ventajas en comparación a una puerta normal.

En la presente investigación se abordará la misión de crear un diseño de un sistema electrónico con el uso de la placa de desarrollo Arduino uno para limitar el acceso al laboratorio de electrónica en CEUTEC.

Se buscará que el sistema brinde un buen nivel de seguridad sin necesidad de inversión en materiales costoso y reducir el consumo eléctrico, en adición a esto también se explicará la manera con la cual se podrá adaptar este sistema a una puerta automática corrediza.

La dinámica por seguir durante la investigación será conocer la problemática actual, los objetivos determinados por cumplir, los elementos y conceptos involucrados dentro del sistema propuesto, la metodología utilizada y por ultimo las respectivas conclusiones y recomendaciones a futuro.

## CAPITULO 2: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### **Antecedentes**

A medida la tecnología va avanzando se busca que en los sistemas de seguridad exista la menor cantidad de fallos posibles, esto para garantizar el control del acceso a un área específica o para resguardar algún bien material de alto valor.

Según la investigación en el año (2006) del ingeniero German Darío Barón Chacón de la Facultad de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Autónoma de Bucaramanga de Colombia.

Se puede conocer el diseño y construcción de un sistema de seguridad para un recinto cerrado implementando FPGA.

Esta investigación buscaba crear un sistema capaz de brindar seguridad en un recinto cerrado a través de sensores de presencia, control de acceso, cerradura electrónica, alarma sonora todo esto controlado mediante una tarjeta FPGA.

En la cual se pudieron conocer los resultados de dicho sistema ya implementando, brindando como resultado principal el control de acceso a una cierta cantidad de personas que digiten correctamente la clave en el teclado matricial para posteriormente ser comparada con la clave correcta programada en la tarjeta FPGA.

Dicha investigación utilizó la metodología de campo para su verificación ya que el sistema propuesto fue implementado en una oficina del laboratorio de electrónica de la Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Esto brinda una nueva perspectiva cuando nos referimos a temas de seguridad, el poder restringir la entrada de personas a un área deseada según cual sea su propósito, ya sea una bodega, bóveda, laboratorio, etc.

Según (LAARCOM, 2021) menciona que, “la seguridad electrónica es de vital importancia porque emplea tecnología y las aplica al área de la seguridad de forma eficiente, potenciando las características de seguridad, que permiten un mejor provecho en combinación en algunos casos, con seguridad física, son de fácil instalación en mano de expertos y cuentan con una buena interconexión entre sí”.

También (USS, 2019) hace ver lo siguiente “los dispositivos de seguridad electrónica se han vuelto tan importantes en los años recientes, que es sumamente raro que alguna empresa no cuenta con al menos uno de ellos en sus instalaciones. Se trata de sistemas prácticos, eficientes y muy útiles para proteger un espacio”.

Por lo tanto, “la inversión en este sentido debe ser una prioridad para cualquier negocio, sin importar si es pequeño, mediano o grande. Esto se debe a que las amenazas abundan, sobre todo en las grandes ciudades. Por eso, la importancia de la seguridad electrónica se hace mayor. Diariamente, se observan noticias sobre robos, hurtos, secuestros, entre otros problemas de seguridad pública, y cualquier empresa puede ser la próxima víctima”.

## **Definición del problema**

La falta de seguridad en muchos lugares ya sea empresa o área domestica es algo de suma importancia cuando se trata de proteger bienes materiales o la misma vida de las personas por cualquier tipo de incidente.

Los sistemas de seguridad electrónicos para el acceso ayudan a tener un control el ingreso y salida de personas en un área especifico y a la vez restringiendo un área evitamos la posibilidad de pérdidas materiales por cualquier tipo de hurto, robo u otro caso.

En la investigación se pretende controlar y automatizar el acceso al laboratorio de electrónica en la sede de CEUTEC Centroamérica, ya que actualmente el sistema que posee no brinda un nivel de seguridad seguro, debido a que la puerta no se cierra automáticamente de nuevo en cada ingreso, implementar un sistema que permita esto y con la ayuda de una puerta automática corrediza se puede tener un mejor control y optimización del ingreso de docentes y estudiantes al área.

Y a la vez se reducen las posibilidades de riesgo de seguridad ante cualquier tipo de robo u hurto, debido a que este sistema controlara cada ingreso al laboratorio. Teniendo en consideración que muchos de los materiales e instrumentos dentro del laboratorio son de alto valor económico, por ende, garantizar la seguridad en esta área de suma vitalidad.

A la vez se tendrá un sistema de alarma ante un tipo de ingreso no autorizado tras varios intentos, manteniendo así al tanto al personal de seguridad de la universidad.

## **Preguntas de investigación**

1. ¿Cómo se puede hacer la implementación del sistema de seguridad en una puerta automática corrediza para el laboratorio de electrónica en CEUTEC?
2. ¿Cómo sería el funcionamiento de todo el sistema en conjunto en un simulador de circuitos electrónicos?
3. ¿Cuál sería la rentabilidad económica y consumo eléctrico del sistema propuesto en comparación a los actuales del mercado?

## **Hipótesis**

1. El sistema de seguridad electrónico funcionara de manera correcta para brindar un nivel de seguridad suficiente para restringir el acceso a un área en especifica, proporcionando una personalización en la seguridad mediante su modo de bloqueo tras varios intentos de acceder.
2. Este sistema de seguridad será posible de implementar a un bajo costo económico en comparación a los sistemas actuales del mercado, el factor determinante del precio total será la calidad deseada de la puerta automática corrediza.
3. El consumo eléctrico del sistema de seguridad será lo más moderado posible para no incrementar la factura de energía eléctrica y así brindar una rentabilidad económica positiva.

## **Justificación**

En la actualidad la seguridad electrónica es un aspecto importante para considerar cuando se desea proteger de manera eficiente algún tipo de bien material, acceso a un área, monitoreo, etc.

Un sistema de seguridad electrónico que permita restringir el acceso a un área es considerado de mucha utilidad en aquellas empresas que tienen áreas a las cuales no desean que accedan todas las personas, solamente aquellas autorizadas. Así mismo en las áreas domésticas donde se desee proteger la integridad de una vivienda en específico.

Zonas como por ejemplo bodegas, bóvedas, laboratorios, entre otras áreas son de suma importancia para una empresa. De no tener este parámetro de seguridad conllevaría a múltiples pérdidas del tipo económicas por robo de algún bien material, por hurto de información, pérdida de confidencialidad, entre otros más.

En el caso de esta investigación se plantea la situación de proteger los bienes materiales del laboratorio de electrónica en la sede de CEUTEC Centroamérica.

Ya que actualmente el sistema que está implementado en el laboratorio se puede mejorar optimizándolo con el uso de una puerta automática y aumentando la seguridad en el sistema de acceso.

Restringiendo el acceso y automatizando el ingreso al laboratorio se puede obtener un mejor control de ingreso y salida, así mismo evitando cualquier tipo de incidente ya sea por hurto o robo de algún bien material del laboratorio.

## **CAPITULO 3: OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar y simular un sistema de seguridad electrónico mediante el uso de Arduino uno y diferentes elementos electrónicos, para su uso en una puerta automática corrediza para restringir y optimizar el acceso al laboratorio de electrónica en CEUTEC.

### **Objetivos Específicos**

1. Describir como se puede implementar el sistema de seguridad en una puerta automática corrediza para el laboratorio de electrónica en CEUTEC.
2. Mostrar el funcionamiento de todo el sistema en conjunto en el simulador de circuitos electrónicos “Proteus”.
3. Conocer la rentabilidad económica y consumo eléctrico del sistema propuesto en comparación a los actuales del mercado.

## **CAPITULO 4: MARCO TEORICO**

### **Situación actual**

#### **Situación actual de los sistemas de seguridad electrónicos**

En varios países del mundo no solamente honduras se ven afectados por situaciones de riesgos ya sea en empresas o áreas domésticas. La inseguridad es algo que no solo significa pérdidas económicas sino el bienestar de las personas, por ende, los sistemas de seguridad electrónicos ayudan a combatir esta problemática.

Hoy en día existen diversidad de sistemas de seguridad electrónicos, de monitoreo, de acceso, de identificación, entre muchos otros.

Cada uno con sus características y respectivos precios, los podemos encontrar más comúnmente en empresas que desean resguardar sus bienes, personal y clientes.

Y es que la tecnología se encuentra en constante evolución y existen múltiples maneras de sacarle provecho, y los sistemas de seguridad son una de esas maneras. El poder evitar algún tipo de incidente desde una pérdida de algún bien material hasta la pérdida de alguna vida es de suma importancia hoy en día.

Cada sistema de seguridad electrónica brinda una solución en específico, por ejemplo, los sistemas de acceso brindan un control de quien entra y sale de un área en específico que se desee resguardar más o un sistema de monitoreo nos brinda la solución de estar al pendiente de un lugar por cualquier tipo de razón.

### **Rentabilidad de los sistemas de seguridad electrónicos**

La rentabilidad de un sistema de seguridad hoy en día dependerá mucho del tipo de sistema en concreto y de los elementos electrónicos empleados en él.

Por ejemplo, no es lo mismo tener un sistema de acceso con huella digital y sensor RFID a tener uno con método de contraseña, el precio variaría en esos aspectos y según la aplicación que deseemos darle a ese sistema definirá también las funciones que ese sistema debe brindarnos.

Siguiendo siempre con el ejemplo del sistema de acceso, si se desea implementar en una bóveda de banco necesitaremos varios elementos que nos ayuden a aumentar el nivel de seguridad, más capas por decir así, un sistema para ese ámbito puede incluir sensores de huella, de rostro, tarjetas RFID entre otros.

Por otra parte, si solo se desea un sistema de acceso para una oficina o laboratorio no es necesario invertir en tantos elementos que a la vez son más costos, un sistema que cuenten con un método de contraseña puede ser más que suficiente para restringir el acceso.

Y si se refiere ahora a la parte del costo energético este dependerá exclusivamente del diseño propuesto, en el caso de este proyecto se plantea un diseño económico para restringir de manera básica el acceso a un laboratorio.

### **Fiabilidad de los sistemas de seguridad electrónicos**

Para saber la fiabilidad que un sistema de seguridad electrónico puede brindar bastante con ponerlo en prueba, ya sea un sistema de monitoreo, acceso o mixtos.

A continuación, se presentan dos investigaciones las cuales brindan unos resultados positivos acerca de la fiabilidad que los sistemas de seguridad electrónicos.

Como primer caso se tiene la investigación tipo tesis de (Veronica, 2015) donde aquí se presenta la implementación de un sistema de control de acceso y monitoreo con la tecnología RFID para un centro universitario.

Donde se obtuvieron resultados positivos al resguardar activos fijos dentro de un laboratorio de esa universidad, donde los docentes y estudiantes que pudieran hacer uso del sistema se sintieron satisfechos de poder contar con un buen nivel de seguridad en el laboratorio, teniendo así mismo una rentabilidad reflejada en el costo beneficio el cual brinda el sistema optimizando el tiempo, acceso y control de las personas.

Como segundo y último caso se tiene la investigación tipo tesis también de (Arias, 2019) en la cual se toca el tema similar de un sistema electrónico para la seguridad física, monitoreo y control de acceso para una empresa. Aquí se puede ver el otro lado de la moneda, donde se está implementando un sistema de seguridad ya en una empresa.

Donde tuvieron como resultado la satisfacción de la empresa, ya que pudieron implementar un sistema de seguridad de acuerdo con su presupuesto basado en los ingresos de la empresa, y dicho sistema cumplió con sus expectativas protegiendo sus bienes materiales y evitando así cualquier tipo de pérdida económica ya sea por hurto, robo u otro caso.

## Conceptos base

### Placa de desarrollo Arduino Uno

La placa de desarrollo Arduino uno es uno de los hardware más utilizado a nivel mundial para el desarrollo de proyectos electrónicos, ya que brinda la facilidad de poder controlar múltiples salidas y entradas según el circuito que deseemos diseñar.

Teniendo al alcance también el software gratuito Arduino IDE el cual permite programar según el funcionamiento deseado en un lenguaje principal C++, pero sin embargo se tiene la libertad de programar en otros lenguajes como lo pueden ser Python, Net u otros.

La diferencia principal entre Arduino uno y otras placa de desarrollo para circuitos electrónicos es la facilidad que este proporciona a los usuarios nuevos en este ámbito electrónico, esto no significa que el Arduino Uno este limitado a proyectos “sencillos” sino que posee una interfaz de programación muy amigable y programable en un lenguaje bastante conocido y sus pines de entrada y salida están fácilmente identificados y numerados, proporcionando así una mejor comprensión del hardware y software, la complejidad dependerá del tipo de proyecto que se desee desarrollar.

Se puede ir desde proyectos principiantes como encender unas luces led con botones hasta proyectos con más elementos involucrados como lo pueden ser los distintos módulos que la placa de Arduino Uno soporta, ya sean módulos de wifi, bluetooth, relé, entre otros.

Conociendo esto se profundizará en aspectos de características técnicas, como lo son los pines de conexión físicamente en la placa, la fuente de alimentación, memoria, entradas y salidas, comunicación, programación y otros aspectos importantes.

### **Características técnicas**

- 1.** Tipo de microcontrolador: ATmega328
- 2.** Voltaje de operación: 5V
- 3.** Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V
- 4.** Voltaje de entrada (limite): 6-20V
- 5.** Pines digitales de entrada/salida: 14 (de los cuales 6 proveen una salida PWM)
- 6.** Pines analógicos de entrada: 6
- 7.** Corriente DC por cada pin de entrada/salida: 40mA
- 8.** Corriente DC por cada pin de 3.3V: 50mA
- 9.** Memoria flash: 32KB de los cuales 0.5KB son utilizados por el bootloader (cargador de arranque)
- 10.** SRAM (Memoria estática de acceso aleatorio): 2KB
- 11.** EEPROM (memoria ROM programable y borrrable eléctricamente): 1KB
- 12.** Velocidad de reloj: 16MHz

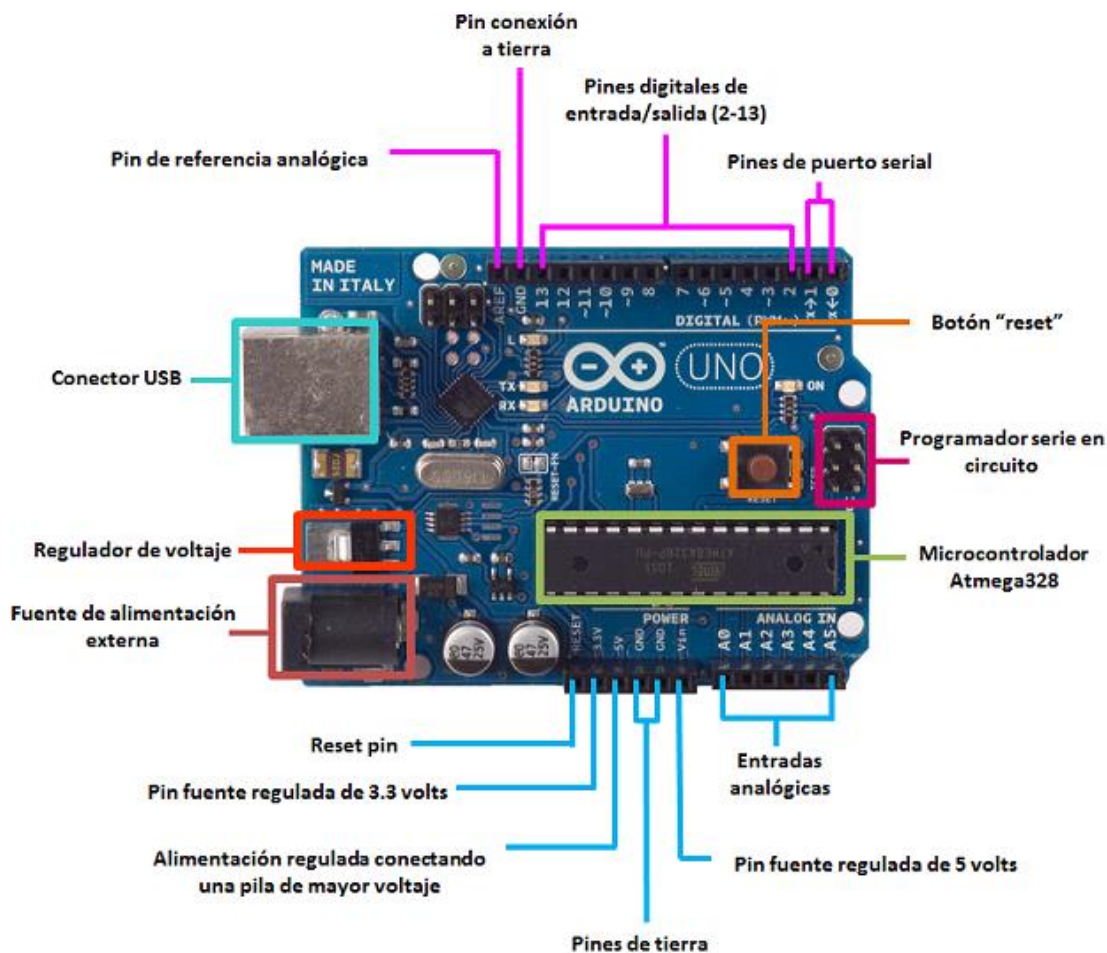


Figura 4.1: Conexiones y elementos de la placa Arduino Uno

Fuente: (Alfaro, 2022)

En la figura anterior se puede ver las conexiones de entrada/salidas digitales y las analógicas, así mismo todos los demás elementos físicos dentro de la placa de desarrollo, como lo es el microcontrolador, la fuente de alimentación externa y regulada, el conector USB, entre otros.

## **Alimentación**

Como se vio anteriormente, a la placa de desarrollo Arduino Uno puede alimentarse mediante cable USB de 5V o mediante una fuente de alimentación externa, la fuente es seleccionada automáticamente.

La alimentación externa que no es mediante USB puede ser introducida por medio de un adaptador de CA (corriente alterna) a CC (corriente continua) o de una batería. Dicho adaptador se puede conectar enchufando un enchufe de centro positivo de 2,1mm en el conector de alimentación de la placa.

Los cables de una batería se pueden insertar en los cabezales de pin GND (tierra) y Vin (voltaje entrada) del conector “power”.

Sin embargo, para evitar posibles daños a la placa se deben tener en cuenta los límites de voltaje proporcionados por el fabricante. Donde la placa puede operar con un suministro externo de 6-20V, pero, si se suministra con menos de 7V, el pin de 5V puede suministrar menos de 5V y la placa puede ser inestable. Y por el otro lado, si se usa más de 12 V, el regulador de voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa, por ende, el rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

## **Entradas y Salidas**

En el caso de los 14 pines digitales que posee el Arduino Uno pueden utilizarse como entrada o salida según lo desee el programador, solo hay que asegurarse de utilizar los comandos correctos para definir estos pines como lo son el `pinMode()`, `digitalWrite()` y `digitalRead()`.

Recordando que estos operan a 5V, brindando o recibiendo un máximo de 40mA y poseen un resistor interno pull-up (desconectado por defecto) de 20 a 50kohm.

Cabe destacar también que se tienen otros pines que realizan funciones diferentes:

Los pines seriales RX (pin 0) y TX (pin 1) utilizados principalmente para envío y recepción de información serial TTL.

Dos pines para interrupciones externas (pin 2 y 3) estos pines se pueden configurar para activar una interrupción en un valor bajo, un flanco ascendente o descendente, o un cambio de valor.

Los pines que proporcionan una salida PWM (pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11) de 8 bits con la función `analogWrite()` en la programación.

Y por último los pines que proporcionan comunicación SPI (interfaz en serie para periféricos) los cuales son los pines 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) y 13 (SCK). Sin embargo, aunque esto está implementado en el hardware no se encuentra aún en la programación.

Pasamos ahora a los pines analógicos donde contamos con 6 pines de entrada que soportan una resolución de 10bits.

Los pines 4 (SDA) y 5 (SCL) soportan una comunicación con protocolo I2C (protocolo que se efectúa por medio de dos hilos).

Y por último los pines AREF y RESET, donde el AREF es para la tensión de referencia para las entradas analógicas y el RESET es para resetear el microcontrolador de la placa.

### **Comunicación y software**

La comunicación entre Arduino Uno y una computadora es mediante USB serial, el cual también puede alimentar la placa con un voltaje de 5V.

El Software que permite programar la placa de desarrollo Arduino uno es el Arduino IDE, es un software que está disponible para Windows, IOS (Mac) y Linux.

Y como se mencionó anteriormente, el lenguaje de programación estándar es C++, pero se pueden utilizar otros como por ejemplo Python o Net.

Es importante mencionar que el microcontrolador ATmega328 en Arduino Uno viene pregrabado con un cargador de arranque que le permite cargar un código nuevo sin el uso de un programador de hardware externo. Y se comunica utilizando el protocolo STK500 original el cual es propio de la empresa Atmel.

Otra alternativa es que también puede omitir el cargador de arranque y programar el microcontrolador a través del encabezado ICSP (programación en serie en circuito).

### **Protección contra sobre corriente USB**

La placa de desarrollo Arduino Uno tiene un poli fusible reiniciable que protege los puertos USB de la computadora de cortocircuitos y sobre corriente.

Aunque la mayoría de las computadoras brindan su propia protección interna, el fusible brindara una capa adicional de protección. En el caso de que se apliquen más de 500 mA al puerto USB, el fusible interrumpirá automáticamente la conexión hasta que se elimine el cortocircuito o la sobrecarga.

### **Teclado Matricial 4x4**

El teclado matricial 4x4 es un componente electrónico que consta de 16 teclas para mandar información a un microcontrolador, son bastantes comunes en proyectos de electrónica con la placa de desarrollo Arduino Uno.

Otra definición puede ser la que brinda Cárdenas (2017) la cual menciona lo siguiente, un teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.

Un teclado matricial 4x4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador.

