



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

*“Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para
negocios pequeños o medianos”*

AUTOR: Cristian Enrique España Inagán

DIRECTOR: Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, MSc.

IBARRA – ECUADOR

2020



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento al Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DEL AUTOR | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1003757158 | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | España Inagán Cristian Enrique | |
| DIRECCIÓN: | Chica Narváez y Mejía 1,53 | |
| EMAIL: | <u>ceespanai@utn.edu.ec</u> | |
| TELÉFONO FIJO: | 2511600 | TELÉFONO MÓVIL: 0996076495 |
| DATOS DE LA OBRA | | |
| TÍTULO: | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | |
| AUTOR: | España Inagán Cristian Enrique | |
| FECHA (DD/MM/AAAA): | 09/07/2021 | |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | | |
| PROGRAMA: | Pregrado | |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniero en Mecatrónica | |
| ASESOR/DIRECTOR: | Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, MSc. | |

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra, objeto de la presente autorización, es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 09 de Julio del 2021



Firma

Nombre: España Inagán Cristian Enrique

Cédula: 1003757158

CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos”, presentado por el señor España Inagán Cristian Enrique, para optar por el título de ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

Ing. Cosme Mejía
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por cuidarme y darme salud en toda mi etapa universitaria, por darme las fuerzas necesarias y valor para afrontar todos los retos que surgieron en cada semestre.

A mis padres María Flor, José y a mi hermano Oscar por brindarme su apoyo en todo momento, preocuparse por mí y guiarme para ser un hombre de bien con valores y principios.

Al ingeniero Cosme Mejía por su tiempo y paciencia brindada a lo largo del desarrollo de todo este trabajo de grado, ya que con su gran experiencia supo guiarme correctamente para corregir los errores y lograr concluirlo exitosamente.

A los docentes de la carrera de ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte por todos los conocimientos impartidos en cada materia a lo largo de todos los semestres y a mis amigos de carrera que compartimos muchos momentos de alegría y de angustias, pero que al final siempre logramos cumplir con las tareas y proyectos finales.

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mi madre María Flor y a mi padre José por todos sus grandes esfuerzos realizados a lo largo de muchos años para poder darme el regalo de la educación, su apoyo es fundamental para que pueda alcanzar mis metas.

A mi hermano Oscar quien es una gran inspiración para mí y por ser un gran ejemplo de persona a seguir.

Cristian España

RESUMEN

En este trabajo de grado se presenta el prototipo de un “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos”, el cual realiza la toma de medición de temperatura corporal de forma automática. Este dispositivo está dirigido para ser implementado al ingreso de los negocios donde el ingreso de personas es de forma regular, lugares donde es necesario la toma de temperatura corporal para su ingreso debido a las normas de bioseguridad sugeridas por las entidades de control y seguridad.

El dispositivo realizado cuenta con pantalla una LCD que sirve como interfaz para que los dueños de los negocios o personal de seguridad de los negocios puedan observar el valor de temperatura de los clientes, cuenta con diodos leds que informan visualmente si la persona puede acceder o no al establecimiento, si la persona tiene temperatura normal se encienden leds verdes y si la temperatura está en rango de fiebre se activan leds rojos y un buzzer que emitirá un sonido para poner en alerta a las otras personas cercanas, tomar las medidas preventivas necesarias y evitar algún posible contagio de COVID-19, debido a que la temperatura es uno de los síntomas frecuentes de esta enfermedad.

También se cuenta con una aplicación móvil que permite visualizar los valores de temperatura en tiempo real, permite configurar el valor de temperatura a la cual activa las alarmas sonora, visual y mecánica en la aplicación. La alarma sonora corresponde a la activación de un tono de alerta, la alarma visual corresponde al envío de SMS a números telefónicos establecidos y la alerta mecánica corresponde a la vibración del teléfono.