Teniendo en cuenta esto se puede conocer las características técnicas que brinda Naylamp (2022) de un teclado matricial 4x4 tipo membrana:

1. 16 botones con organización matricial (4 filas x 4 columnas)
2. Teclado tipo membrana
3. Mayor resistencia al agua y al polvo
4. Auto adhesivo en la parte de atrás
5. Tiempo de rebote (Bounce time):  $\leq 5$  ms
6. Máximo voltaje operativo: 24 V DC
7. Máxima corriente operativa: 30 mA
8. Potencia máxima: 0.72W
9. Resistencia de aislamiento: 100 M $\Omega$  (@ 100 V)
10. Voltaje que soporta el dieléctrico: 250 VRMS (60Hz, por 1 min)
11. Expectativa de vida: 1.000.000 de operaciones
12. Dimensiones teclado: 69\*77mm
13. Cable de cinta plana de 8.5 cm de largo aprox. (incluido el conector)
14. Conector tipo DuPont hembra de una fila y 8 contactos con separación estándar 0.1" (2.54mm)
15. Temperatura de operación: 0 a 50 °C

Entre las aplicaciones se menciona el uso en sistemas de seguridad, selección de menús y el ingreso de datos.

## Conexión con la placa de desarrollo Arduino Uno

La conexión entre el teclado matricial 4x4 del tipo membrana y la placa de desarrollo Arduino Uno es la siguiente:

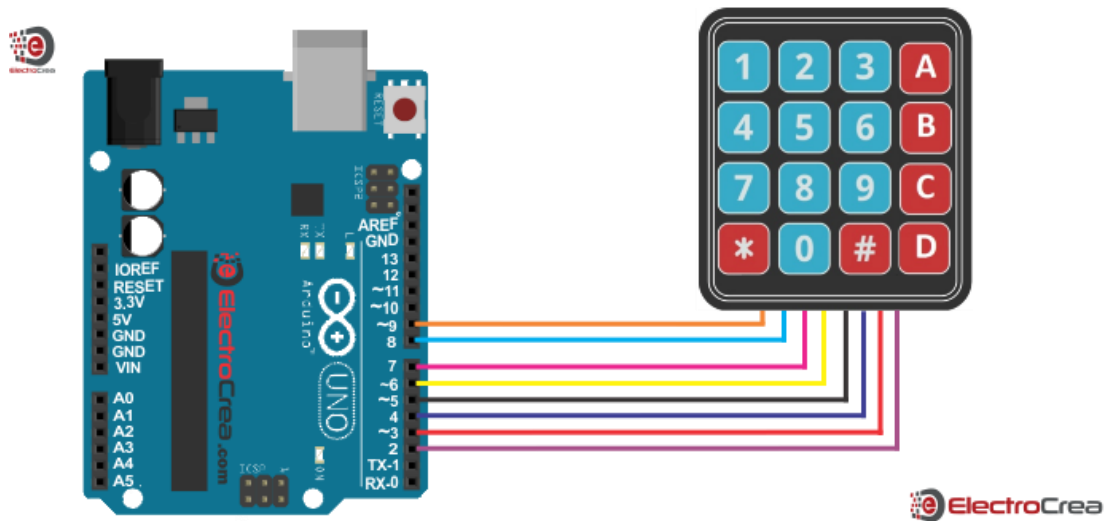


Figura 4.2: Conexión de teclado 4x4 tipo membrana con Arduino Uno

Fuente: (Cárdenas, 2017)

## Programación en Arduino IDE

Para comenzar a hacer un programa en el Arduino IDE con la implementación del teclado matricial 4x4 se debe agregar una librería que facilite la lectura de teclados matriciales como por ejemplo Keypad, utilizando el comando `#include <Keypad.h>`.

Un ejemplo de la programación para la lectura de dígitos con esta librería puede ser el siguiente:

```
#include <Keypad.h>

const byte rowCount = 4;
const byte columsCount = 4;

char keys[rowCount][columsCount] = {
  { '1','2','3', 'A' },
  { '4','5','6', 'B' },
  { '7','8','9', 'C' },
  { '#','0','*', 'D' }
};

const byte rowPins[rowCount] = { 11, 10, 9, 8 };
const byte columnPins[columsCount] = { 7, 6, 5, 4 };

Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, columnPins, rowCount, columsCount);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

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

  if (key) {
    Serial.println(key);
  }
}
```

Figura 4.3: Ejemplo de programación teclado matricial Arduino IDE

Fuente: Autor

## **Pantalla LCD con modulo I2C**

Una pantalla LCD es un componente electrónico que es empleado para transmitir imágenes, este tipo de tecnología se emplea en monitores y televisores.

En esta ocasión se vera la pantalla LCD 16x2 para Arduino Uno implementando el módulo I2C que permitirá reducir las conexiones de la pantalla LCD hacia el Arduino.

Antes de definir este módulo implementado en la pantalla LCD es importante conocer acerca del protocolo I2C, Carmentate (2021) dice que es un protocolo de comunicación serial desarrollado por Phillips Semiconductors, por la década de los 80s. Que inicialmente se creó para poder comunicar varios chips al mismo tiempo dentro de los televisores que fabricaba la misma compañía, pero, con el paso del tiempo otros fabricantes comenzaron a adoptarlo hasta convertirse en el estándar del mercado mundial que es hoy.

Entrando ya un poco en lo que es la arquitectura de este protocolo I2C se mencionan dos tipos de dispositivos, los maestros y los esclavos, o dichos de otra manera, el controlador y los periféricos.

El maestro o controlador es el encargado de coordinar e iniciar la comunicación.

Por el otro lado los esclavos o periféricos son los elementos que están a la espera de instrucciones del maestro por decir así los sensores o actuadores.

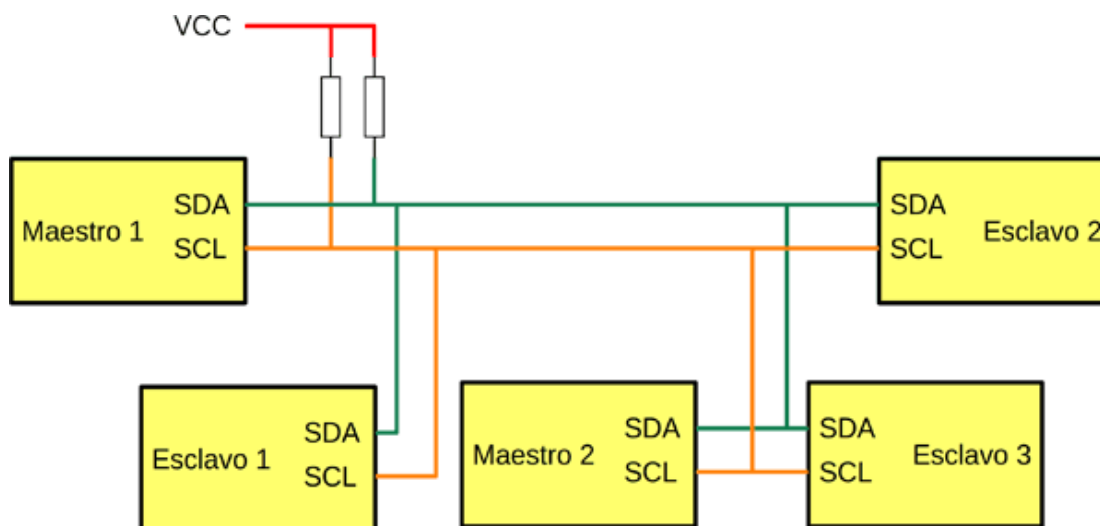


Figura 4.4: Arquitectura necesaria para conectar varios dispositivos utilizando el protocolo I2C.

Fuente: (Carmenate, 2021)

Como se observa, solo se necesitaron dos cables para las conexiones, donde SDA es el intercambio de información y SCL la señal de reloj. Existe otra conexión la cual es la tierra, pero esta es común entre todos los dispositivos por ende se omite en el diagrama.

Cabe destacar que el protocolo I2C permite lo que es tener una arquitectura multimaestro, la cual es una ventaja comparada a la comunicación serial de interfaz periférica SPI.

SPI no permite un ambiente multimaestro es decir que no se puede recibir información de un solo controlador hacia diferentes periféricos y otra desventaja de esta misma comunicación es que la cantidad de conexiones aumenta.

Se vera ahora una tabla con las características más importantes del protocolo I2C.

Tabla 4.1

*Características del protocolo I2C*

Numero de cables	2
Velocidad máxima	Modo estándar = 100kbps Modo rápido = 400kbps Modo High Speed = 3.4Mbps Modo Ultra Fast = 5Mbps
Número máximo de maestros	Ilimitado (teóricamente)
Número máximo de esclavos (7-bits)	112
Número máximo de esclavos (10-bits)	1008

Nota: la placa de desarrollo Arduino Uno solo puede operar en los dos primeros modos de velocidad

Conociendo ya la arquitectura y el funcionamiento de este protocolo I2C es momento de mencionar varias de las aplicaciones que tiene o, mejor dicho, donde se utiliza.

Básicamente se utiliza en cualquier dispositivo compatible con este mismo, como memorias EEPROM, sensores de temperatura, lectores del tipo RFID y pantallas OLED.

Aparte que la mayoría de los microcontroladores y placas de desarrollo cuentan con este protocolo.

Ahora se conocerá lo que es la estructura del mensaje I2C.

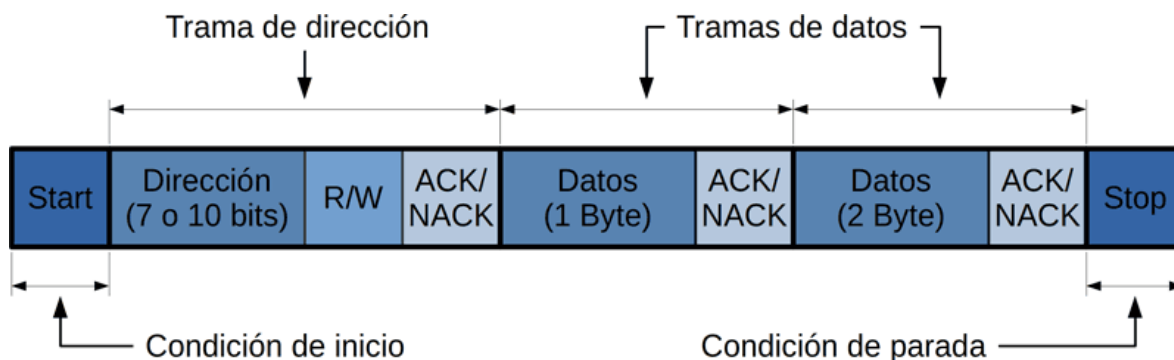


Figura 4.5: Estructura de un mensaje con protocolo I2C.

Fuente: (Carmenate, 2021)

Comenzando con la condición de inicio, para cumplir esta condición el pin SDA debe estar en estado bajo y el pin SCL en estado alto.

Luego se viene a la trama de dirección y datos, esta contiene prácticamente la dirección del esclavo o periférico al cual se desea comunicar el maestro o controlador. Acompañada por el bit de escritura/lectura (R/W) y de reconocimiento (ACK/NACK).

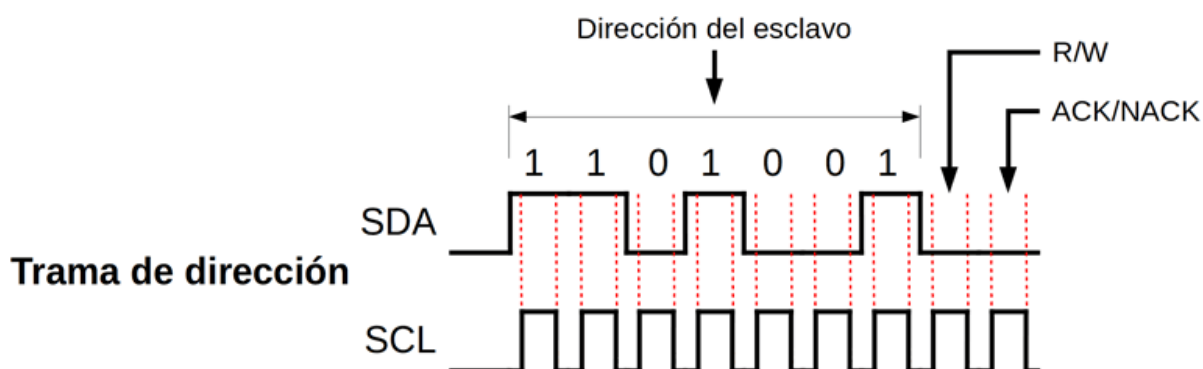


Figura 4.6: Trama de dirección

Fuente: (Carmenate, 2021)

El bit R/W indicara que tipo de operación estará sucediendo si el controlador o maestro enviara información al esclavo o recibiría de este mismo.

Y el bit de reconocimiento es enviado por el dispositivo que está recibiendo la trama.

Por último, está la condición de parada, para que se cumplan ambos pines deben estar en estado alto, primero el pin SCL y luego el pin SDA.

A este punto se conoció lo más esencial de este protocolo ahora se verá su función con la pantalla LCD en la placa de desarrollo Arduino Uno.

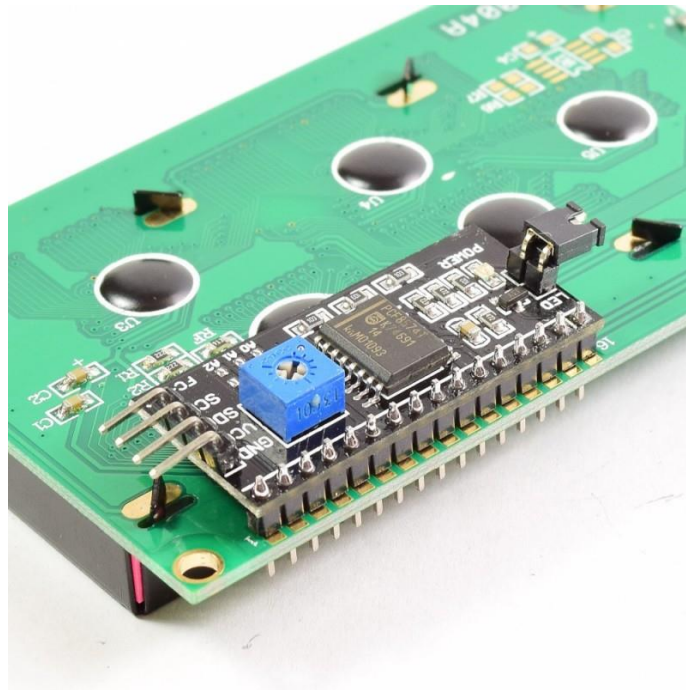
### Módulo adaptador LCD a I2C

El controlador I2C PCF8574 es el elemento principal de este módulo, el cual permitirá expandir las entradas y salidas digitales controladas por I2C. Se utiliza principalmente para controlar un LCD alfanumérico.

En el caso del uso con el LCD para Arduino, el módulo I2C permite reducir las conexiones hacia la placa, siendo solo las dos mencionadas anteriormente, SDA y SCL.

Simplificando de esa manera el circuito y el espacio de pines disponibles en la placa de desarrollo.

En la siguiente imagen se puede apreciar como se ve el módulo I2C ya implementado en la pantalla LCD.



*Figura 4.7: Pantalla LCD con modulo I2C*

Fuente: (Naylamp, 2022)

Se puede apreciar en la imagen que solamente se utilizan 4 pines, siendo dos los de SDA/SCL y los otros dos de alimentación y tierra.

Y la conexión ya con el Arduino se vería de la siguiente manera:

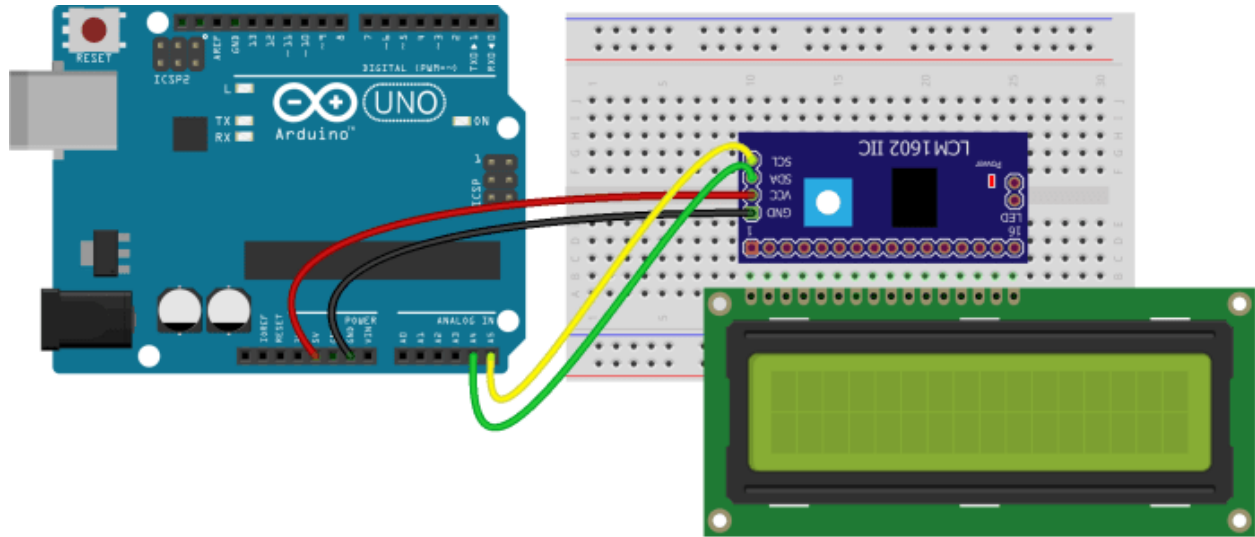


Figura 4.8: Conexión pantalla LCD con modulo I2C a la placa Arduino Uno

Fuente: (García, 2020)

### Características técnicas de la pantalla LCD 16x2

1. Tipo: Pantalla LCD Monocromática
2. Modelo: 16×2 “2 filas y 16 caracteres”
3. Controlador: HD44780
4. Color: Fondo azul y texto blanco
5. Modo de operación: 4 y 8 bits
6. Voltaje de alimentación: 5V DC
7. Corriente máximo: 25mA

Tabla 4.2

*Características DC para la pantalla LCD 16x2 (hoja de datos)*

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage for LCD	$V_{DD}-V_0$	$T_a = 25^\circ\text{C}$	-	3.0	-	V
Input voltage	$V_{DD}$		3.1	3.3	3.5	
Supply current	$I_{DD}$	$T_a = 25^\circ\text{C}, V_{DD} = 3.3\text{V}$	-	1.5	2.5	mA
Input leakage current	$I_{LKG}$		-	-	1.0	$\mu\text{A}$
"H" level input voltage	$V_{IH}$		2.2	-	$V_{DD}$	V
"L" level input voltage	$V_{IL}$	Twice initial value or less	0	-	0.6	
"H" level output voltage	$V_{OH}$	$LOH = -0.25\text{mA}$	2.4	-	-	
"L" level output voltage	$V_{OL}$	$LOH = 1.6\text{mA}$	-	-	0.4	
Backlight supply voltage	$V_F$		-	3.0		
Backlight supply current	$I_{LED}$	$V_{LED} = 3.3\text{ V } R = 25\ \Omega$			16	mA

Fuente: (AMOTEC, 2016)

### Características técnicas para el módulo I2C

- A. Voltaje de Alimentación: 5V DC
- B. Controlador: PCF8574
- C. Dirección I2C: 0x3F (por defecto)
- D. Selección de Dirección I2C: Rango de 0x20 a 0x27
- E. Interfaz: I2C a 4 bits por lineal
- F. Compatibilidad: LCD 2x16 y 4x20
- G. Jumper para Luz de fondo
- H. Potenciómetro para ajuste de contraste
- I. Dimensiones: 80mm x 36mm

Tabla 4.3

Condiciones recomendadas de operación para el módulo I2C PCF8574 (hoja de datos)

		MIN	MAX	UNIT
$V_{CC}$	Supply voltage	2.5	6	V
$V_{IH}$	High-level input voltage	$0.7 \times V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IL}$	Low-level input voltage	-0.5	$0.3 \times V_{CC}$	V
$I_{OH}$	High-level output current		-1	mA
$I_{OL}$	Low-level output current		25	mA
$T_A$	Operating free-air temperature	-40	85	°C

Fuente: (Instrument, 2015)

Tabla 4.4

Características eléctricas del módulo I2C PCF8574 (hoja de datos)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	$V_{CC}$	MIN	TYP <sup>(1)</sup>	MAX	UNIT
$V_{IK}$	Input diode clamp voltage	$I_I = -18$ mA	2.5 V to 6 V	-1.2			V
$V_{POR}$	Power-on reset voltage <sup>(2)</sup>	$V_I = V_{CC}$ or GND, $I_O = 0$	6 V		1.3	2.4	V
$I_{OH}$	P port	$V_O = GND$	2.5 V to 6 V	30		300	μA
$I_{OHT}$	P port transient pullup current	High during acknowledge, $V_{OH} = GND$	2.5 V		-1		mA
$I_{OL}$	SDA	$V_O = 0.4$ V	2.5 V to 6 V	3			mA
	P port	$V_O = 1$ V	5 V	10	25		
	INT	$V_O = 0.4$ V	2.5 V to 6 V	1.6			
$I_I$	SCL, SDA	$V_I = V_{CC}$ or GND	2.5 V to 6 V			±5	μA
	INT					±5	
	A0, A1, A2					±5	
$I_{IH}$	P port	$V_I \geq V_{CC}$ or $V_I \leq GND$	2.5 V to 6 V			±400	μA
$I_{CC}$	Operating mode	$V_I = V_{CC}$ or GND, $I_O = 0$ , $f_{SCL} = 100$ kHz	6 V		40	100	μA
	Standby mode	$V_I = V_{CC}$ or GND, $I_O = 0$			2.5	10	
$C_i$	SCL	$V_I = V_{CC}$ or GND	2.5 V to 6 V		1.5	7	pF
$C_{iO}$	SDA	$V_{iO} = V_{CC}$ or GND	2.5 V to 6 V		3	7	pF
	P port				4	10	

Fuente: (Instrument, 2015)

## Programación en Arduino IDE

Para programar la pantalla LCD con modulo I2C en la placa de desarrollo Arduino Uno se necesitará hacer uso de la librería adecuada para el protocolo I2C, la más común es la LiquidCrystal\_I2C.

Una vez se agrega esta librería se procede a utilizar las funciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.5

### *Funciones para pantalla LCD con modulo I2C en Arduino IDE*

LiquidCrystal_I2C (lcd_Addr, lcd_cols, lcd_rows)	Con esta función definiremos la dirección de la LCD y el número de columnas y filas.
init()	Inicializa el módulo I2C y la pantalla LCD
clear()	Limpia la pantalla LCD y resetea la posición del cursor a (0,0)
setCursor(col, row)	Posiciona el cursor en la posición deseada para comenzar a imprimir el mensaje.
print()	Manda a imprimir la información a la pantalla LCD
scrollDisplayLeft()	Desplaza el contenido en la pantalla un espacio hacia la izquierda, incluido el cursor.
scrollDisplayRight()	Desplaza el contenido en la pantalla un espacio hacia la derecha, incluido el cursor.
backlight()	Se usa para encender la luz de fondo de la pantalla LCD
noBacklight()	Apaga la luz de fondo de la pantalla LCD
createChar (num, datos)	Para crear un carácter personalizado

Un ejemplo de una programación con la pantalla LCD modulo I2C sería el siguiente:

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Colocamos la dirección 0x3F y 16 columnas x 2 filas (dependera del tipo de pantalla LCD que estemos usando)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2); //

void setup() {
  // Inicializamos nuestra pantalla LCD
  lcd.init();

  // Encendemos la luz de fondo del LCD
  lcd.backlight();

  // Imprimimos un mensaje en la Pantalla LCD
  lcd.print("Hola Mundo");
}

void loop() {
  // Se coloca el cursor en la primera posición (columna = 0) de la segunda línea (fila = 1)
  lcd.setCursor(0, 1);
  // Mandamos a imprimir el tiempo
  lcd.print(millis()/1000);
  lcd.print(" Segundos");
  delay(100);
}
```

Figura 4.9: Ejemplo de programación pantalla LCD con modulo I2C en Arduino IDE

Fuente: Autor

## Tecnología RFID

La tecnología RFID actualmente permite la identificación de credenciales electrónicas como lo puede ser una tarjeta RFID.

Una definición más clara es la que se puede encontrar en el libro (Karmakar, Amin, & Saha, 2016) la cual dice lo siguiente:

“La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología inalámbrica emergente para identificaciones automáticas, controles de acceso, seguimiento, seguridad y vigilancia, gestión de bases de datos, control de inventario y logística”.

Los dos componentes que se implementan cuando se habla de esta tecnología es la etiqueta o tag en inglés y el lector (sensor RFID).

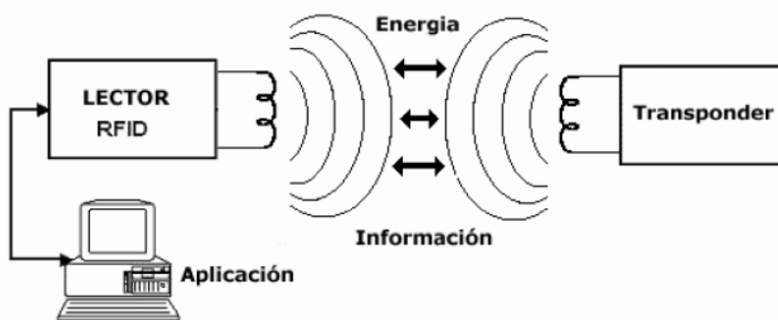


Figura 4.10: Sistema RFID

Fuente: (Pacheco, 2015)

Para entender un poco mejor esta tecnología se puede decir que es remplazo de los sistemas de códigos de barras que se utiliza aun hoy en día, ya que esa tecnología consiste en leer la imagen para identificar la tag o etiqueta mencionada anteriormente.

Ahora la tecnología RFID por otro lado hace uso de las ondas de radio para establecer una comunicación con el chip deseado que estaría dentro del tag. Esto brinda muchas ventajas, la dificultad de duplicar la información en el chip por ende es más seguro, no necesita un campo de visión para que el tag sea leído y soporta una cierta distancia.

En una investigación reciente por (Veronica, 2015) se puede encontrar diferentes tipos de sistemas RFID, clasificados en 3:

Comenzando con los sistemas pasivos, donde las tags o etiquetas RFID no cuentan con una fuente de alimentación propia, la señal de radiofrecuencia es recibida por lector o sensor RFID.

Continuando con el sistema activo, la diferencia radica en que los tags cuentan con fuente de alimentación, ya sea por ejemplo una batería, brindando más funciones personalizadas y una ventaja significativa en el rango de detección entre los 20 y 100 metros.

Por último, los sistemas semiactivos brindan una fuente de alimentación al tag, pero necesitan la potencia emitida por el lector o sensor. Ya que es habitual en estos sistemas de que el lector inicie la comunicación.

### **Estándares que utiliza la tecnología RFID**

Estándar ISO 14443: para tarjetas de identificación, tarjetas sin contacto y circuitos integrados.

ISO 15693: tarjetas de proximidad de hasta 1.5 metros

ISO 18000: información tecnológica y RFID para gestión de objetos.

También se aplican otros estándares como el EPCGlobal Gen2, ANSI y ONS Similar.

## Frecuencias de la tecnología RFID y aplicaciones de la tecnología

Tabla 4.6

### *Frecuencias en la tecnología RFID*

<b>Tipo</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Característica</b>
Baja	9-135KHz	Corta distancia de unos centímetros y solo pueden leer un dispositivo a la vez.
Alta	13.56MHz	Distancia entre 1cm a 1.5m, usualmente los tags de este tipo son pasivos.
Ultra alta	0.3-1.2GHz	Distancia alcanza hasta los 4 metros, mayor velocidad y leen varios elementos simultáneamente.
Microondas	2.45-5.8GHz	Usada en la producción de carros y alcanza distancias de hasta 6 metros, sin embargo, son más costosas y requieren más potencia.

Esta tecnología puede ser aplicada en los siguientes ámbitos:

- A. Logística y control de inventarios
- B. Alimentación
- C. Salud
- D. Tarjetas de crédito
- E. Bibliotecas
- F. Industrial
- G. Tiendas

## **Modulo RFID RC522 para Arduino Uno**

El módulo RFID RC522 es un lector y grabador RFID que trabaja a una frecuencia de 13.56MHz, brindando la facilidad de una comunicación SPI.

Dicho modulo se basa en la normativa ISO14443-A, (Thales, 2022) dice que es un estándar diseñado para la comunicación de tarjeta inteligente sin contacto o de proximidad. Por lo general, utiliza una frecuencia de radio de 13,56 MHz que solo transmite datos digitales dentro de un rango corto, unos 4 centímetros o menos, más allá, la señal es demasiado débil. Nunca puede superar los 10 centímetros.

Cabe destacar también que el módulo RFID RC522 soporta el algoritmo de encriptación Quick CRYPTO1 y MIFARE.

MIFARE hace referencia a la marca y tecnología de las tarjetas RFID utilizadas con este módulo, el cual es el que se utilizara más adelante para el diseño del sistema de seguridad electrónico.

### **Especificaciones técnicas del módulo RFID RC522**

1. Voltaje de Operación: 3.3V DC
2. Corriente de Operación: 13-26mA/3.3V DC
3. Corriente de Standby: 10-13mA/3.3V DC
4. Corriente de Sleep: <80uA
5. Corriente pico: <30mA
6. Frecuencia de operación: 13.56 MHz
7. Transferencia de datos: máximo 10Mbit/s
8. Tipos de tarjetas compatibles: Mifare1 S50, S70 Mifare1, MIFARE Ultralight, Mifare Pro, Mifare DESFire.
9. Dimensiones RFID-RC522: 40 mm x 60 mm
10. Dimensiones Tarjeta: 85 mm x 54 mm
11. Temperatura de funcionamiento: -20 a 80 grados centígrados
12. Temperatura de almacenamiento: -40 a 85 grados centígrados
13. Humedad relativa: 5% hasta 95 %

14. La tasa de transmisión por defecto: 9600bps, velocidad de transferencia máxima:  
1228800bps

Tabla 4.7

*Voltajes del módulo RFID RC522 (hoja de datos)*

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Unit
V <sub>D</sub> DA	analog supply voltage	V <sub>DD(PVDD)</sub> ≤ V <sub>D</sub> DA = V <sub>DD</sub> = V <sub>DD(TVDD)</sub> ; V <sub>SSA</sub> = V <sub>SSD</sub> = V <sub>SS(PVSS)</sub> = V <sub>SS(TVSS)</sub> = 0 V	[1][2]	2.5	3.3	3.6	V
V <sub>DD</sub>	digital supply voltage			2.5	3.3	3.6	V
V <sub>DD(TVDD)</sub>	TVDD supply voltage			2.5	3.3	3.6	V
V <sub>DD(PVDD)</sub>	PVDD supply voltage		[3]	1.6	1.8	3.6	V
V <sub>DD(SVDD)</sub>	SVDD supply voltage	V <sub>SSA</sub> = V <sub>SSD</sub> = V <sub>SS(PVSS)</sub> = V <sub>SS(TVSS)</sub> = 0 V		1.6	-	3.6	V

Tabla 4.8

*Corrientes y temperatura de operación del módulo RFID RC522 (hoja de datos)*

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ	Max	Unit
I <sub>pd</sub>	power-down current	V <sub>D</sub> DA = V <sub>DD</sub> = V <sub>DD(TVDD)</sub> = V <sub>DD(PVDD)</sub> = 3 V					
		hard power-down; pin NRSTPD set LOW	[4]	-	-	5	μA
		soft power-down; RF level detector on	[4]	-	-	10	μA
I <sub>DD</sub>	digital supply current	pin DVDD; V <sub>DD</sub> = 3 V		-	6.5	9	mA
I <sub>D</sub> DA	analog supply current	pin AVDD; V <sub>D</sub> DA = 3 V, CommandReg register's RcvOff bit = 0		-	7	10	mA
		pin AVDD; receiver switched off; V <sub>D</sub> DA = 3 V, CommandReg register's RcvOff bit = 1		-	3	5	mA
I <sub>DD(PVDD)</sub>	PVDD supply current	pin PVDD	[5]	-	-	40	mA
I <sub>DD(TVDD)</sub>	TVDD supply current	pin TVDD; continuous wave	[6][7][8]	-	60	100	mA
T <sub>amb</sub>	ambient temperature	HVQFN32		-25	-	+85	°C

### **Especificaciones técnicas de la tarjeta MIFARE**

1. Chip: Philips Mifare 1k S50
2. Capacidad: 8Kbit EEPROM
3. Cada tarjeta tiene un único número de serie de 32-bit
4. Incorpora mecanismo de anticolidión lo que permite concurrencia en la lectura
5. No requiere de conexión a fuente de alimentación externa.
6. Cuenta con un período de almacenamiento de 10 años, puede sobrescribirse 100000 veces y leerse ilimitadamente.
7. Temperatura de operación: -20 °C ~ 50 °C.
8. Humedad: 90%.
9. Frecuencia de operación: 13.56MHz
10. Protocolo RF: ISO14443A
11. Velocidad de comunicación: 106KBPS
12. Distancia de lectura/escritura:  $\leq 10\text{cm}$

### **Conexión del módulo RFID RC522 a la placa Arduino Uno**

Antes de dar a conocer el mapeo de las conexiones entre los pines del módulo y la placa Arduino es importante conocer físicamente el módulo en la siguiente imagen:



*Figura 4.11:* Modulo RFID RC522

Fuente: (Naylamp, 2018)

El mapeo de las conexiones entre el módulo mostrado y la placa Arduino Uno es el siguiente:

Tabla 4.9

*Conexiones de pines entre modulo RC522 y Arduino Uno*

Modulo RC522	Arduino Uno
SDA (SS)	Pin 10
SCK	Pin 13
MOSI	Pin 11
MISO	Pin 12
IRQ	No se conecta
GND	GND
RST	Pin 9
3.3V (POWER)	3.3V

**Diagrama de conexión y programación en Arduino IDE**

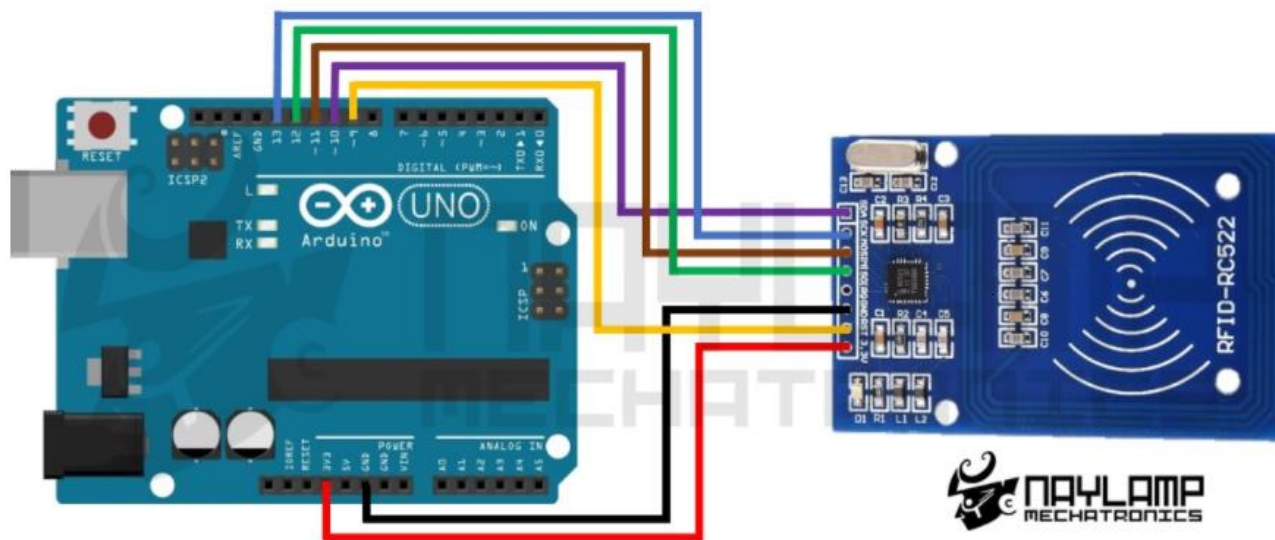


Figura 4.12: Conexión Arduino Uno y Modulo RC522

Fuente: (Naylamp, 2018)

Conociendo ya las conexiones se verá ahora la parte de la programación en el Arduino IDE. Para poder programar el módulo RC522 se necesitará incluir dos librerías referentes a RFID, siendo las librerías SPI y MFRC522, para agregarlas se utilizan los siguientes comandos:

1. `#include <SPI.h>`
2. `#include <MFRC522.h>`

A continuación, se mostrará un código de ejemplo para el funcionamiento del módulo RC522 en el Arduino IDE:

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>

#define RST_PIN 9 //Pin 9 para el reset del RC522
#define SS_PIN 10 //Pin 10 para el SS (SDA) del RC522
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); //Creamos el objeto para el RC522

void setup() {
  Serial.begin(9600); //Iniciamos la comunicación serial
  SPI.begin(); //Iniciamos el Bus SPI
  mfrc522.PCD_Init(); // Iniciamos el MFRC522
  Serial.println("Lectura del UID");
}

void loop() {
  // Revisamos si hay nuevas tarjetas presentes
  if ( mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
  {
    //Seleccionamos una tarjeta
    if ( mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
    {
      // Enviamos serialemente su UID
      Serial.print("Card UID:");
      for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++) {
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
        Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
      }
      Serial.println();
      // Terminamos la lectura de la tarjeta actual
      mfrc522.PICC_HaltA();
    }
  }
}
```

Figura 4.13: Ejemplo de programación del módulo RC522 en Arduino IDE

Fuente: (Naylamp, 2018)

## **Motor DC**

El motor DC es una parte por tomar en consideración en la investigación ya que este será el que permitirá la apertura y cierre de la puerta automática elegida.

Para comenzar se debe saber que un motor DC realiza una función principal de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, permitiendo mover mecanismos como es el caso donde se necesita estar abriendo y cerrando la puerta automática una vez el acceso se haya concedido.

El motor hace uso de la corriente directa o continua para crear un movimiento giratorio apoyado de un campo magnético.

Dicho motor se compone de dos partes principales, el estator y el rotor.

(Anda, 2018) dice que el estátor esta encargado de brindar soporte mecánico y contener los polos de la máquina, estos pueden ser un devanado de hilo de cobre sobre un núcleo de hierro, o imanes permanentes, cubriendo el rotor. Y ahora el rotor, posee comúnmente una forma cilíndrica, cuenta con un devanado y con núcleo, de igual manera se energiza con corriente directa a través de delgas, que se encuentran en contacto alternante con unas escobillas fijas.

Los tipos de motores DC que existen son estator bobinado, imán permanente, compuesto y sin escobillas.

A continuación, se muestra un gráfico de un motor DC común desarmado con sus partes principales:

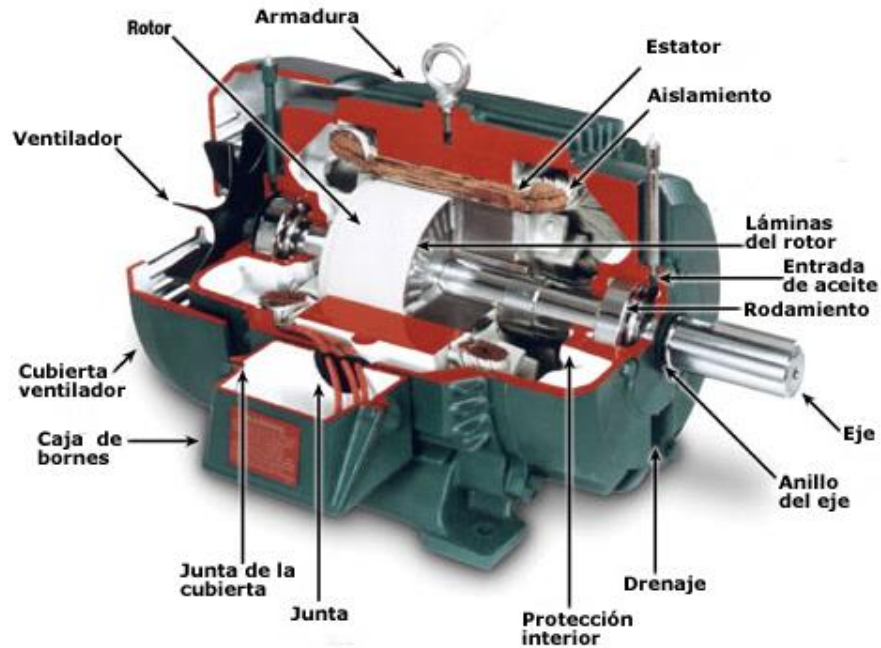


Figura 4.14: Partes de un motor DC

Fuente: (Nichese, 2019)

## Ventajas y tipos de motores DC

### Algunas ventajas del motor DC

1. Par de giro de arranque alto
2. Se puede alimentar con fuentes almacenadas como baterías
3. Regulación de velocidad sencilla y económica
4. Solo llevan 2 cables (menos complejidad y espacio de conexiones)
5. Puede trabajar a bajas velocidades
6. Por último, su tensión no es peligrosa excepto en los casos de 24 y 12V DC

## **Puerta automática corrediza**

La inclusión de una puerta automática corrediza en un sistema de seguridad ayudara a minimizar los intentos de entrada con fuerza bruta, ya que no cuenta con un sistema de llavín como las puertas comunes, en cambio se utilizan diferentes componentes electrónicos integrados en el mismo sistema de la puerta para que esta se abra o se cierre.

Elementos como sensores de proximidad y motor DC son de suma importancia en el funcionamiento de una puerta automática corrediza.

Este mismo tipo de puerta permite crear un entorno mucho más automatizado y seguro para el área que se desee y se puede encontrar una gran variedad de estilos y aplicaciones hoy en día.

Hoy en día existen puertas automáticas corredizas de 1, 2, 3 y hasta 4 hojas para poder usarlas en un área mucho más grande según se requiere, su aplicación puede ir desde lugares públicos como supermercados, bancos, centro comerciales hasta aplicaciones más específicas como en bóvedas, laboratorios, bodegas, etc.

Algo muy importante a tomar en consideración al comprar o diseñar una puerta automática corrediza es el tipo de material, ya que existen puertas con vidrio delgado transparente hasta unas más resistentes y templadas.

Mas adelante en el informe se podrá ver que puerta automática corrediza es la más ideal según sus características para implementar en el sistema de seguridad para limitar el acceso en el laboratorio de CEUTEC.

## **Simulador de circuitos electrónicos PROTEUS**

El simulador de circuitos electrónicos llamado Proteus será una herramienta vital para el presente proyecto ya que gracias a este software se podrá simular lo que es el funcionamiento del sistema de seguridad y así mismo ver su diseño.

Proteus es uno de los simuladores de circuitos electrónicos digitales y análogos más populares a nivel mundial, cuenta con múltiples funcionalidades y una interfaz muy amigable con el usuario. Fue desarrollado por la empresa labcenter electronics y cuenta con una versión pagada, prueba gratuita y para la educación.

El software puede ser utilizado tanto en el sistema operativo Windows o en IOS de Apple, su instalación es sencilla y un tamaño considerablemente pequeño.

Cabe destacar también que se encuentra en constante actualización para poder brindar nuevas funcionalidades lo cual expanden las posibilidades de realizar circuitos electrónicos cada vez más grandes y complejos en él.

En él se puede encontrar una enorme diversidad de componentes electrónicos desde los más básicos como resistencias, capacitores, bobinas hasta elementos más completos como microcontroladores, pantallas LCD, módulos de comunicación, entre otros.