ABSTRACT

In this degree project, the prototype of an "Automatic access control system through body temperature for small or medium businesses" is presented, which automatically takes body temperature measurements. This device is intended to be implemented at the entrance of businesses where the entry of people is on a regular basis, places where it is necessary to take body temperature for their entry due to the biosafety regulations suggested by the control and security entities.

The device made has an LCD screen that serves as an interface so that business owners or business security personnel can observe the temperature value of customers, it has LED diodes that visually inform whether the person can access or not to the establishment, if the person has a normal temperature, green LEDs light up and if the temperature is in the fever range, red LEDs are activated and a buzzer that will emit a sound to alert other people nearby, take the necessary preventive measures and avoid some possible contagion of COVID-19, because temperature is one of the frequent symptoms of this disease.

There is also a mobile application that allows you to view the temperature values in real time, allows you to configure the temperature value at which it activates the audible, visual and mechanical alarms in the application. The audible alarm corresponds to the activation of an alert tone, the visual alarm corresponds to the sending of SMS to established telephone numbers and the mechanical alert corresponds to the vibration of the telephone.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD | |
| TÉCNICA DEL NORTE | 1 |
| CONSTANCIAS..... | 2 |
| DECLARACIÓN | 3 |
| CERFIFICACIÓN..... | 4 |
| AGRADECIMIENTO..... | 5 |
| DEDICATORIA | 6 |
| RESUMEN..... | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| Aspectos Generales | 16 |
| Problema 16 | |
| Objetivos 17 | |
| Objetivo General | 17 |
| Objetivos específicos | 17 |
| Alcance 17 | |
| CAPÍTULO I..... | 19 |
| 1. MARCO REFERENCIAL | 19 |
| 1.1. Enfermedad de Corona Virus 2019 (COVID-19) | 19 |
| 1.1.1 COVID-19 en Ecuador..... | 19 |
| 1.1.2 Síntomas Presentados por Contagio del COVID-19 | 20 |
| 1.1.3 Modo de Transmisión..... | 21 |
| 1.1.4 Temperatura Corporal | 22 |
| 1.1.5 Medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo | 23 |
| 1.2. Sistemas de Medición de Temperatura Corporal. | 23 |
| 1.2.1. Cámara Térmica Tipo Pistola para Temperatura Corporal | 24 |
| 1.2.2. Terminal de Reconocimiento Facial con Detector de Temperatura de Precisión y Mascarilla..... | 24 |
| 1.2.3. Sistema de Reconocimiento Facial Autónomo, Detección de Temperatura, y Estación de Desinfección | 25 |
| 1.3. Termómetros Infrarrojos | 26 |
| 1.3.1. Consideraciones Importantes Para Termómetros Infrarrojos | 26 |
| 1.3.1.1. Campo de visión..... | 26 |
| 1.3.1.2. La emisividad y su relación con las mediciones de temperatura por infrarrojos..... | 27 |