El software cuenta con 4 módulos principales:

- A. ISIS: este ayudara a hacer el diseño esquemático del circuito electrónico ya sea con componentes digitales o analógicos, según los que se necesiten.
- B. ARES: es el módulo encargado de ayudar a pasar el diseño esquemático a una placa PCB para visualizar el circuito de manera 3D para posteriormente mandar a imprimir si se desea.
- C. Prospice: es el encargado de simular el comportamiento del circuito electrónico según sus componentes.
- D. VSM: este módulo permite trabajar con distintas clases de microcontroladores dentro del simulador.

(Enerxia, 2022) brinda las características más destacables dentro del software Proteus, siendo estas las siguientes:

- A. Brinda el módulo ISIS capaz de generar circuitos reales, comprobar y visualizar su funcionamiento.
- B. Posee una gran variedad de librerías para agregar diversos componentes electrónicos digitales y análogos.
- C. Brinda un entorno de simulación con la tecnología exclusiva de Proteus de modelación de sistemas virtuales.
- D. Cuenta con una herramienta ARES para transferir nuestro modelo esquemático a un circuito impreso en placa conocido como PCB.

## Interfaz de PROTEUS con sus distintos apartados

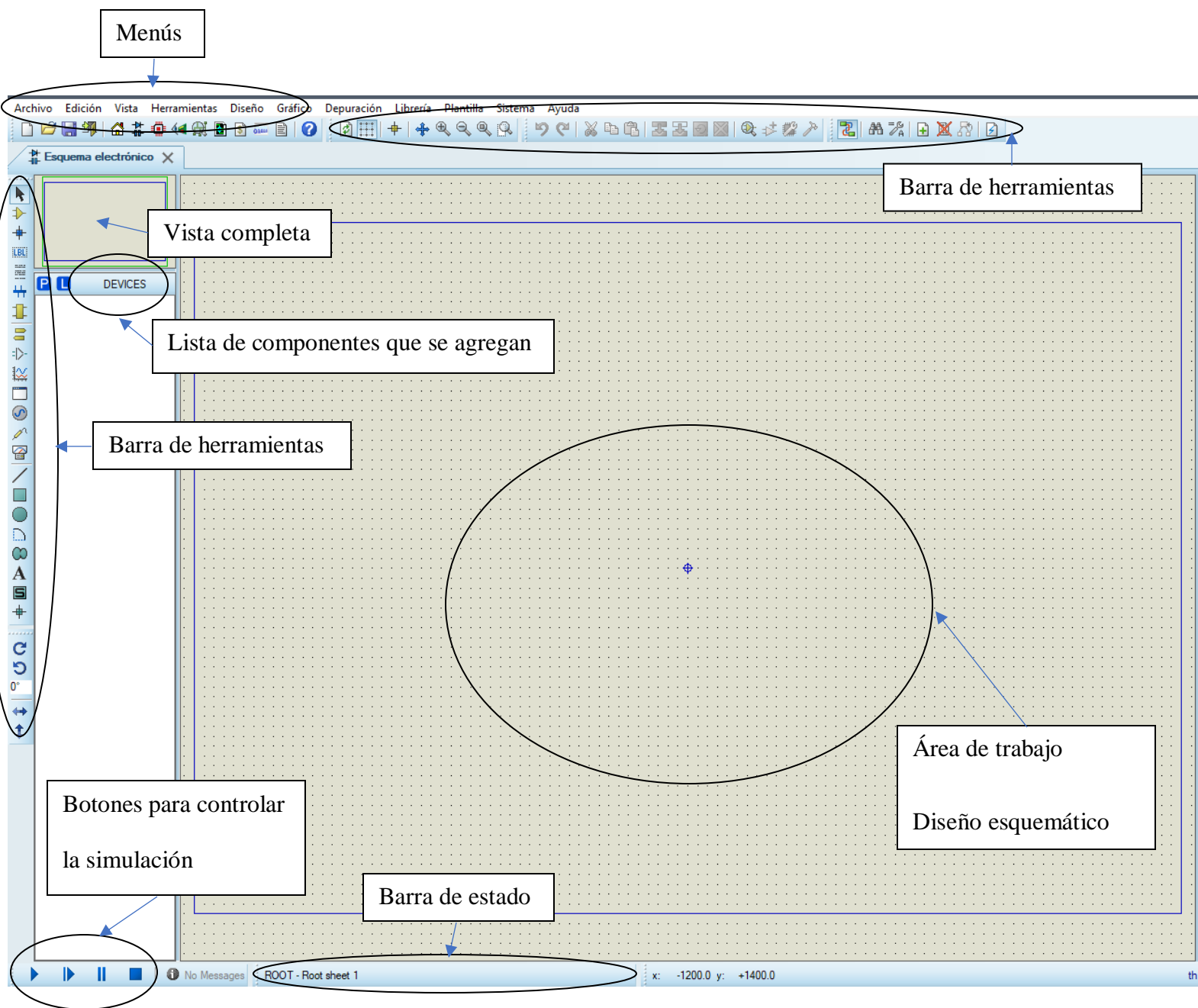


Figura 4.15: Interfaz gráfica simulador Proteus

Fuente: Autor

## Microcontrolador PIC16F877A

El PIC16F877A es desarrollado por la empresa MicroChip (2022) la cual hace saber que es un potente microcontrolador con capacidad 8 bits basado en FLASH CMOS (ejecución de instrucciones de 200 nanosegundos) fácil de programar, incluyendo la potente arquitectura PIC® de Microchip en un paquete de 40 o 44 pines y es compatible con PIC16C5X, PIC12CXXX. y dispositivos PIC16C7X.

Entre sus características principales se pueden encontrar las siguientes:

1. Resolución máxima de ADC (bits): 10
2. Número de ADC: 1
3. Tamaño de la memoria del programa (KB): 14
4. Capturar/Comparar/PWM (CCP): 2
5. Número de comparadores: 2
6. Velocidad de CPU (MIPS/DMIPS): 5
7. EEPROM de datos (bytes): 256
8. DigitalTimerQty\_16bit: 1
9. Temporizadores digitales de 8 bits máximos: 2
10. Ethernet: Ninguno
11. I2C: 1
12. Tipo de memoria de programa: Flash
13. MSSP: 1
14. Canales ADC: 8
15. Voltaje de funcionamiento: 2 - 5,5V
16. Número de pines: 40
17. SPI (Interfaz periférica de serie): 1
18. Rango de temperatura (°C): -40 - 125
19. USART (Transmisor receptor asíncrono universal): 1

En la siguiente figura se puede ver sus características eléctricas:

Ambient temperature under bias .....	-55 to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to VSS (except VDD, $\overline{\text{MCLR}}$ and RA4) .....	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to VSS .....	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to VSS ( <b>Note 2</b> ) .....	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to VSS .....	0 to +8.5V
Total power dissipation ( <b>Note 1</b> ) .....	1.0W
Maximum current out of VSS pin .....	300 mA
Maximum current into VDD pin .....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD) .....	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD) .....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin .....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) ( <b>Note 3</b> ) .....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) ( <b>Note 3</b> ) .....	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) ( <b>Note 3</b> ) .....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) ( <b>Note 3</b> ) .....	200 mA

*Figura 4.16:* Características eléctricas del PIC16F877A (hoja de datos)

Fuente: (MicroChip, 2022)

En la siguiente tabla se detallan las características de DC:

Tabla 4.10

*Características DC del PIC16F877A (hoja de datos)*

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended Operating voltage VDD range as described in DC specification (Section 17.1)				
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D080	VOL	<b>Output Low Voltage</b>					
		I/O ports	—	—	0.6	V	$I_{OL} = 8.5 \text{ mA}$ , $V_{DD} = 4.5\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D083		OSC2/CLKO (RC osc config)	—	—	0.6	V	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$ , $V_{DD} = 4.5\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D090	VOH	<b>Output High Voltage</b>					
		I/O ports <sup>(3)</sup>	$V_{DD} - 0.7$	—	—	V	$I_{OH} = -3.0 \text{ mA}$ , $V_{DD} = 4.5\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D092		OSC2/CLKO (RC osc config)	$V_{DD} - 0.7$	—	—	V	$I_{OH} = -1.3 \text{ mA}$ , $V_{DD} = 4.5\text{V}$ , $-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D150*	VOD	<b>Open-Drain High Voltage</b>	—	—	8.5	V	RA4 pin
D100	Cosc2	<b>Capacitive Loading Specs on Output Pins</b>					
		OSC2 pin	—	—	15	pF	In XT, HS and LP modes when external clock is used to drive OSC1
		All I/O pins and OSC2 (RC mode)	—	—	50	pF	
D101	CIO	All I/O pins and OSC2 (RC mode)	—	—	50	pF	
D102	CB	SCL, SDA (I <sup>2</sup> C mode)	—	—	400	pF	
<b>Data EEPROM Memory</b>							
D120	ED	Endurance	100K	1M	—	E/W	$-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D121	VDRW	VDD for read/write	V <sub>MIN</sub>	—	5.5	V	Using EECON to read/write, V <sub>MIN</sub> = min. operating voltage
D122	TDEW	Erase/write cycle time	—	4	8	ms	
<b>Program Flash Memory</b>							
D130	EP	Endurance	10K	100K	—	E/W	$-40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$
D131	VPR	VDD for read	V <sub>MIN</sub>	—	5.5	V	V <sub>MIN</sub> = min. operating voltage
D132A		VDD for erase/write	V <sub>MIN</sub>	—	5.5	V	Using EECON to read/write, V <sub>MIN</sub> = min. operating voltage
D133	TPEW	Erase/Write cycle time	—	4	8	ms	

Fuente: (MicroChip, 2022)

## Diagrama de pines del PIC16F877A

El libro (Bechara, 2014) proporciona un esquema de los pines del PIC16F877A:

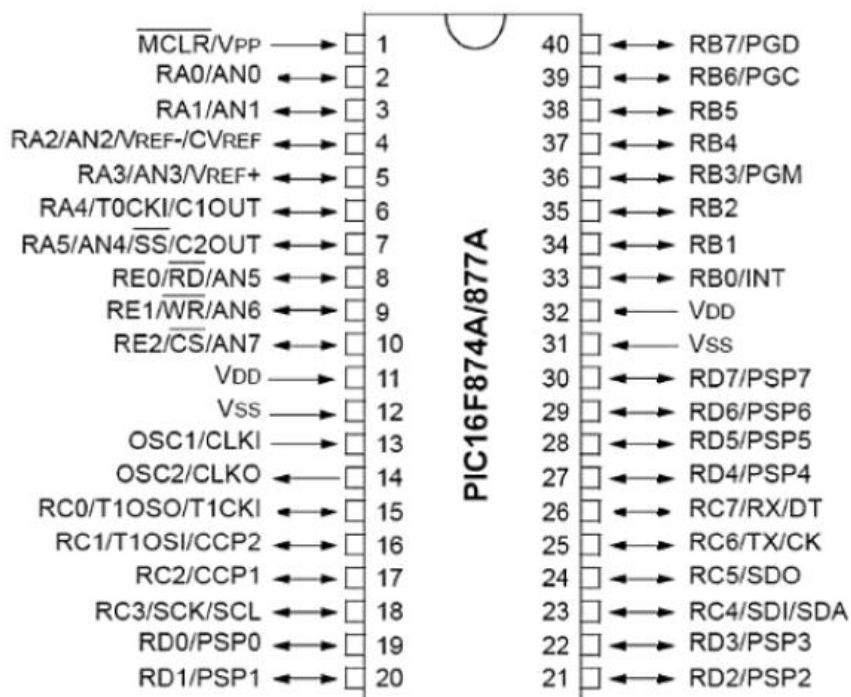


Figura 4.17: Diagrama de pines del PIC16F877A

Fuente: (Bechara, 2014)

## Programación del PIC16F877A

El microcontrolador PIC16F877A se programa mediante el lenguaje ensamblador, la manera más sencilla de poder realizarlo es utilizar el software que la misma empresa fabricante del microcontrolador MicroChip ofrece, el cual se trata de un compilador gratuito llamado MPLAB IDE.

Este software da la facilidad de generar el archivo .HEX para posteriormente grabarlo en el microcontrolador para su uso.

## **CAPITULO 5: METODOLOGIA**

### **Método**

En la investigación se aplicó un método **cuantitativo**, debido a que se buscan resultados orientados a datos numéricos y estadísticos, a través de la comparación de hojas de datos, encuestas realizadas (estadísticas), comparación de precios y simulación.

### **Población y muestra**

#### **Población**

El proyecto se realizó orientado hacia la carrera de ingeniería en electrónica del centro universitario tecnológico (CEUTEC), ya que se busca implementar el sistema propuesto en el laboratorio de electrónica.

Teniendo esto en cuenta, se puede dar una cifra a la población de este proyecto de 7 personas las cuales son los docentes actuales en la carrera de ingeniería en electrónica, que brindan clases respectivas de la carrera y por ende hacen uso de lo que es el laboratorio de electrónica.

Sin embargo, cabe destacar que el sistema propuesto no se limita a solamente a laboratorios universitarios, ya que puede ser implementado en laboratorios de hospitales, cuartos privados, bóvedas de seguridad y otras áreas específicas. Pero para efectos de la investigación se decidió orientarlo a la carrera de electrónica en CEUTEC.

#### **Muestra**

Teniendo en cuenta la población de 7, se procedió a calcular el estimado de la muestra en el software de análisis STATS. Se considero un porcentaje mínimo aceptable de error del 20%, un porcentaje estimado del 50% y el porcentaje de confiabilidad del 90%.

En la siguiente figura se podrá ver los resultados de este cálculo de muestra:



The screenshot shows the 'Sample Size Determination' window in the Decision Analyst STATS 2.0 software. The window title is 'Decision Analyst STATS™ 2.0'. The main heading is 'Sample Size Determination (Sample Size for Population Percentage Estimates)'. The interface is divided into two main sections: 'Inputs' and 'Results'. In the 'Inputs' section, the 'Universe Size' is set to 7, 'Maximum Acceptable Percentage Points of Error' is 20%, 'Estimated Percentage Level' is 50%, and 'Desired Confidence Level' is 90%. The 'Results' section shows 'The Sample Size Should Be...' with the value 5. At the bottom, there are three buttons: 'Calculate', 'Reset', and 'Exit'. The Decision Analyst logo and tagline 'The global leader in analytical research systems' are also visible.

Section	Field	Value
Inputs	Universe Size	7
	Maximum Acceptable Percentage Points of Error	20%
	Estimated Percentage Level	50%
	Desired Confidence Level	90%
Results	The Sample Size Should Be...	5

Figura 5.1: Resultados del cálculo de la muestra en el software STATS

Fuente: Autor

Como se puede observar en la figura 5.1, el valor de la muestra que se debe considerar es de 5.

Por ende, para contemplar el análisis de esta muestra más adelante se verá los resultados de diferentes encuestas aplicadas a 5 o más docentes de la carrera de ingeniería en electrónica.

## **Unidad de análisis y respuesta**

La muestra resultante para la investigación consiste en docentes del área administrativa de la carrera de ingeniería en electrónica de CEUTEC, por lo cual se aplicará la técnica de recolección de datos a través de encuestas en línea, con el fin de conocer el impacto de la implementación de un sistema de seguridad electrónico para limitar el acceso al laboratorio de electrónica y a la vez automatizar el proceso con el uso de una puerta automática corrediza.

Este tipo de muestreo será de manera dirigida ya que se elegirán aquellos docentes del área administrativa de la carrera que puedan proporcionar los datos a través de las encuestas.

Se conocerá los aspectos que estos docentes consideran más importantes a tomar en consideración a la hora de implementar un sistema de seguridad para limitar el acceso con el fin de establecer un nivel de seguridad y confiabilidad aceptable para toda la comunidad de la carrera.

Dichos aspectos irán desde las funcionalidades que este sistema ofrecerá, su precio, la calidad, el consumo eléctrico, el nivel de seguridad, entre otros.

Así de esa manera poder definir un mejor resultado que se acople a la problemática actual de la geolocalización definida para la investigación y poder solventarla.

## **Técnicas e instrumentos aplicados**

### **Encuestas en línea**

Para el proyecto se tomó la decisión de aplicar encuestas en línea a un mínimo de 5 docentes de la carrera de ingeniería en electrónica, lo cual corresponde a la cantidad de la muestra obtenida. El propósito de dichas encuestas fue obtener información relevante para la determinación de ciertos factores al sistema propuesto de este proyecto, más adelante se conocerá el análisis de estos resultados.

### **Observación**

La observación a los eventos sucedidos en la simulación realizada en el software Proteus para el sistema propuesto fue de gran ayuda para lograr determinar ciertos resultados acerca del correcto funcionamiento del sistema y características que este posee. Todo esto se dará a conocer más adelante en el informe, en el apartado de resultados y análisis.

### **Revisión de documentos**

Una de las técnicas para investigación cuantitativa más útil para el proyecto fue la revisión de documentos, ya que se plantea desarrollar un sistema electrónico de bajo consumo y a un bajo costo, por ende, tratándose de un diseño y no un prototipo la mejor manera de determinar estos dos factores es mediante la revisión de documentos, como lo son hojas de datos y precios de productos en el mercado actual.

## Fuentes de información

Según (UDG, 2022) una fuente de información primaria es aquella la cual ha sido dada a conocer por primera vez, sin haber sido alterada o modificada por otro. Son las que componen la colección en una biblioteca, ya sea en formato físico o digital.

(UDG, 2022) también dice que una fuente de información secundaria es aquella que utiliza la información primaria pero ya de manera sintetizada, transcrita o modificada. Brindan un acceso mucho más fácil a la información primaria.

### Clasificación de las fuentes utilizadas en la presente investigación

#### Primarias

##### Fuente #1



Libro: **Arduino, prototipado y programación avanzada**

Autor: Rubén Beiroa Mosquera

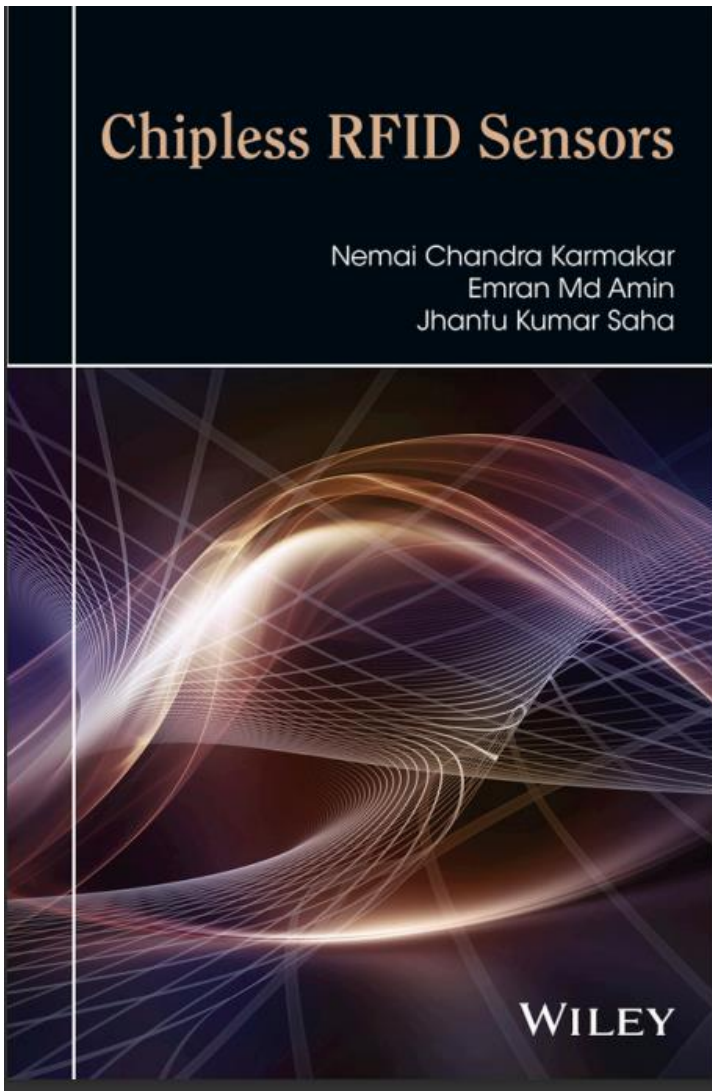
Editorial: Marcombo

Edición: 1ra

Fecha de publicación: 25 noviembre 2018

*Figura 5.2:* Fuente primaria #1

Fuente: (Aprender Arduino, 2018)

**Fuente #2**

Libro: **Chipless RFID Sensor**

Autores: Nemai Chandra Karmakar, Emran Md Amin y Jhantu Kumar Saha

Editorial: Wiley

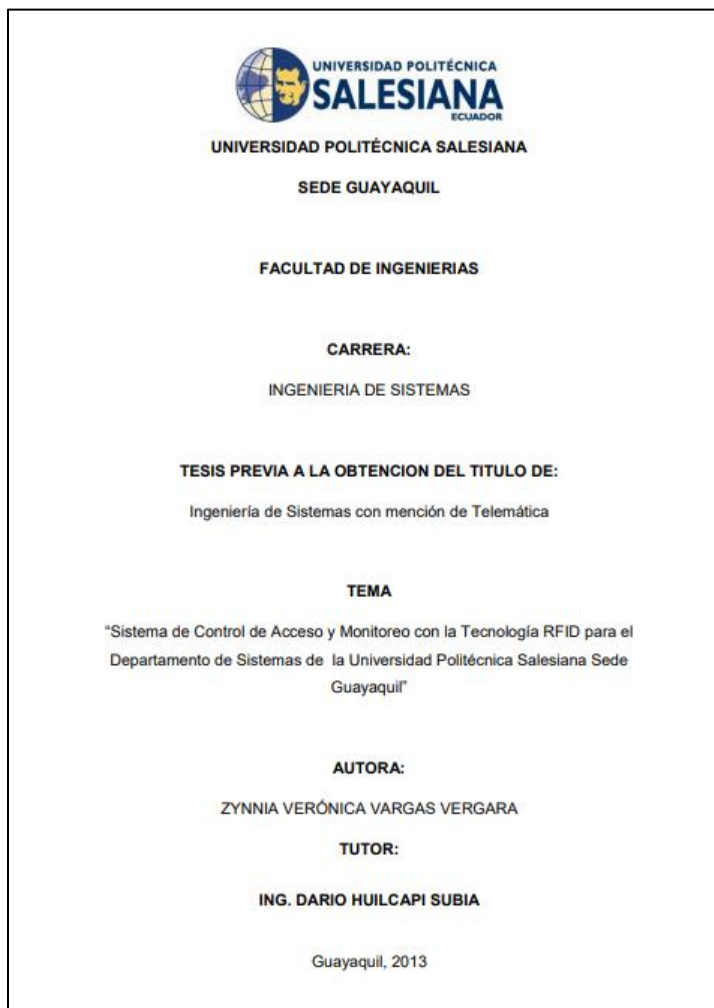
Fecha de publicación: 2016

*Figura 5.3:* Fuente primaria #2

Fuente: (Chipless RFID Sensors)

## Secundarias

### Fuente #1



Tesis de investigación: **Sistema de control de acceso y monitoreo con la tecnología RFID**

Autor: Zynnia Verónica Vargas

Instituto: Universidad Politécnica Salesiana

País: Ecuador

Año: 2013

*Figura 5.4:* Fuente secundaria #1

Fuente: (Veronica, 2015)

**Fuente #2**

Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Facultad de Informática / Informatika Fakultatea

Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz en Android

Autor: David García Monje  
Director: José Miguel Blanco Arbe

Proyecto Fin de Carrera, Junio 2014

Tesis de investigación: **Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz Android**

Autor: David García Monje

Instituto: Universidad del País Vasco

País: España

Año: 2014

*Figura 5.5:* Fuente secundaria #2

Fuente: (Monje, 2014)



## **CAPITULO 6: RESULTADOS Y ANALISIS**

### **Resultados y análisis de las encuestas**

#### **Datos por obtener con las encuestas**

El total de las encuestas aplicadas a diferentes docentes del área administrativa de la carrera fue de 5.

En dichas encuestas se buscó conocer los siguientes aspectos:

- A. Sobre la problemática actual y la necesidad de mejorar la seguridad en el acceso al laboratorio de electrónica por el valor de los bienes materiales u información dentro del mismo.
- B. La aceptación de la implementación de un nuevo sistema de seguridad y los aspectos que esperan ver de este.
- C. La interacción de los docentes y estudiantes con el nuevo sistema de seguridad y a la vez el costo esperado por el mismo.
- D. Y la conveniencia de implementar el sistema propuesto con una puerta automática corrediza para automatizar el proceso de entrada/salida y aumentar la seguridad.

A continuación, se podrán ver las respuestas individuales.

## Respuestas de las encuestas

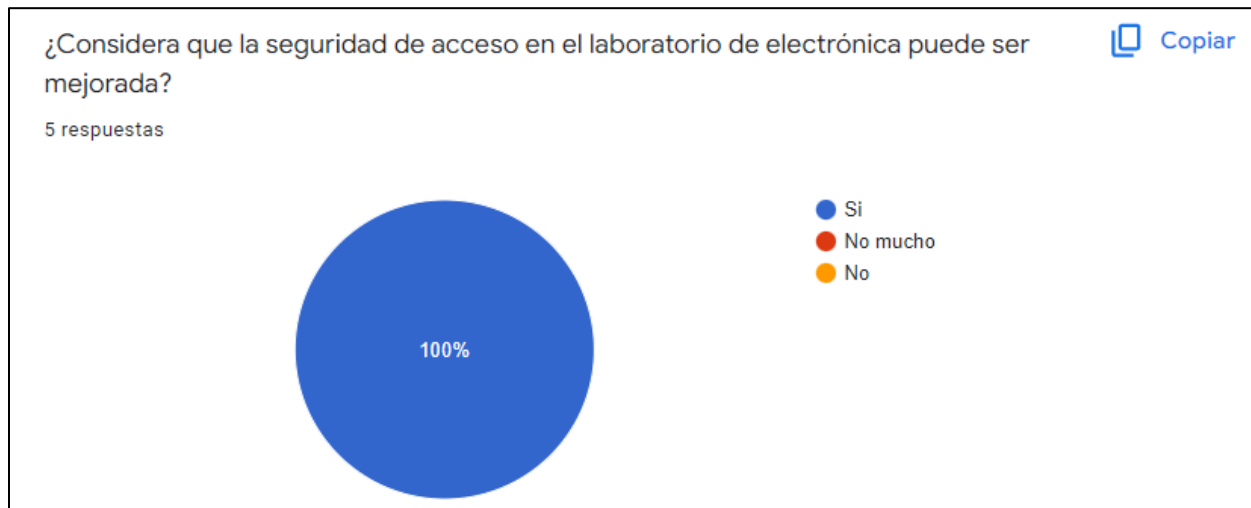


Figura 6.1: Respuesta encuesta, pregunta 1

Fuente: Autor

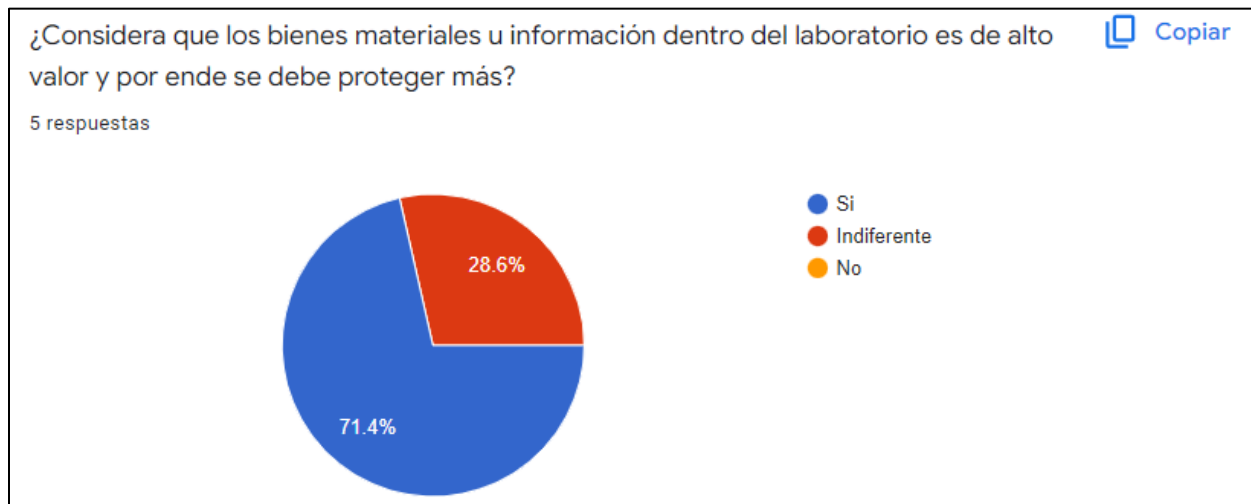


Figura 6.2: Respuesta encuesta, pregunta 2

Fuente: Autor

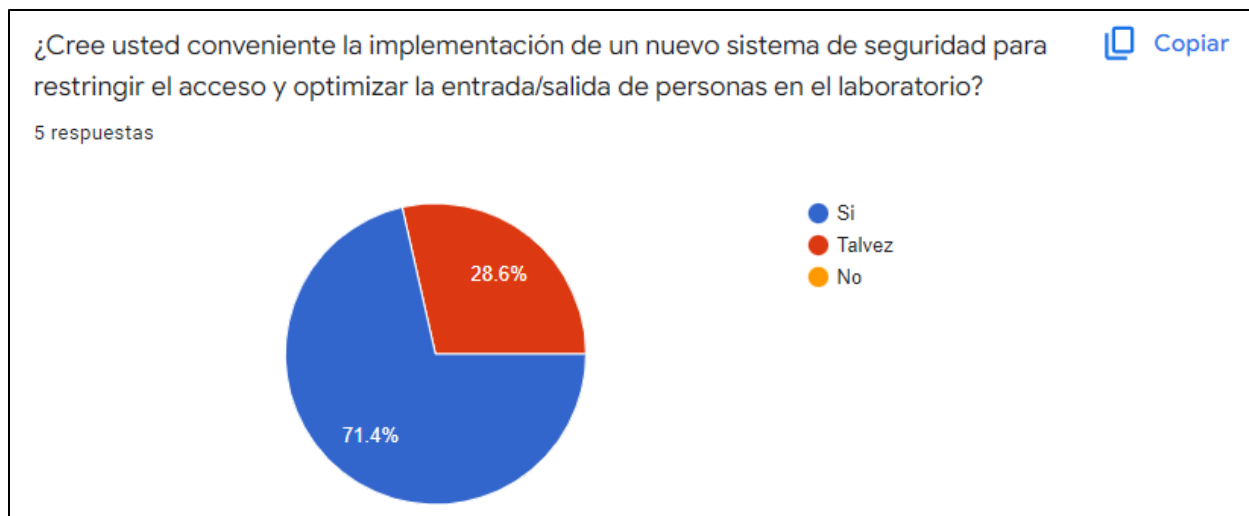


Figura 6.3: Respuesta encuesta, pregunta 3

Fuente: Autor

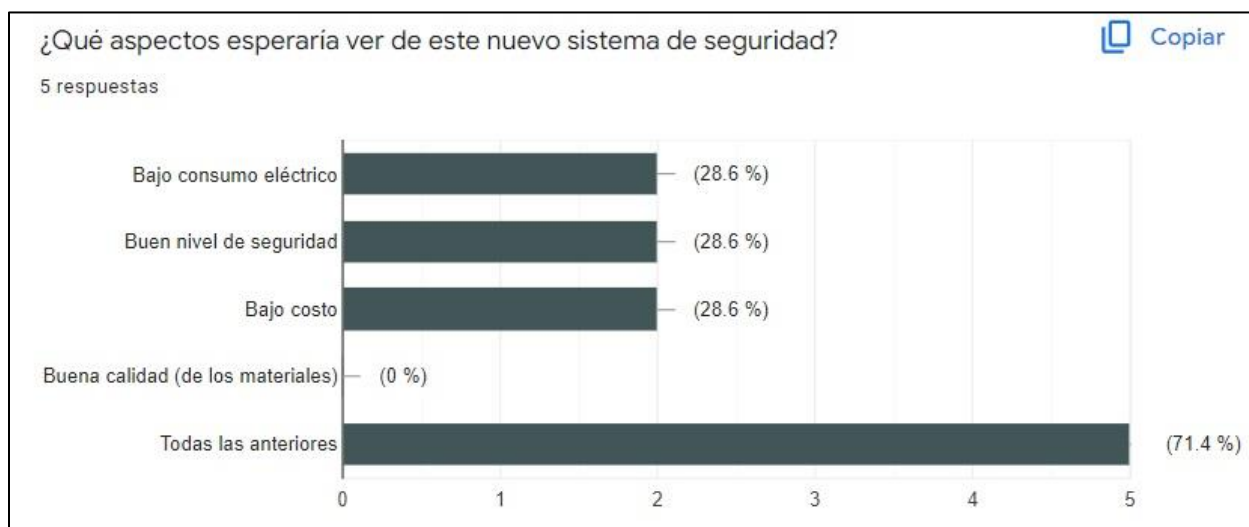


Figura 6.4: Respuesta encuesta, pregunta 4

Fuente: Autor

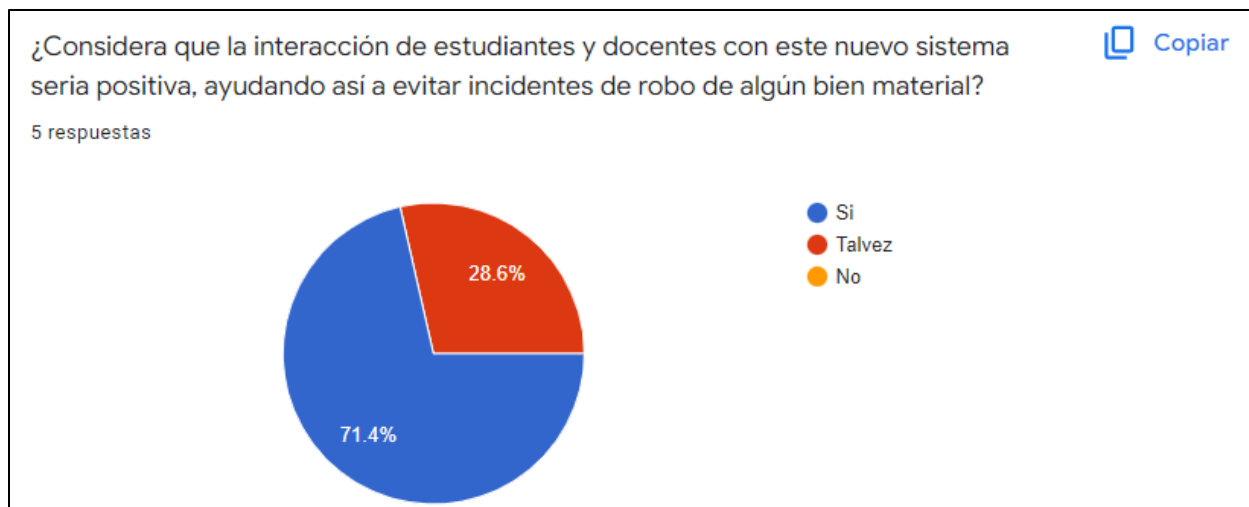


Figura 6.5: Respuesta encuesta, pregunta 5

Fuente: Autor



Figura 6.6: Respuesta encuesta, pregunta 6

Fuente: Autor

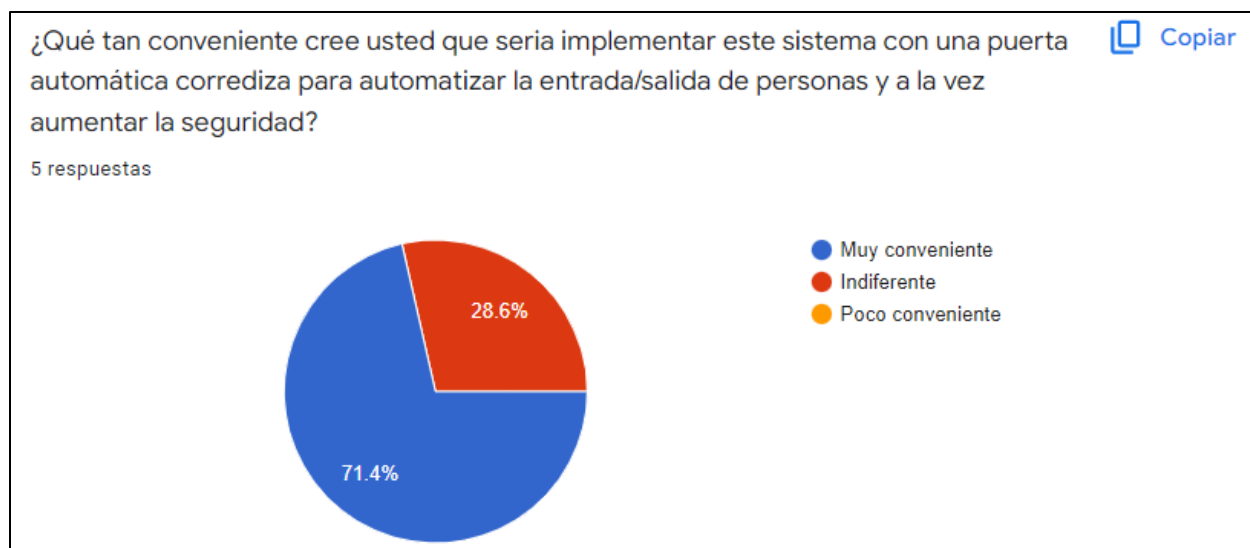


Figura 6.7: Respuesta encuesta, pregunta 7

Fuente: Autor

### **Análisis de los resultados**

Según las encuestas realizadas a los docentes del área administrativa de la carrera de ingeniería electrónica en CEUTEC se realizó un análisis para obtener los siguientes resultados:

- A. La mayoría de los docentes están de acuerdo que la seguridad actual en el laboratorio de electrónica puede ser mejorada para proteger bienes materiales u información valiosa.
- B. Se concuerda también en que dicho sistema de seguridad debe poseer buenas características en términos de bajo consumo, bajo costo económico, un buen nivel de seguridad y buena calidad de los materiales implementados.
- C. Los docentes consideran que la interacción de ellos y los estudiantes con el nuevo sistema será positivo y ayudará a prevenir cualquier tipo de incidente en de robo u hurto.
- D. También se concuerda en que implementar el sistema mencionado en conjunto con una puerta automática corrediza ayudara no solo a automatizar la entrada/salida de personas sino también al nivel de seguridad.

## Diseño del circuito de seguridad con Arduino Uno y análisis de la simulación en el software Proteus

### Diseño del circuito

Para la presente investigación se planteó el desarrollo de una simulación del sistema de seguridad electrónico para limitar al acceso en el software Proteus el cual es un simulador de circuitos electrónicos. En la siguiente imagen se conoce cuál es el diseño resultante y sus partes:

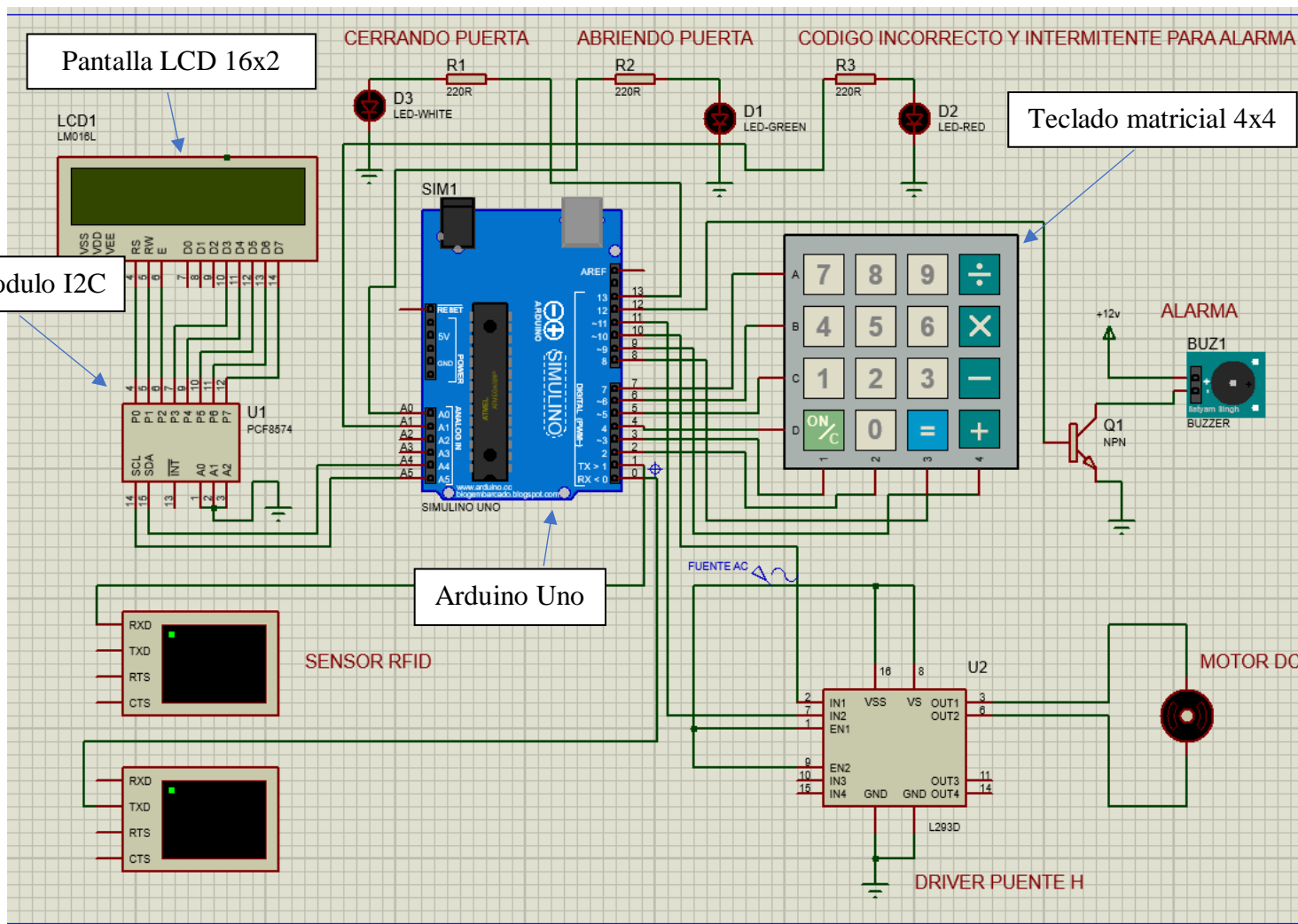


Figura 6.8: Diseño del circuito electrónico

## Diagramas de control y fuerza

### Fuerza

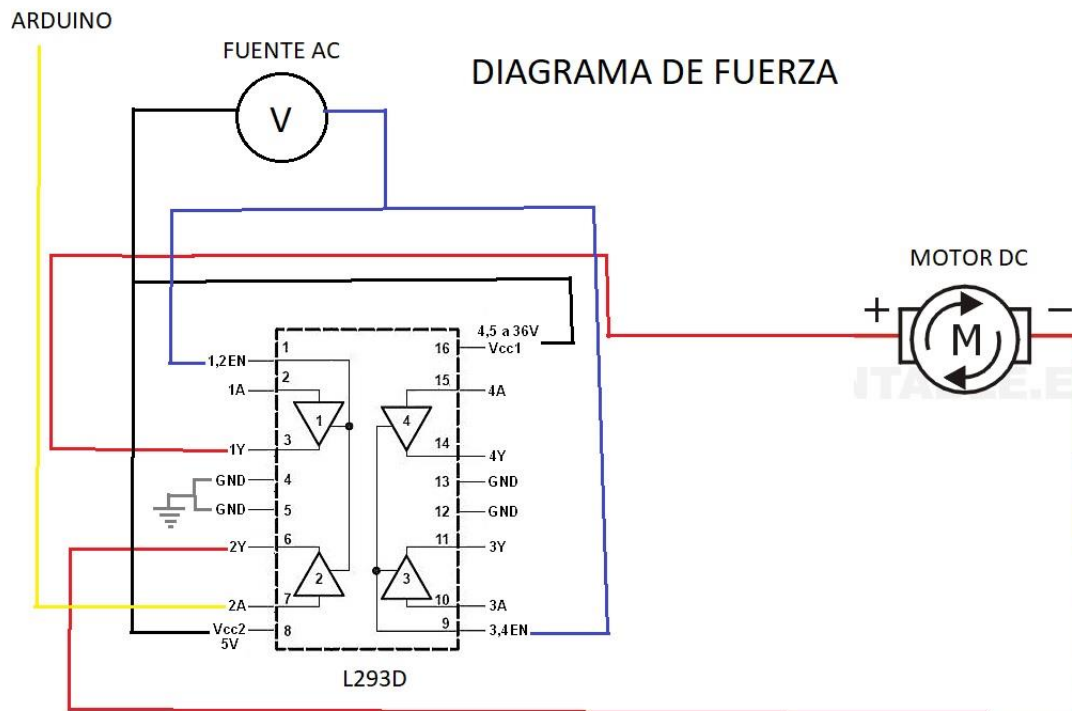


Figura 6.9: Diagrama de fuerza

Fuente: Autor

Se puede observar que el diagrama de fuerza para el circuito del sistema de seguridad propuesto hace referencia a la parte de la puerta automática corrediza, ya que el motor DC será el encargado de abrir y cerrar esta.