| | | |
|-------------------|---|----|
| 1.4. | Norma ASTM E1965-98: Especificación Estándar para Termómetros Infrarrojos para la Determinación Intermitente de la Temperatura del Paciente | 27 |
| 1.4.1. | Terminología | 28 |
| 1.4.1.1. | Precisión | 28 |
| 1.4.1.2. | Resolución | 28 |
| 1.4.2. | Clasificación..... | 28 |
| 1.4.2.1. | Termómetro infrarrojo del canal auditivo | 28 |
| 1.4.2.2. | Termómetro infrarrojo de piel..... | 28 |
| 1.4.3. | Requisitos | 28 |
| 1.4.3.1. | Rango de temperatura mostrado..... | 28 |
| 1.4.3.2. | Error de laboratorio máximo permitido (para termómetro infrarrojo de piel) | 28 |
| 1.4.3.3. | Rango de humedad de funcionamiento | 28 |
| 1.4.3.4. | Limpieza y desinfección..... | 29 |
| 1.4.3.5. | Pantalla e interfaz humana | 29 |
| 1.4.3.6. | Materiales de la carcasa..... | 29 |
| CAPÍTULO II | | 30 |
| 2. | METODOLOGÍA | 30 |
| 2.1. | Conceptualización del Sistema de Medición de Temperatura..... | 30 |
| 2.1.1. | Consideraciones del Diseño | 30 |
| 2.2. | Diseño Electrónico del Sistema de Medición de Temperatura | 32 |
| 2.3. | Selección de Elementos Electrónicos..... | 32 |
| 2.3.1. | Descripción de Sensores de Presencia..... | 32 |
| 2.3.1.1. | Sensor de proximidad infrarrojo FC-51 | 32 |
| 2.3.1.2. | Sensor de Distancia Ultrasónico HC-SR04..... | 33 |
| 2.3.1.3. | Sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21 | 34 |
| 2.3.2. | Selección del Sensor de Presencia..... | 35 |
| 2.3.3. | Descripción de Microcontroladores | 36 |
| 2.3.3.1. | Arduino Nano | 36 |
| 2.3.3.2. | Microcontrolador NodeMCU ESP8266 | 37 |
| 2.3.3.3. | WeMos D1 Mini..... | 38 |
| 2.3.4. | Selección del Microcontrolador | 39 |
| 2.3.5. | Descripción de Pantallas | 41 |
| 2.3.5.1. | Pantalla LCD Nokia 5110 | 41 |
| 2.3.5.2. | Pantalla OLED 0,96" 128x64..... | 42 |
| 2.3.5.3. | Pantalla LCD 16X2 | 43 |
| 2.3.6. | Selección de la Pantalla..... | 43 |
| 2.3.7. | Descripción de Sensores de Temperatura sin Contacto..... | 45 |
| 2.3.7.1. | Sensor de Temperatura Infrarrojo MLX90614 | 45 |
| 2.3.7.2. | Cámara Infrarroja MLX90640 | 45 |