Control

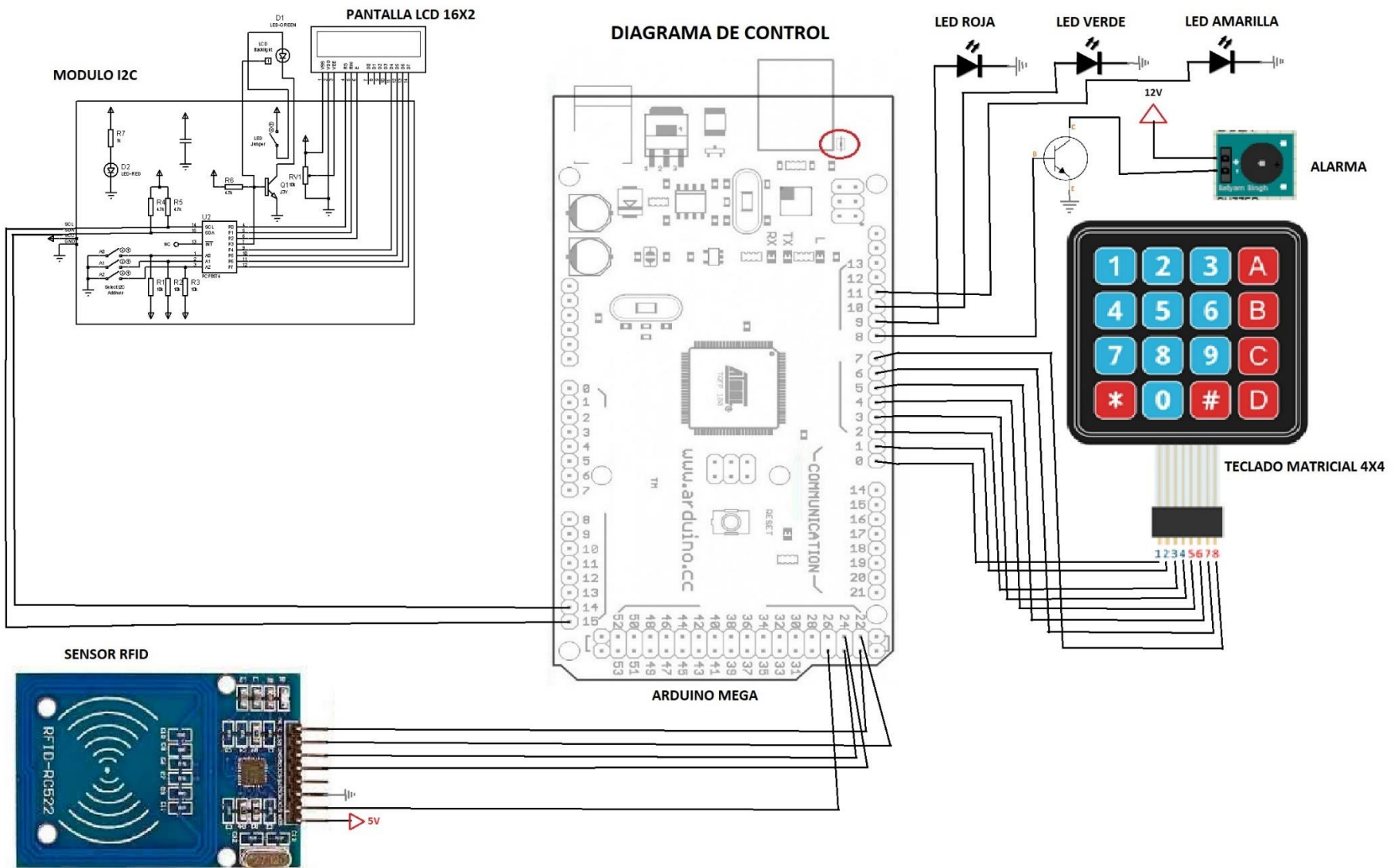


Figura 6.10: Diagrama de control

Fuente: Autor

Diagrama de conexiones

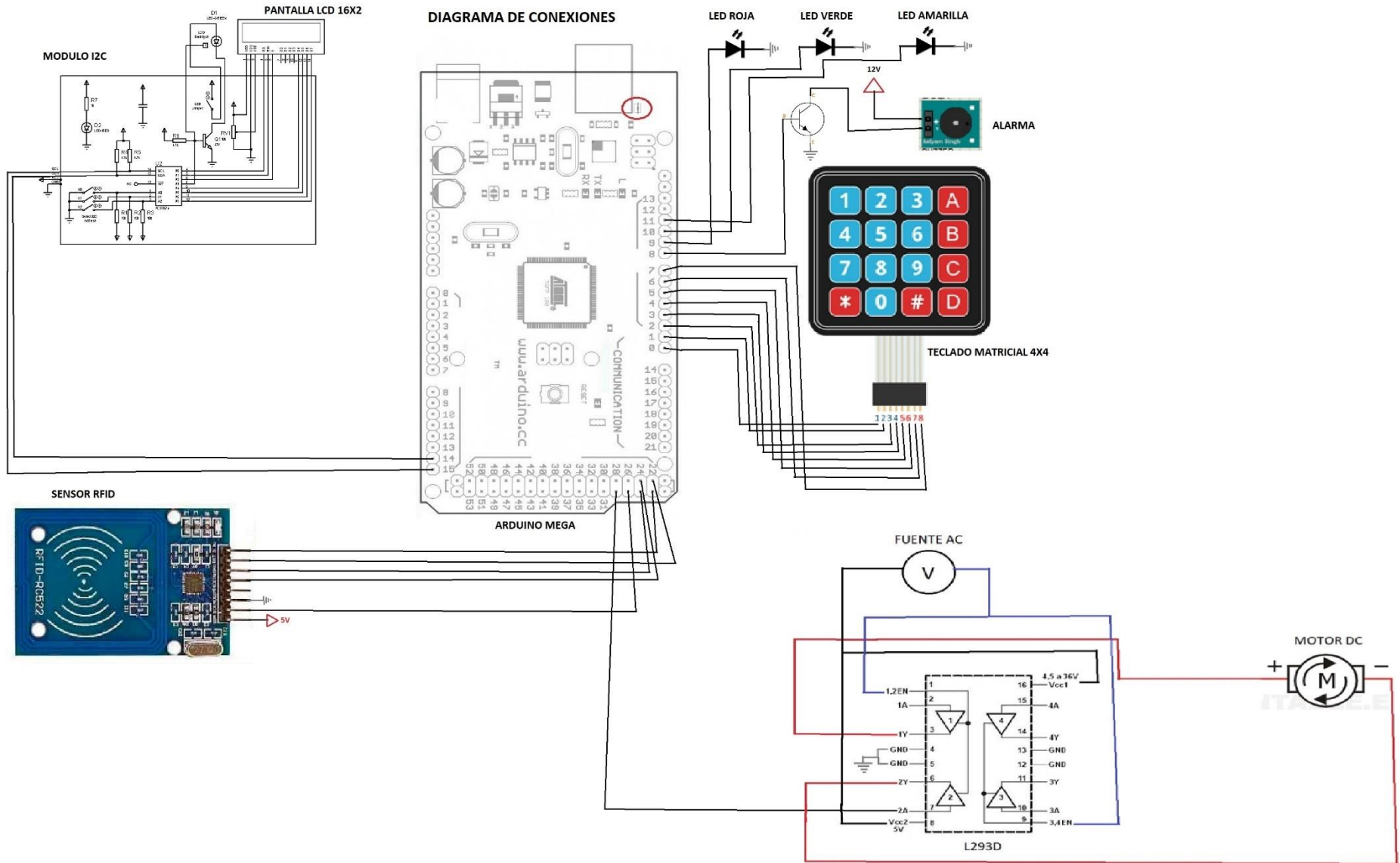


Figura 6.11: Diagrama de conexiones

Fuente: Autor

## Funcionamiento del circuito en proteus

El procedimiento para el funcionamiento del circuito mostrado anteriormente es el siguiente:

1. Se inicializa el sistema y la pantalla LCD mostrará un mensaje inicial de “Digite su clave” y se deberá ingresar la clave correspondiente en el teclado matricial. Ver la siguiente imagen.

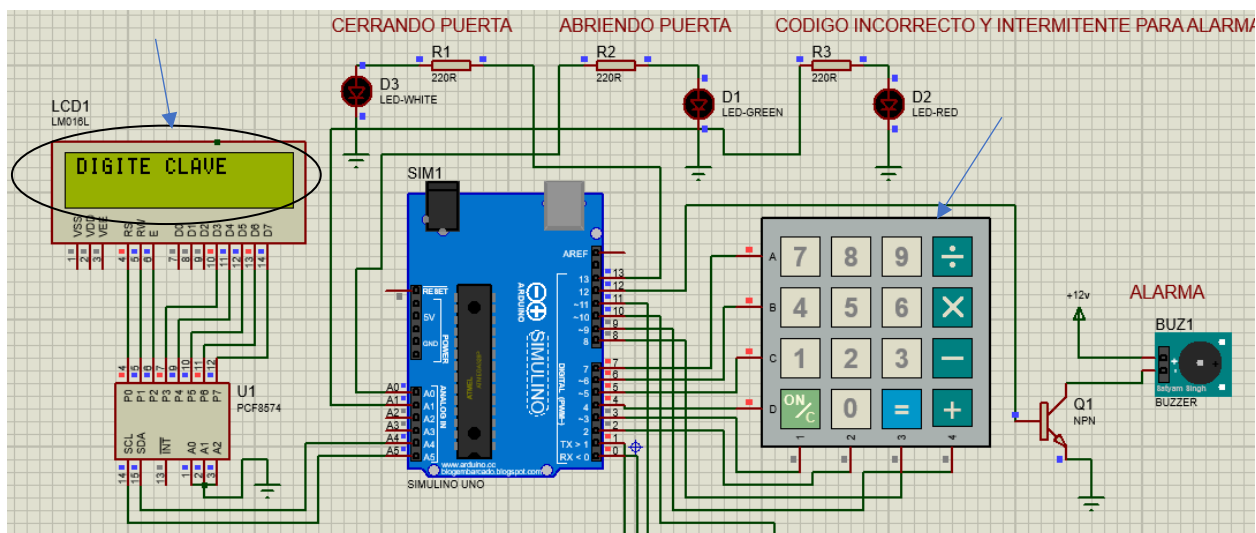


Figura 6.12: Paso 1 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

2. Una vez digitada la clave de manera correcta, el sistema procederá a mostrar un mensaje de que la clave fue aceptada y se comenzara a abrir la puerta automática controlada por el motor DC y posteriormente a cerrarla también. Ver las próximas imágenes.

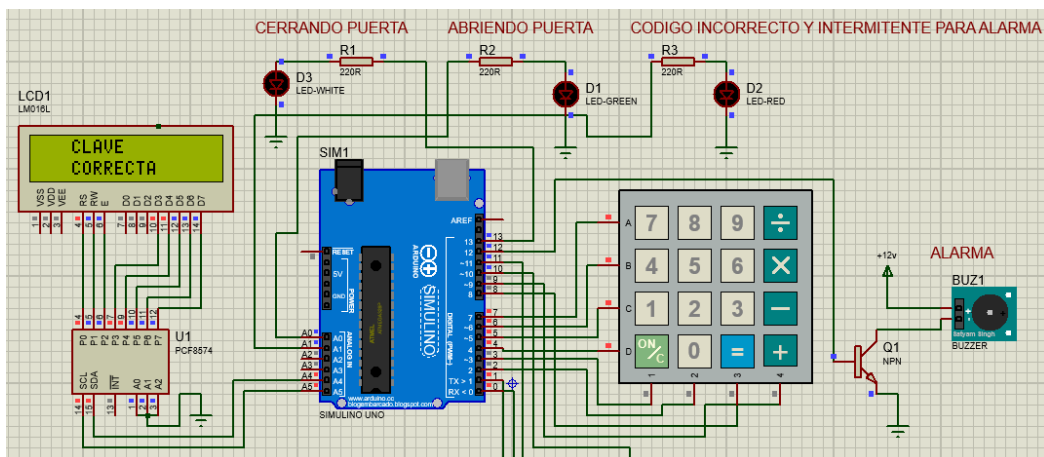


Figura 6.13: Paso 2.1 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

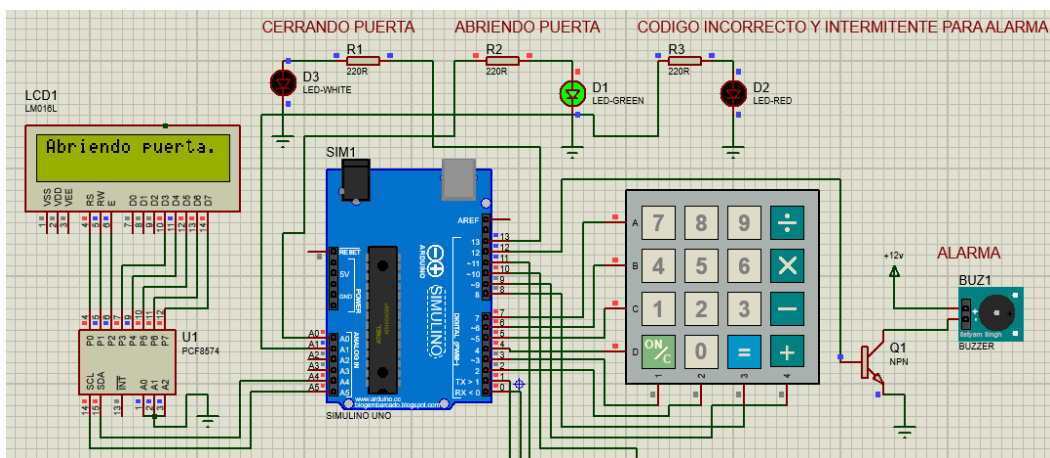


Figura 6.14: Paso 2.2 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

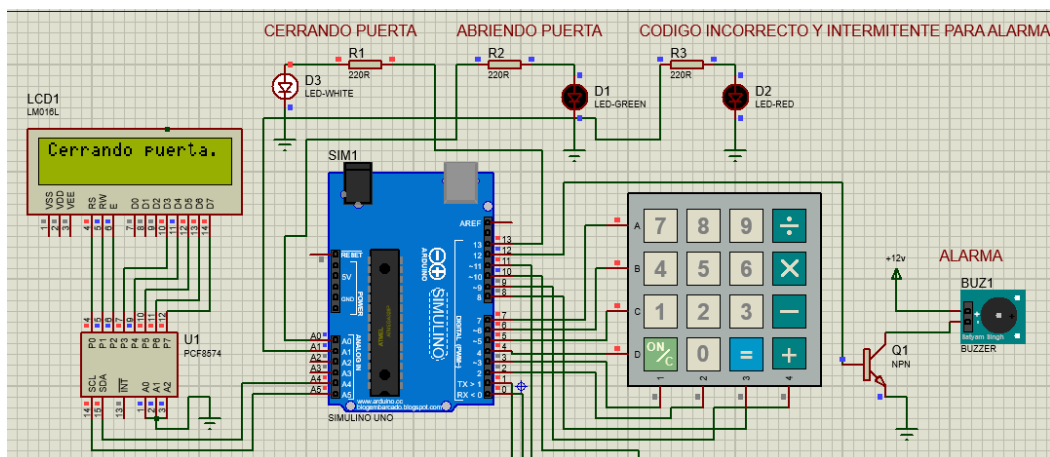


Figura 6.15: Paso 2.3 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

- Ahora, en el caso contrario que la contraseña digitada sea errónea se mostrara un mensaje de alerta y a la vez la alarma realizara un sonido intermitente corto, el mensaje de alerta dará a entender que la contraseña esta errónea y a la vez mostrara cuantos intentos quedan disponibles (solo se permiten 3 intentos erróneos). Ver la siguiente imagen.

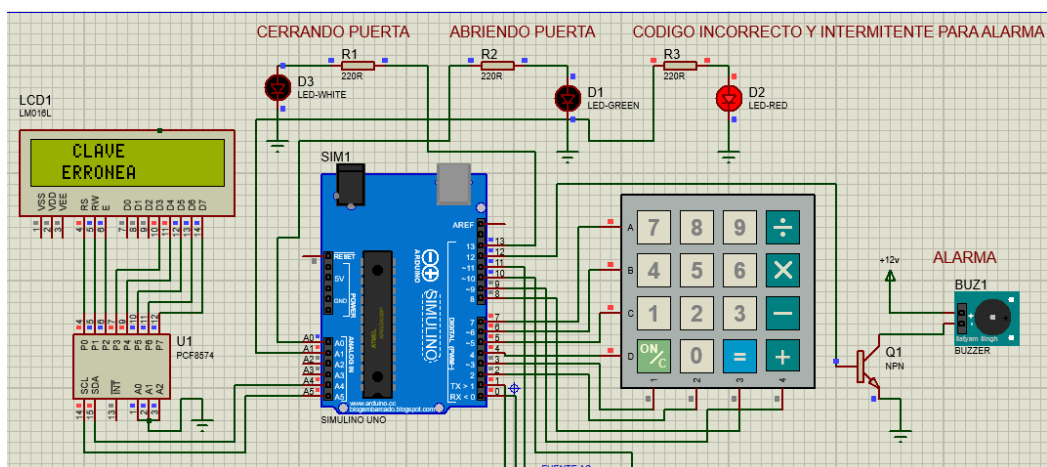


Figura 6.16: Paso 3.1 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

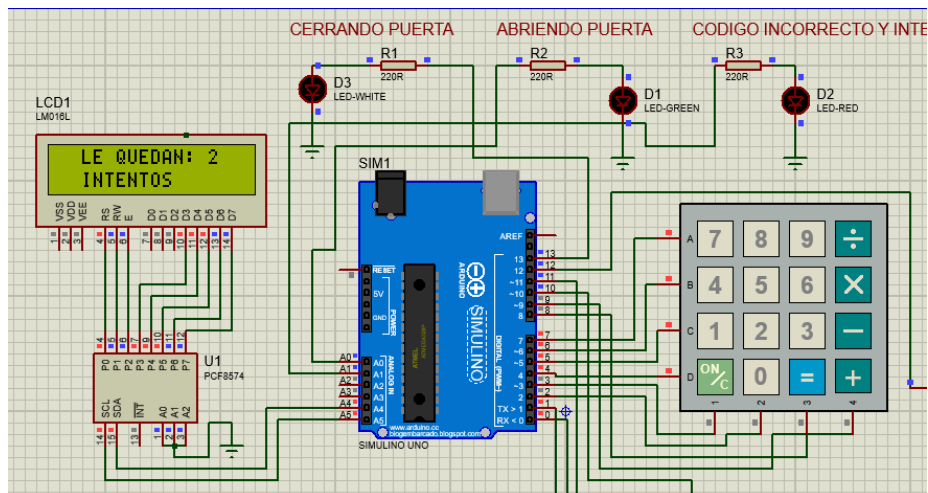


Figura 6.17: Paso 3.2 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

- Una vez se alcanzan los 3 intentos límites el sistema pasará a un modo de bloqueo el cual solamente se podrá desactivar con una tarjeta permitida en el sensor RFID. Este modo de bloqueo no permitirá más intentos de acceder y posteriormente la alarma estará activa continuamente hasta que se desactive el modo. Ver las imágenes.