| | | |
|---|--|------------|
| 2.3.7.3. | Sensor de Temperatura Infrarrojo PYROCUBE | 46 |
| 2.3.8. | Selección del Sensor de Temperatura sin Contacto | 47 |
| 2.3.1. | Diodos led | 49 |
| 2.3.2. | Módulo de Carga y Fuente TP4056 | 49 |
| 2.3.3. | Circuito Integrado 74HC959N | 50 |
| 2.3.4. | Buzzer (Zumbador) | 50 |
| 2.3.5. | Diseño del Circuito Electrónico..... | 51 |
| 2.4. | Diagrama de Flujo del Programa en Arduino..... | 53 |
| 2.5. | Calibración de Sensor de Temperatura Infrarrojo | 54 |
| 2.6. | Ubicación correcta del cuerpo para medir la temperatura..... | 55 |
| 2.7. | Diseño Mecánico del Dispositivo..... | 55 |
| 2.7.1. | Opciones de Diseño..... | 55 |
| 2.7.1.1. | Opción 1 de Diseño | 55 |
| 2.7.2. | Opción 2 de Diseño | 58 |
| 2.7.3. | Opción 3 de Diseño – Diseño Final..... | 62 |
| CAPÍTULO III | | 67 |
| 3.1. | Prototipado Rápido..... | 67 |
| 3.2. | Diseño de la Placa Electrónica | 73 |
| <i>Figura 61 Diseño en 3D de la Placa Electrónica</i> | | 75 |
| 3.3. | Base de Datos de Firebase..... | 76 |
| 3.4. | Aplicación Móvil..... | 77 |
| CAPÍTULO IV | | 78 |
| 4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS..... | | 78 |
| 4.1. | Calibración del Sensor de Temperatura MLX90614..... | 78 |
| 4.2. | Aplicación Móvil..... | 81 |
| CAPÍTULO 5 | | 84 |
| 5.1. | CONCLUSIONES | 84 |
| 5.2. | RECOMENDACIONES | 85 |
| ANEXOS..... | | 86 |
| Anexo 1. | Plano Electrónico General | 86 |
| Anexo 2. | Planos Electrónicos de Detalle | 86 |
| Anexo 3. | Planos Mecánicos | 88 |
| Anexo 4. | Hojas de Procesos | 96 |
| Anexo 5. | Código de Programa Arduino..... | 101 |
| Anexo 6. | Código de Bloques de Aplicación MIT App Inventor..... | 106 |
| Bibliografía | | 107 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Mapa del COVID-19 en el mundo hasta la fecha 26/09/2020 [9] | 19 |
| Figura 2 Adopción de medidas de bioseguridad implementadas en una fábrica [16] | 23 |
| Figura 3 Cámara térmica para temperatura corporal [17] | 24 |
| Figura 4 Terminal de reconocimiento facial con detector..... | 25 |
| Figura 5 Sistema de reconocimiento facial autónomo, detección..... | 25 |
| Figura 6 Sensor de proximidad infrarrojo FC-51 [27] | 33 |
| Figura 7 Sensor de Distancia Ultrasónico HC-SR04 [28]..... | 34 |
| Figura 8 Sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21 [29]...... | 35 |
| Figura 9 Arduino Nano V3 [30]..... | 37 |
| Figura 10 NodeMCU ESP8266 [31] | 38 |
| Figura 11 WeMos D1 Mini | 39 |
| Figura 12 Pantalla LCD Nokia 5110 [33] | 41 |
| Figura 13 Pantalla OLED 0,96" 128x64 [34]..... | 42 |
| Figura 14 Pantalla LCD 16X2 [35] | 43 |
| Figura 15 Sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 [27] | 45 |
| Figura 16 Cámara Infrarroja MLX90640 [38] | 46 |
| Figura 17 Sensor de Temperatura Infrarrojo PYROCUBE [39] | 47 |
| Figura 18 Diodo LED [40]..... | 49 |
| Figura 19 Módulo de Carga y Fuente TP4056 [41] | 50 |
| Figura 20 Circuito Integrado 74HC959N [42] | 50 |
| Figura 21 Buzzer o Zumbador [43]..... | 51 |
| Figura 22 Esquema de las Conexiones del Circuito Electrónico | 52 |
| Figura 23 Diagrama de Flujo del Programa en Arduino | 53 |
| Figura 24 Termómetro Infrarrojo Modelo GP-300 [44] | 54 |
| Figura 25 Cara Frontal de la Opción 1 del Diseño de la Carcasa..... | 56 |
| Figura 26 Cara Lateral Izquierda de la Opción 1 del Diseño de la Carcasa..... | 56 |
| Figura 27 Opción 1 del Diseño de la Carcasa | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 28 Interior de la Carcasa de la Opción 1 | 57 |
| Figura 29 Cara frontal de la Opción 2 de la Carcasa..... | 58 |
| Figura 30 Cara Lateral Izquierda de la Opción 2 de la Carcasa..... | 58 |
| Figura 31 Cara Lateral Derecha de la Opción 2 de la Carcasa..... | 59 |
| Figura 32 Cara Posterior de la Carcasa de la Opción 2..... | 60 |
| Figura 33 Tapa de la Carcasa3 | 60 |
| Figura 34 Cara Inferior de la Carcasa de la Opción 2 | 61 |
| Figura 35 Interior de la Carcasa de la Opción 2..... | 61 |
| Figura 36 Cara Superior de la Carcasa de la Opción 3 | 62 |
| Figura 37 Pieza Principal de la Carcasa de la Opción 3..... | 63 |
| Figura 38 Pieza que Contiene a los Sensores de Temperatura MLX90614 | 63 |
| Figura 39 Pieza para el Tubo..... | 64 |
| Figura 40 Cara Lateral Derecha de la Opción 3 | 64 |
| Figura 41 Cara Frontal de la Carcasa de la Opción 3..... | 65 |
| Figura 42 Cara Posterior de la Carcasa de la Opción 3..... | 65 |
| Figura 43 Cara Lateral Derecha de la Opción 3 | 66 |
| Figura 44 Cara Inferior de la Carcasa de la Opción 3 | 66 |
| Figura 45 Vista frontal de la impresión 3D de la carcasa | 67 |
| Figura 46 Vista posterior de la impresión 3D de la carcasa | 68 |
| Figura 47 Vista inferior de la carcasa del sistema de medición de temperatura | 68 |
| Figura 48 Vista lateral izquierda de la impresión 3D de la carcasa | 69 |
| Figura 49 Vista lateral derecha de la impresión 3D de la carcasa..... | 69 |
| Figura 50 Vista superior de la impresión 3D de la carcasa | 70 |
| Figura 51 Vista inferior de la impresión 3D de la carcasa | 70 |
| Figura 52 Pieza donde se ubican los sensores de proximidad..... | 71 |
| Figura 53 Pieza que soporta el módulo cargador de batería TP4056 | 71 |
| Figura 54 Pieza que sirve de soporte para un tubo..... | 72 |
| Figura 55 Impresión 3D de la tapa de la carcasa..... | 72 |
| Figura 56 Ensamble completo entre la carcasa impresa en 3D y los elementos electrónico | 73 |