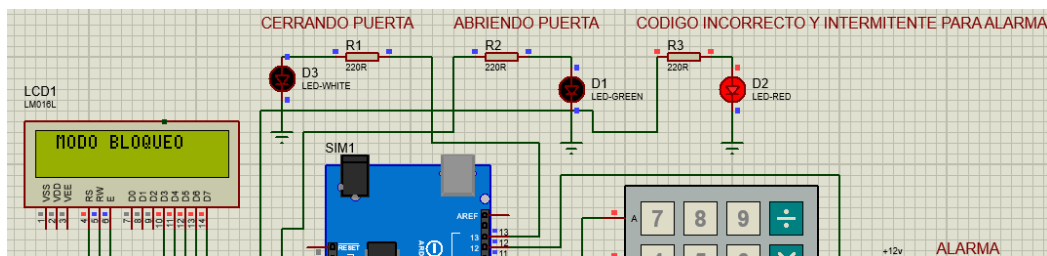


Figura 6.18: Paso 4.1 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

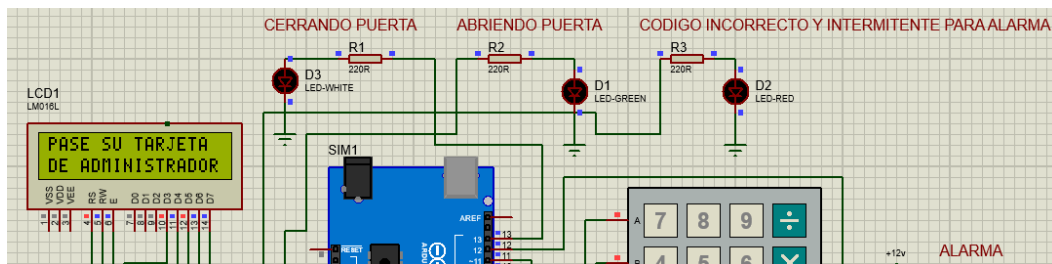


Figura 6.19: Paso 4.2 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

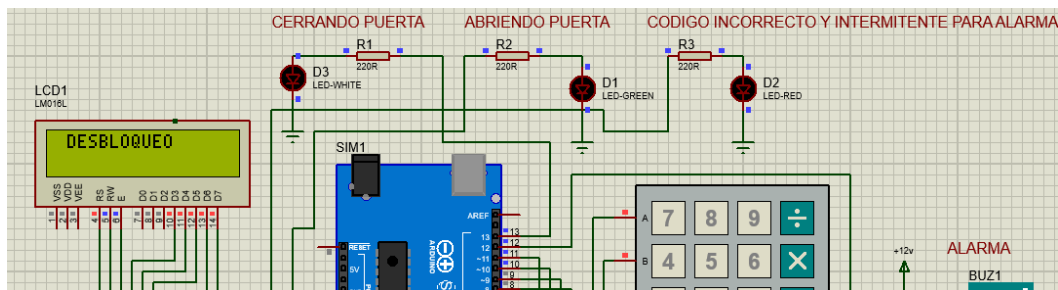


Figura 6.20: Paso 4.3 del funcionamiento del circuito

Fuente: Autor

### Código de Arduino Uno

A continuación, se detallarán ciertas partes fundamentales del código utilizado en la placa de desarrollo Arduino uno para el circuito mostrado anteriormente. Si se desea ver el código completo se puede encontrar en la parte de anexos.

### Lectura de los datos en el teclado matricial 4x4

Para lograr la lectura de los datos digitados en el teclado matricial se utiliza una función IF para detectar cuando se está oprimiendo una tecla y posteriormente se van almacenando en variables secuencialmente. Como se puede observar en el siguiente tramo de código:

```

if(!TECLA) {
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("DIGITE CLAVE");
}

if (TECLA) {
  lcd.setCursor(5+var,1);
  lcd.print(TECLA),lcd.setCursor(5+var,1),lcd.print(f);//imprimimos el caracter en el lcd
  digitalWrite(12,HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(12,LOW);
  TECLA = TECLA - 48; //CONVERSIÓN DE CHAR A ENTEROS -48 SEGUN EL CÓDIGO ASCII.
  var++; //El var se incrementa para los casos 1, 2, 3 y 4.

  switch(var) {
    case 1:
      a=TECLA; //almacenamos primer dígito para la contraseña que seria el 1
      break;
    case 2:
      b=TECLA; //almacenamos segundo dígito para la contraseña que seria el 2
      break;
    case 3:
      c=TECLA; //almacenamos tercer dígito para la contraseña que seria el 3
      break;
    case 4:
      d=TECLA; //almacenamos cuarto dígito para la contraseña que seria el 4
      delay(100);
  }
}

```

Figura 6.21: Código Arduino uno, lectura de datos en teclado matricial

Fuente: Autor

## Modo de bloqueo con sensor RFID

Para lograr el modo de bloqueo se incorpora un sensor RFID, se hará lectura de una tarjeta única la cual poseerá un personal administrativo de seguridad. En el caso de esta simulación en proteus no se utilizó la programación como tal de un sensor RFID ya montado en físico, ya que el elemento RFID no se encuentra disponible entre las librerías del software Proteus, por ende, se buscó replicar su funcionamiento mediante los datos en los monitores seriales de escritura y lectura, se introduce un código el cual vendría a ser de la tarjeta y el serial de lectura lo compara haciendo la función del sensor RFID.

Ya dentro del código esto se realiza mediante un While el cual está pendiente de que los monitores seriales estén activos y posteriormente un IF para realizar la comparación del código escrito y el registrado en la programación como código admitido.

Se puede ver en el siguiente tramo de código:

```
while (Serial.available() > 0)
{
  lector = Serial.read();
  conteo++;
  codigo_desbloqueo_registrado += lector;
  if (conteo == 12)
  {
    Serial.println(codigo_desbloqueo_registrado);

    if (codigo_desbloqueo_registrado == "AX214B9DS34F")
    {
      veces = 0;
      aviso = 3;
      lcd.clear();
      digitalWrite(12, LOW);
      lcd.setCursor(1, 0);
      lcd.print("DESBLOQUEO");
      digitalWrite(A1, LOW);
      delay(1000);
      lcd.clear();
    }
  }
}
```

Figura 6.22: Código Arduino uno, modo bloqueo con sensor RFID

Fuente: Autor

## **Consumo eléctrico del circuito electrónico**

### **Sistema de seguridad para acceso con la placa de Arduino Uno**

Para la determinación de la potencia consumida por cada elemento se hizo uso de los datos característicos encontrados en las hojas de datos, ya que el propósito del proyecto no es realizar un prototipo, ya que en de haber sido ese caso, la mejor opción será realizar una medición con tester para verificar el consumo real de cada dispositivo.

#### **Placa de Arduino uno**

La placa Arduino Uno, consume 46mA y se debe alimentar con fuente externa entre un rango de 7 a 12V para tener 5V estables en sus salidas, se considera 7V. Por ende, la potencia sería  $P = VI$ , dando un valor de 322mW o 0.322W.

El consumo al día sería la potencia por el tiempo de uso, en este caso al ser un sistema de seguridad debe estar activo las 24 horas del día, por ende, el consumo en kilowatt por hora será de **0.007728kwh ~ 0.01kWh**.

#### **Teclado matricial 4x4 tipo membrana**

El teclado matricial 4x4 tipo membrana consume una corriente de 40mA máxima, sin embargo, los pines digitales de la placa de Arduino Uno solo proporcionan una corriente DC de 30mA y un voltaje de 5V. Por ende, su potencia consumida será de 0.15W y en kilowatt por hora considerando siempre las 24 horas por día, el consumo será de **0.0036kwh ~ 0.004kWh**.

#### **Pantalla LCD 16x2**

La pantalla LCD 16x2 se alimenta con 5V y una corriente de 25mA, por ende, su potencia es de 0.125W, su consumo en kilowatt por hora (24 horas) es de **0.003kWh**.

#### **Modulo RFID**

El módulo RFID se alimenta con 3.3V y un consumo de corriente de 19mA, su potencia será de 0.0627W, su consumo en kilowatt por hora (24 horas) es de **0.0015kWh**.

### **Luces LED y alarma**

Para el consumo de las luces led se considerarán dos luces, una roja y una amarilla, de las cuales se tendrá un consumo total de 11.64mW. Su consumo en kilowatt por hora variaría ya que estas no estarán activas constantemente, solo se activarán en casos de apertura y cierre de la puerta y en el modo de bloqueo, por ende, se estimará hipotéticamente un uso total de 3 horas en un día, y su consumo será de **0.000035kWh**.

Para la alarma se considerará una del tipo buzzer para poder utilizarse con Arduino Uno.

El cual opera con 5V y consume 30mA, su potencia es de 0.15W y se tiene el mismo caso de los indicadores led, ya que esta alarma no estará activa las 24 horas del día, solamente en el modo de bloqueo, por ende, se estimará hipotéticamente un uso total de media hora en un día, su consumo será de **0.000075kWh**.

### **Driver puente H y motor DC**

En el caso del consumo del circuito electrónico no se tomará en consideración algún controlador para el motor DC de la puerta, ya que este dependerá del tipo de puerta automática corrediza según su fabricante, algo que quedara a criterio de las personas, ya que cada puerta automática corrediza variaría según su material y el fabricante indicara que tipo de motor es el ideal para la misma.

En adición también las puertas automáticas corredizas en el mercado ya cuentan con su controlador para motor, por ende, sería algo de evaluar una vez montado el sistema en físico. Recordando que el objetivo del proyecto no está enfocado a diseñar la puerta automática corrediza, sin embargo, se busca que el sistema controle la puerta, es decir, poderse adaptar a la misma, más adelante se verá como sería este control.

### Consumo total y costo

Una vez conociendo el consumo individual de cada elemento en el circuito electrónico del sistema de seguridad con la placa Arduino se pueden resumir los resultados del consumo en la siguiente tabla:

Tabla 6.1

*Resultado final del consumo eléctrico con la placa Arduino Uno*

Consumo total	Al día	Al mes (30 días)	Al año
0.019kWh	0.019kWh	0.57kWh	6.84kWh

Para determinar el costo por el consumo eléctrico se utiliza la tarifa actual por la empresa energía honduras (EEH), la cual tiene un cobro de L. 4.64 por kWh (en los primeros 50kWh).

En base a esto el costo del circuito electrónico sería el siguiente:

Al mes (0.57 x 4.64): L. 2.64

Al año (6.84 x 4.64): L. 31.74

Por ende, se puede concluir que el consumo eléctrico de este circuito electrónico con la placa de desarrollo Arduino Uno es mínimo.

### **Sistema de seguridad para acceso con el PIC16F877A (versión para el mercado)**

Una vez conociendo el consumo eléctrico y costo para el circuito electrónico con Arduino Uno presentado en la simulación, se procede también a calcular el consumo eléctrico y costo implementando el microcontrolador PIC16F877A, ya que este microcontrolador vendrá a sustituir en este caso la placa de desarrollo Arduino Uno.

Se considera esta versión de circuito electrónico enfocado para un futuro lanzamiento en el mercado actual, ya que la placa de desarrollo Arduino uno no es la mejor opción para dejar en circuito fijo, por múltiples razones, entre ellas el espacio que ocupa, su consumo y principalmente el costo (el cual veremos más adelante).

### **Microcontrolador PIC16F877A**

Este microcontrolador tiene un consumo eléctrico mucho menor a la placa de Arduino Uno y siendo capaz de suministrar el voltaje necesario en sus salidas para los demás elementos conocidos anteriormente.

Su voltaje de operación mínimo es de los 2V y puede soportar hasta 5.5V, para asegurar una salida estable de voltaje en sus salidas se utilizarán 5V, y su consumo de corriente es de 220uA, por ende, su potencia es 0.0011W y en kilowatt por hora (24 horas) será **0.0000264kWh**.

### **Consumo total y costo**

El consumo total de este circuito con el cambio hecho de sustituir la placa Arduino Uno por el microcontrolador PIC16F877A es el siguiente:

Tabla 6.2

*Consumo eléctrico circuito eléctrico para el mercado con el PIC16F877A*

<b>Consumo total</b>	<b>Al día</b>	<b>Al mes (30 días)</b>	<b>Al año</b>
0.0086kWh	0.0086kWh	0.26kWh	3.12kWh

Como se puede ver, implementando el microcontrolador PIC16F877A el consumo eléctrico se reduce casi en un 50% a lo que se tenía anteriormente con la placa Arduino Uno.

El costo sería el siguiente:

Al mes ( $0.26 \times 4.64$ ): L. 1.21

Al año ( $3.12 \times 4.64$ ): L. 14.48

De igual manera se reduce el costo eléctrico en un 50% aproximadamente.

Lo cual es algo positivo de concluir, ya que el circuito electrónico con Arduino Uno es para fines educativos de la investigación, pero en el caso de avanzar y llevar el sistema a un nivel de prototipo y mostrarlo al mercado, se buscará una opción más económica.

Mas adelante se verán los resultados respecto a los precios de los elementos también.

## **Implementación con una puerta automática corrediza**

La implementación de una puerta automática corrediza con el sistema electrónico de seguridad mostrado anteriormente se puede realizar mediante el control del motor y sensores de la puerta en sí.

Sin embargo, el tipo de puerta y su material influirán en el costo, en la investigación se planteará el caso con un tipo de puerta automática corrediza de una sola hoja de la empresa SEG de argentina.

### **Puerta automática corrediza de una sola hoja 2,20m de la empresa SEG international**

La puerta automática SLIDER BLDC 2,20m de 1 hoja que ofrece la empresa argentina SEG International, es una excelente opción para considerar, ya que brinda los elementos esenciales para la implementación en el laboratorio de electrónica de CEUTEC.

En la siguiente figura se puede apreciar su diseño:



*Figura 6.23:* Modelo de la puerta automática corrediza de SEG

Fuente: (International, 2022)

Entre sus características se pueden mencionar las siguientes:

1. Aplicación: Comercial/industrial
2. Voltaje: 127v/220v – 50hz/60hz
3. Ciclos: Continuos
4. Peso máx: 120kg (1 hoja) / 200kg (2 hojas)
5. Accionamiento: 2.20/3.30/4.40/6.60m
6. Material: Vidrio
7. Rail: Aluminio
8. Motor: DC24V, 55W Brushless motor
9. Flujo: Alto

La puerta cuenta ya con sensores de proximidad y movimiento incorporados, por ende, para lograr un control de esta puerta con el sistema electrónico propuesto anteriormente se deberían conectar los sensores con el Arduino Uno o microcontrolador utilizado y a la vez algún tipo de relé y controlador puente H para controlar el motor DC.

De esta manera el Arduino Uno o microcontrolador podrá tener control de los sensores para que la puerta no se cierre mientras detecte presencia de una persona en el tramo de la pasada, y a la vez controlar el motor DC en todo este proceso, así como se mostró en la simulación con el software proteus.

## Rentabilidad económica

### Costo del sistema de seguridad electrónico con Arduino Uno

Costos por cada uno de los elementos del circuito electrónico:

Tabla 6.3

*Costos de los elementos en el circuito electrónico con Arduino Uno*

<b>Elemento</b>	<b>Costo</b>
Placa Arduino uno	L. 1,048.34
Teclado matricial 4x4 tipo membrana	L. 170.66
Pantalla LCD 16x2 con modulo I2C	L. 219.42
Modulo RFID con tarjeta	L. 292.56
Buzzer pasivo (alarma)	L. 73.14
2 LED Indicadores	L. 10.00
Baquelita PCB (para ensamblar el circuito)	L. 195.04
Carcasa (plástico)	L. 300.00
Mano de obra (por ensamblar el circuito en el PCB)	L. 500.00
<b>Total</b>	L. 2,809.16

Datos consultados en C&D Tecnología de Honduras

## Sistema de seguridad electrónico alternativo para el mercado con el PIC16F877A

Tabla 6.4

*Costos de los elementos en el circuito electrónico con PIC16F877A*

<b>Elemento</b>	<b>Costo</b>
PIC16F877A (más envío a honduras)	L. 82.49
Teclado matricial 4x4 tipo membrana	L. 170.66
Pantalla LCD 16x2 con modulo I2C	L. 219.42
Modulo RFID con tarjeta	L. 292.56
Buzzer pasivo (alarma)	L. 73.14
2 LED Indicadores	L. 10.00
Baquelita PCB (para ensamblar el circuito)	L. 195.04
Carcasa (plástico)	L. 300.00
Mano de obra (por ensamblar el circuito en el PCB)	L. 500.00
<b>Total</b>	L. 1,843.31

Datos consultados en C&D Tecnología de Honduras a excepción del PIC16F877A el cual se consultó en AliExpress.

### **Comparación y análisis con los sistemas actuales del mercado**

Para una comparación con el mercado actual, se utilizará la versión del circuito electrónico implementando el PIC16F877A, para esta ocasión se seleccionó 3 productos entre dos páginas internacionales de compra, los cuales hacen referencia a un sistema de seguridad para puerta con el fin de restringir el acceso.

En cada uno de los casos se hará énfasis en los pros y contra en la comparativa de ambos sistemas electrónicos, para obtener una conclusión clara de porque el sistema propuesto en esta investigación es o no más rentable económicamente y en funcionalidades de seguridad.

**Caso #1****HFeng Kit completo sistema de control de acceso de puerta**

Es un sistema de seguridad para el control de acceso publicado en la página de Amazon, para ver el producto ir al apartado de anexos. A continuación, se muestra una comparación entre las características más importantes del sistema encontrado y el propuesto en esta investigación:

Tabla 6.5

*Caso #1 comparativa entre producto del mercado y el propuesto*

<b>Característica</b>	<b>Sistema del mercado</b>	<b>Sistema propuesto en esta investigación</b>
Capacidad de bastantes usuarios	Si	Si
Compatible con tarjeta RFID	Si	Si
Teclado para contraseña	Si	Si
Retroiluminación	Si	No
Leds indicadores	Si	Si
Material de la carcasa	Zinc	Plástico
Cierre magnético eléctrico	Si	No
Pantalla visual (LCD)	No	Si
interfaz WG26/34	Si	No
Alimentación	12V	5V
Consumo eléctrico al día	0,86kWh	0.0086kWh
Pago de energía al mes en honduras (tarifa EEH)	L. 119.71	L. 1.21
Precio	L. 1,462.80	L. 1,843.31

Teniendo en cuenta la comparativa anterior se puede concluir que el sistema propuesto en esta investigación no cuenta con ciertos soportes y algunas funcionalidades extras al del encontrado en el mercado, sin embargo, el consumo eléctrico afecta negativamente la rentabilidad económica del sistema del mercado en comparación al propuesto en esta investigación.

En adición, el sistema propuesto a pesar de no contar con ciertos soportes extra brinda un nivel de seguridad igual de bueno al sistema del mercado, contando con método de contraseña y un modo de bloqueo con sensor RFID.

## **Caso #2**

### **Software y SDK Sistema de control de acceso biométrico con escáner de pulgar biométrico basado en la Web**

El siguiente sistema de seguridad para el acceso fue encontrado en la página web de Alibaba, para ver el producto ir al apartado de anexos.

A continuación, se vera la comparativa de características:

Tabla 6.6

*Caso #2 comparativa entre producto del mercado y el propuesto*

<b>Característica</b>	<b>Sistema del mercado</b>	<b>Sistema propuesto en esta investigación</b>
Sensor de huella	Si	No
Sensor RFID	No	Si
Teclado numérico	Si	Si
Alarma	Si	Si
Pantalla LCD	Si	Si
Conexión web	Si	No
Alimentación	12V	5V
Consumo eléctrico	Alto	Bajo
Precio	L. 1,755.36	L. 1,843.31

Como se puede notar, el sistema encontrado en el mercado cuenta con una funcionalidad extra de servidor web para registrar un historial de acceso, sin embargo, su consumo eléctrico es mayor así mismo su precio de venta.

Si lo que se busca es un nivel de seguridad aceptable para restringir el acceso la mejor opción sería el sistema propuesto en esta investigación, pero cabe destacar que la facilidad de contar con un control remoto mediante un servidor ayuda mucho también, todo dependerá según la necesidad del usuario ya que también se debería considerar el precio en el recibo de energía.

Caso #3

### **Controlador de acceso de puerta doble TCP/IP**

El siguiente sistema de acceso se encontró igualmente en la página web de Alibaba, para ver el producto ir al apartado de anexos. A continuación, se vera la comparativa:

Tabla 6.7

*Caso #3 comparativa entre producto del mercado y el propuesto*

<b>Característica</b>	<b>Sistema del mercado</b>	<b>Sistema propuesto en esta investigación</b>
Sensor huella	Si	No
Teclado numérico	Si	Si
Sensor RFID	Si	Si
Pantalla táctil	Si	No
Pantalla LCD	No	Si
Control remoto	Si	No
Alarma	Si	Si
LEDS indicadores	No	Si
Alimentación	5V	5V
Consumo eléctrico	Alto	Bajo
Precio	L. 1,194.62	L. 1,843.31

En este sistema encontrado en el mercado se puede ver que cuenta con ciertas características de más, entre las más útiles se pueden destacar la pantalla táctil y el control remoto por wifi. Sin embargo, el consumo eléctrico se verá afectado enormemente debido a la pantalla táctil y la conectividad con wifi, pero cabe destacar que en compensación a ello el sistema está a un bajo costo de compra y su alimentación es de 5V.

Se deberá conocer el valor del consumo eléctrico para poder determinar si el costo en la factura energética compensa las funciones extra.

Sin embargo, se hace énfasis que dependerá lo que el usuario desee, si se busca un sistema para poder controlar mediante la web, el del mercado será el ideal, pero si solamente se necesita un nivel de seguridad bueno sin afectar el consumo eléctrico, el propuesto en la investigación será el ideal.

**Costo total con la puerta automática corrediza de una sola hoja**

El costo total que implementará la puerta automática corrediza de una sola hoja dependerá del tipo de material de la puerta y la calidad de los elementos que esta misma posea, como conocimos anteriormente, para fines de esta investigación se utilizará la puerta que ofrece la empresa SEG International de Argentina.

**Costo total con el circuito electrónico utilizando Arduino Uno**

Costo del circuito electrónico: L. 2,809.16

Costo puerta automática corrediza de una sola hoja de la empresa SEG International de argentina: L. 32,534.58

**Total: L. 35,343.74**

**Costo total con el circuito electrónico utilizando PIC16F877A**

Costo del circuito electrónico: L. 1,843.31

Costo puerta automática corrediza de una sola hoja de la empresa SEG International de argentina: L. 32,534.58

**Total: L. 34,377.89**

### **Tiempo de implementación**

La creación e impresión del circuito electrónico listo para la instalación puede rondar en un tiempo de 2 o 3 días, ya que se deben hacer pruebas previas para comprobar el buen funcionamiento y desarrollar el código de programación en el lenguaje ensamblador ya que de implementar el sistema se utilizaría lo que es el microcontrolador PIC16F877A.

La instalación de todo el sistema de seguridad en conjunto con la puerta automática corrediza en el laboratorio de electrónica conllevará el siguiente tiempo:

Para el sistema de seguridad para restringir el acceso, el tiempo de instalación rondará entre las 3 y 5 horas, ya que solo se deberá instalar el circuito ensamblado en la pared en la entrada al laboratorio y conectar a la red eléctrica.

En el caso de la puerta automática corrediza de una hoja el tiempo rondará entre 1 o 2 días, esto debido a que hay que hacer adecuaciones en el espacio físico de la pared para que la puerta pueda cerrar y abrir libremente.

### **Recuperación a largo plazo**

Como se analizó en el apartado de comparación con el mercado, los precios finales de los sistemas no están muy diferenciados sin embargo en esos sistemas el costo por consumo eléctrico era mucho más elevado al propuesto en esta investigación.

Por ende, la recuperación por la inversión realizada el sistema de seguridad sería de manera relativamente rápida, ya que el pago por consumo eléctrico es bastante bajo, sin afectar mucho en la factura eléctrica, donde el costo es solo de L. 1.21 al mes y al año L. 14.48.

Se vio que en uno de los 3 casos planteados del mercado hubo un sistema por el cual el pago mensual por consumo eléctrico era aproximadamente L. 100.00, brindando una recuperación mucho más lenta debido a que mensualmente se estará invirtiendo más en comparación al sistema de esta investigación.

Recordando que según más elementos electrónicos se agreguen al sistema más incrementará su precio final y consumo. Por otra parte, se puede realizar un estudio de los beneficios de contar con este sistema de seguridad electrónico, ya que este ayuda a prevenir situaciones de robo de algún bien material u información valiosa que puede tener un valor económico bien alto.

Pero para poder realizar este estudio se deberá analizar el sistema ya implementado en el área y realizar un comparación del antes y el después de la seguridad en la misma zona. Así mismo cuantos hurtos se habrán evitado y cuantos bienes materiales u información de alto valor se logró salvaguardar.

## **CAPITULO 7: CONCLUSIONES**

1. Se explico como seria la implementación del sistema de seguridad electrónico para al acceso en una puerta automática corrediza de una sola hoja para el laboratorio de electrónica en CEUTEC, teniendo en cuenta que según el material deseado en la puerta se elevara el costo de la misma y la implementación del sistema en conjunto con la puerta dependerá del control por parte del microcontrolador de los sensores de proximidad y el motor DC de la puerta automática, ya que este control permitirá una sincronización exitosa del sistema en conjunto.
2. La simulación en el software Proteus del sistema de seguridad electrónico nos permitió visualizar de manera clara que el sistema propuesto funciona de manera correcta, brindando un buen nivel de seguridad mediante su contraseña, límites de intentos, modo de bloqueo y control mediante el sensor RFID.
3. Se conoció la rentabilidad económica y consumo eléctrico del sistema propuesto, en los cuales se obtuvieron resultados positivos, contando con un sistema a un precio accesible para el mercado actual que brinde un buen nivel de seguridad y un consumo eléctrico bastante bajo, reduciendo así el gasto en la factura de energía eléctrica y la inversión innecesaria de elementos extra en el sistema de seguridad.

## CAPITULO 8: RECOMENDACIONES

1. Para lograr la implementación del sistema de seguridad propuesto a una puerta automática corrediza en el laboratorio de electrónica, se debe hacer una revisión de los sensores con los que se estarán trabajando en la puerta, ya que cada puerta posee sensores de diferentes características según el fabricante, y hacer uso de un relé para poder activar y desactivar el motor DC cuando se desee abrir y cerrar la puerta, siempre y cuando los sensores no indiquen la presencia de una persona en la pasada.
2. Se puede realizar la simulación de la versión del sistema de seguridad con el microcontrolador PIC16F877A en el mismo software Proteus, utilizando la librería correcta se puede simular este elemento para visualizar también el funcionamiento posterior a realizar algún tipo de prototipo físico para el mercado.
3. Se puede optar por agregar algunos elementos más al sistema para hacerlo más llamativo al mercado actual, ya que se pudo observar que muchos de ellos cuentan con interfaces táctiles, sensores dactilares y control remoto, sin embargo, se debe conservar siempre la reducción del consumo eléctrico, ya que un aumento excesivo en este puede no compensar las funciones adicionales, ya que se perdería la rentabilidad económica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, G. R. (2022). Recuperado el 23 de Febrero de 2022, de <https://sites.google.com/site/arduinoprogramacion/home/pines-de-placa-arduino>
- AMOTEC, X. (2016). Recuperado el 24 de Febrero de 2022, de <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2017/06/LCD-16x2-Datasheet.pdf>
- Anda, N. d. (19 de Octubre de 2018). Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de <https://www.factor.mx/portal/base-de-conocimiento/motor-dc/>
- Aprender Arduino, p. y. (25 de Noviembre de 2018). Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de <https://books.google.hn/books?id=skxOEAAAQBAJ&pg=PA52&dq=arduino+uno&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwinh5PP6s72AhWRQzABHTOeC9YQ6AF6BAgFEAI#v=onepage&q=arduino%20uno&f=false>
- Arias, A. M. (2019). *Sistema electrónico para la seguridad física, monitoreo y control de acceso*. Universidad Piloto de Colombia. Recuperado el 26 de Febrero de 2022, de [http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6439/GP116\\_Proyecto%20Seguridad%20Electrónica%20TSA%20SA\\_2019.pdf?sequence=1](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6439/GP116_Proyecto%20Seguridad%20Electrónica%20TSA%20SA_2019.pdf?sequence=1)
- Bechara, C. (2014). *Desmitificando el microcontrolador PIC de Microchip para estudiantes de ingeniería*. Charly Bechara. Recuperado el 26 de Febrero de 2022
- Cárdenas, A. (14 de Noviembre de 2017). Recuperado el 23 de Febrero de 2022, de <https://electrocrea.com/blogs/tutoriales/18188479-teclado-matricial-4x4>
- Carmenate, J. G. (Agosto de 2021). Recuperado el 23 de Febrero de 2022, de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/comunicacion-i2c-con-arduino/>

- Chacón, G. D. (2006). *SISTEMA DE SEGURIDAD USANDO FPGA*. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Facultad de ingeniería en mecatrónica, Bucaramanga. Recuperado el 1 de Febrero de 2022, de [https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1586/2006\\_Articulo\\_Baron\\_Chacón\\_German\\_Dario.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/1586/2006_Articulo_Baron_Chacón_German_Dario.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Enerxia. (2022). Recuperado el 26 de Febrero de 2022, de [https://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142](https://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142)
- García, S. (12 de Junio de 2020). Recuperado el 24 de Febrero de 2022, de <https://blog.330ohms.com/2020/06/12/como-conectar-una-pantalla-lcd-16x02-controlador-i2c-a-arduino/>
- Hfeng. (2022). Recuperado el 27 de Marzo de 2022, de [https://www.amazon.com/dp/B08JTV7NLT/ref=sspa\\_dk\\_detail\\_3?pd\\_rd\\_i=B08JTV7NLT&pd\\_rd\\_w=SkHF2&pf\\_rd\\_p=b9951ce4-3bd8-4b04-9123-0fda35d6155e&pd\\_rd\\_wg=YYUwC&pf\\_rd\\_r=0W40G54NJT9N868F4AN3&pd\\_rd\\_r=8c09c230-2bd6-4920-bf3b-985868d57154&s=photo&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhb](https://www.amazon.com/dp/B08JTV7NLT/ref=sspa_dk_detail_3?pd_rd_i=B08JTV7NLT&pd_rd_w=SkHF2&pf_rd_p=b9951ce4-3bd8-4b04-9123-0fda35d6155e&pd_rd_wg=YYUwC&pf_rd_r=0W40G54NJT9N868F4AN3&pd_rd_r=8c09c230-2bd6-4920-bf3b-985868d57154&s=photo&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhb)
- Hikoz. (2022). Recuperado el 27 de Marzo de 2022, de [https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Amazon-Hot-Sale\\_1600425279663.html?spm=a2700.7735675.normal\\_offer.d\\_image.63d63a52kf91Z6&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Amazon-Hot-Sale_1600425279663.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.63d63a52kf91Z6&s=p)
- Infoenergía. (22 de Mayo de 2019). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://soriaenergia.com/que-es-el-consumo-energetico/>

Instrument, T. (2015). Recuperado el 24 de Febrero de 2022, de

[https://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf?ts=1638973422078&ref\\_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FPDF8574%253Futm\\_source%253Dgoogle%2526utm\\_medium%253Dcpc%2526utm\\_campaign%253Dasc-int-null-prodfolderdynamic-cpc-pf-google-ww%2526utm\\_co](https://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf?ts=1638973422078&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FPDF8574%253Futm_source%253Dgoogle%2526utm_medium%253Dcpc%2526utm_campaign%253Dasc-int-null-prodfolderdynamic-cpc-pf-google-ww%2526utm_co)

International, S. (2022). Recuperado el 19 de Marzo de 2022, de

<https://seg.com.ar/producto/puerta-automatica-slider-bldc-220m-1-hoja/>

Karmakar, N. C., Amin, E. M., & Saha, J. K. (2016). *Chipless RFID Sensors*. Canada: John

Wiley. Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de <https://cdn1.ozone.ru/s3/multimedia-9/6005884137.pdf>

LAARCOM. (2021). Recuperado el 1 de Febrero de 2022, de <https://www.laarcom.com/por-que-es-necesaria-la-seguridad-electronica-en-su-empresa#:~:text=La%20seguridad%20electr%C3%B3nica%20es%20de,mano%20de%20expertos%20y%20cuentan>

es-necesaria-la-seguridad-electronica-en-su-

empresa#:~:text=La%20seguridad%20electr%C3%B3nica%20es%20de,mano%20de%20

0expertos%20y%20cuentan

MicroChip. (2022). Recuperado el 26 de Febrero de 2022, de [https://www.microchip.com/en-](https://www.microchip.com/en-us/product/PIC16F877A)

[us/product/PIC16F877A](https://www.microchip.com/en-us/product/PIC16F877A)

MicroChip. (2022). Recuperado el 26 de Febrero de 2022, de

<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>

Monje, D. G. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con*

*interfaz en Android*. Universidad del país vasco, España. Recuperado el 17 de Marzo de

2022, de <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/13331/PFC.pdf?sequence=2>

Navarro. (13 de Junio de 2018). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de

<https://gruponavarro.pe/sistemas-seguridad/que-es-la-seguridad-electronica/>

Naylamp. (Diciembre de 2018). Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de

[https://naylampmechatronics.com/blog/22\\_tutorial-modulo-lector-rfid-rc522.html](https://naylampmechatronics.com/blog/22_tutorial-modulo-lector-rfid-rc522.html)

Naylamp. (2022). Recuperado el 23 de Febrero de 2022, de

<https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/19-teclado-matricial-4x4-tipo-membrana.html>

Nichese. (2019). Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de

<http://motores.nichese.com/motor%20cc.htm>

Pacheco, F. E. (Junio de 2015). Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de

[https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Funcionamiento-de-un-sistema-RFID\\_fig1\\_277204150](https://www.researchgate.net/figure/Figura-22-Funcionamiento-de-un-sistema-RFID_fig1_277204150)

PARRO. (2 de Febrero de 2022). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de

<https://www.parro.com.ar/definicion-de-puerta+autom%C3%A1tica>

RAE. (2022). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/acceso>

RAE. (2022). Recuperado el 2 de Febrero de 2022, de <https://dle.rae.es/restringir>

Thales. (2022). Recuperado el 25 de Febrero de 2022, de

<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/technology/iso14443>

UDG. (2022). Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/portal/clasificacion-general-de-las-fuentes-de-informacion>

USS. (7 de Noviembre de 2019). Recuperado el 1 de Febrero de 2022, de

<https://uss.com.ar/corporativo/importancia-de-la-seguridad-electronica/>

Veronica, Z. (2015). *Sistema de control de acceso y monitoreo con la tecnologia RFID* .

Universidad politecnica salesiana . Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5380/1/UPS-GT000473.pdf>

Witeasy. (2022). Recuperado el 27 de Marzo de 2022, de [https://www.alibaba.com/product-](https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Access-Control-TCP_62418117769.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.63d63a52kf91Z6&s=p)

[detail/Access-Control-System-Access-Control-](https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Access-Control-TCP_62418117769.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.63d63a52kf91Z6&s=p)

[TCP\\_62418117769.html?spm=a2700.7735675.normal\\_offer.d\\_image.63d63a52kf91Z6&](https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Access-Control-TCP_62418117769.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.63d63a52kf91Z6&s=p)

[s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Access-Control-System-Access-Control-TCP_62418117769.html?spm=a2700.7735675.normal_offer.d_image.63d63a52kf91Z6&s=p)

## ANEXOS

### Código de Arduino Uno

```

#include <Keypad.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x20,16,2);

const byte FILAS = 4;
const byte COLUMNAS = 4;

char keys[FILAS][COLUMNAS] = {
  {'7','8','9','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'1','2','3','C'},
  {'*','0','#','D'}
};

byte pinesFilas[FILAS] = {7, 6, 5, 4};
byte pinesColumnas[COLUMNAS] = {3, 2, 8, 9};

Keypad keypad = Keypad( makeKeymap(keys), pinesFilas, pinesColumnas, FILAS, COLUMNAS);

char f='*'; //caracter para cubrir la contraseña.
int a = 0, b = 0, c = 0, d = 0; //acumuladores de datos enteros para la contraseña.
int var=0; //incremento para el switch.

int C1 = 1, C2 = 2, C3 = 3, C4 = 4; //Contraseña, Clave de acceso

int veces=0,incorrecto=0; //seguridad de solo 3 intentos para ingresar la contraseña correcta.
int aviso=3; //aviso para mostrar los intentos como seguridad para el usuario.
String codigo_desbloqueo_tarjeta = "AX214B9DS34F";
char lector;
String codigo_desbloqueo_registrado;
int conteo = 0;
int LED1 = 0; //led verde
int LED2 = 0; //led rojo
int indicador = 7;

int motor_derecha = 10;
int motor_izquierda = 11;

```

Figura 10.1: Código Arduino Uno, parte 1

Fuente: Autor

```

void setup(){
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(12, OUTPUT); // Alarma
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0, OUTPUT); //LED verde para indicar que la puerta esta abriendose
  pinMode(A1, OUTPUT); //LED rojo para indicar codigo incorrecto y alarma intermitente
  pinMode(13, INPUT); // LED blanco cerrando puerta
  pinMode(motor_derecha,OUTPUT);
  pinMode(motor_izquierda,OUTPUT);
  digitalWrite(13, LOW);
  digitalWrite(12, LOW);
  analogWrite(motor_derecha,0);
  analogWrite(motor_izquierda,0);
}

void loop(){
  char TECLA = keypad.getKey();

  if(!TECLA){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("DIGITE CLAVE");
  }

  if (TECLA){
    lcd.setCursor(5+var,1);
    lcd.print(TECLA),lcd.setCursor(5+var,1),lcd.print(f);//imprimimos el caracter en el lcd
    digitalWrite(12,HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(12,LOW);
    TECLA = TECLA - 48; //CONVERSIÓN DE CHAR A ENTEROS -48 SEGUN EL CÓDIGO ASCII.
    var++; //El var se incrementa para los casos 1, 2, 3 y 4.

    switch(var){
      case 1:
        a=TECLA; //almacenamos primer dígito para la contraseña que seria el 1
        break;
      case 2:
        b=TECLA; //almacenamos segundo dígito para la contraseña que seria el 2
        break;
      case 3:
        c=TECLA; //almacenamos tercer dígito para la contraseña que seria el 3
        break;
    }
  }
}

```

Figura 10.2: Código Arduino Uno, parte 2

Fuente: Autor

```

    case 4:
      d=TECLA; //almacenamos cuarto dígito para la contraseña que seria el 4
      delay(100);

      if(a==C1 && b==C2 && c==C3 && d==C4){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(3,0);
        lcd.print("CLAVE");
        lcd.setCursor(3,1);
        lcd.print("CORRECTA");
        delay(700);
        lcd.clear();
        indicador = 0;

        while(indicador < 7){
          digitalWrite(A0,HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(A0,LOW);
          delay(200);
          lcd.setCursor(0,0);
          lcd.print("Abriendo puerta...");
          analogWrite(motor_derecha,200);
          analogWrite(motor_izquierda,0);
          indicador++;
        }

        analogWrite(motor_derecha,0);
        analogWrite(motor_izquierda,0);
        lcd.clear();
        digitalWrite(A0,LOW);
        indicador = 17;

        while(indicador > 10){
          digitalWrite(13,HIGH);
          delay(200);
          digitalWrite(13,LOW);
          delay(200);
          lcd.setCursor(0,0);
          lcd.print("Cerrando puerta...");
          analogWrite(motor_derecha,0);
          analogWrite(motor_izquierda,200);
          indicador--;
        }

```

Figura 10.3: Código Arduino Uno, parte 3

Fuente: Autor

```

analogWrite(motor_derecha,0);
analogWrite(motor_izquierda,0);
indicador = 5;
digitalWrite(13,LOW);
}
else
{
lcd.clear();
lcd.setCursor(3,0);
lcd.print("CLAVE");
lcd.setCursor(2,1);
lcd.print("ERRONEA");
digitalWrite(12,HIGH);
digitalWrite(A1,HIGH);
delay(700);
digitalWrite(12,LOW);
digitalWrite(A1,LOW);
lcd.clear();
}

//-----Seguridad para la contraseña y sus restricciones-----//

if(a==C1 && b==C2 && c==C3 && d==C4){
    veces=0;//si es correcto el clave ,variable veces no se incrementa.
    aviso=3;//variable aviso se mantiene en 3
}
else{
    veces ++; //incrementamos los intentos incorrectos de clave para el bloqueo.
    aviso --; //decremento de variable aviso ,de 3 hasta 0 según las veces de fallas al ingresar el clave.
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print("LE QUEDAN: ");
    lcd.setCursor(13,0);
    lcd.print(aviso);
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print("INTENTOS");
    if(aviso==0){
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(5,0);
        lcd.print("ACCESO");
        lcd.setCursor(4,1);
        lcd.print("DENEGADO");
    }
}

```

Figura 10.4: Código Arduino Uno, parte 4

Fuente: Autor

```

    delay(300);lcd.clear();
  }

  while(veces>=3){
    digitalWrite(12,HIGH);
    lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("MODO BLOQUEO");
    digitalWrite(A1,HIGH);
    delay(500);
    digitalWrite(A1,LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("PASE SU TARJETA");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("DE ADMINISTRADOR");
    delay(1000);
    lcd.clear();
    delay(50);

// -----Bucle para detectar el ingreso de la tarjeta de desbloqueo-----//

while (Serial.available()>0)
{
  lector = Serial.read();
  conteo++;
  codigo_desbloqueo_registrado += lector;
  if(conteo == 12)
  {
    Serial.println(codigo_desbloqueo_registrado);

    if(codigo_desbloqueo_registrado == "AX214B9DS34F")
    {
      veces = 0;
      aviso = 3;
      lcd.clear();
      digitalWrite(12,LOW);
      lcd.setCursor(1,0);
      lcd.print("DESBLOQUEO");
      digitalWrite(A1,LOW);
      delay(1000);
      lcd.clear();
    }
  }
}
}

```

Figura 10.5: Código Arduino Uno, parte 5

Fuente: Autor

```
    }  
  }  
  
  }//Bucle infinito de seguridad para bloquear los re intentos del clave  
  
  conteo = 0;  
  lector = 0;  
  codigo_desbloqueo_registrado = "";  
  
  var=0;  
  lcd.clear();  
  break;//se termina el  
  
  }  
}  
  
}
```

Figura 10.6: Código Arduino Uno, parte 6

Fuente: Autor

## Sistemas de seguridad electrónicos del mercado actual



HFeng Kit completo sistema de control de acceso de puerta 125 KHz RFID lector de teclado caja de metal + 396.8 lbs de bloqueo electromagnético + controlador de fuente de alimentación DC12V 3A + botón de salida de puerta + 10 llaves

Marca: HFeng  
 ★★★★★ 9 calificaciones

Precio: **US\$59.99**

Sin depósito de derechos de importación y US\$ 19.17 de envío a Japón [Detalles](#)


Color: **with Magnetic Lock**

US\$ 44.99    **US\$ 59.99**    US\$ 59.99

Pasa el mouse encima de la imagen para aplicar zoom

Figura 10.7: Sistema del caso #1, comparativa con el mercado

Fuente: (Hfeng, 2022)



Amazon Hot Sale Free software and SDK Web based biometric thumb scanner biometric access control system

1 - 99 Pieces	100 - 199 Pieces	200 - 499 Pieces	>=500 Pieces
<b>\$72.00</b>	<b>\$70.00</b>	<b>\$65.00</b>	<b>\$55.00</b>

Benefits: Quick refunds on orders under US \$1,000 [Claim now](#) >

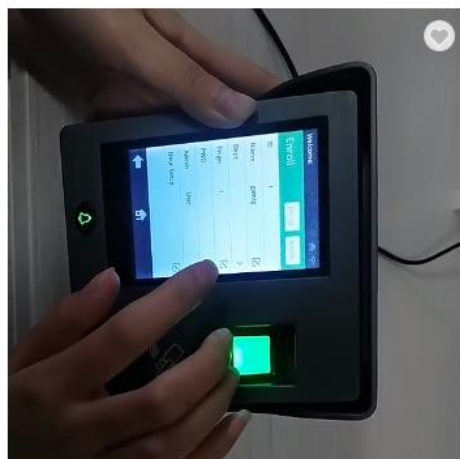
Network:  TCP  Ip  SDK  RS232/485

Lead Time🕒:

Quantity(Pieces)	1 - 1	2 - 100	101 - 500	>500
Est. Time(days)	7	10	15	To be negotiated

Figura 10.8: Sistema del caso #2, comparativa con el mercado

Fuente: (Hikoz, 2022)



[Click here to expended view](#)

Ready to Ship 🔒 In Stock 🚚 Fast Dispatch

**MARCH** TCP/IP Double Door Access Controller Used In Access Control System Products

1 - 499 Pieces	500 - 999 Pieces	>=1000 Pieces
<b>\$49.00</b>	<b>\$48.00</b>	<b>\$47.00</b>

Sign in for March Expo benefits  
• Up to US \$20 off shipping >

Network :	ONVIF	\$49.00	-	0	+
	wifi	\$49.00	-	0	+
	TCP	\$49.00	-	0	+

*Figura 10.9: Sistema del caso #3, comparativa con el mercado*

Fuente: (Witeasy, 2022)