| | |
|---|----|
| Figura 57 Circuito Electrónico Implementado en la Protoboard..... | 73 |
| Figura 58 Pruebas de Funcionamiento en la Protoboard..... | 74 |
| Figura 59 Conexiones de los Dispositivos Electrónicos que van en la Placa Electrónica | 74 |
| Figura 60 Esquema de Conexiones de la Placa Electrónica..... | 75 |
| <i>Figura 61 Diseño en 3D de la Placa Electrónica.....</i> | 75 |
| Figura 62 Placa Electrónica del Sistema de Medición de Temperatura..... | 76 |
| Figura 63 Base de Datos de Firebase | 76 |
| Figura 64 Interfaz de la Aplicación Móvil Desarrollada en MIT App Inventor | 77 |
| Figura 65 Pruebas de Funcionamiento del Prototipo | 78 |
| Figura 66 Visualización del Valor de Temperatura en la Aplicación Móvil | 82 |
| Figura 67 Mensaje Visualizado en la Aplicación al Momento de Enviar el SMS | 82 |
| Figura 68 Recepción de SMS Indicando un Mensaje de Alerta y el Valor de Temperatura..... | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Diferencias entre síntomas (COVID-19, Resfriado, Gripe) [12] | 21 |
| Tabla 2 Valores de emisividad de materiales comunes [23] | 27 |
| Tabla 3 Comparación de los Sensores de Presencia FC-51, HC-SR04 Y GP2Y0A21..... | 35 |
| Tabla 4 Selección del Sensor de Presencia | 36 |
| Tabla 5 Comparación entre Microcontroladores: Arduino Nano V3, ESP8266, Wemos D1 Mini | 40 |
| Tabla 6 Selección del Microcontrolador | 40 |
| Tabla 7 Comparación entre las Pantallas LCD Nokia 5110, OLED 0,96" Y LCD 16X2 | 44 |
| Tabla 8 Selección de la Pantalla..... | 44 |
| Tabla 9 Comparación entre los Sensores de Temperatura MLX90614,MLX90640 y PYROCUBE | 48 |
| Tabla 10 Selección del Sensor de Temperatura | 48 |
| Tabla 11 Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 3 cm de Distancia. | 79 |
| Tabla 12 Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 4 cm de Distancia. | 79 |
| Tabla 13 Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 5 cm de Distancia. | 80 |
| Tabla 14 Resultados obtenidos con el Sistema de Medición Realizado y el Termómetro Infrarrojo GP-300..... | 81 |

INTRODUCCIÓN

Aspectos Generales

Problema

Actualmente se está pasando una gran crisis por un virus que se ha esparcido por todo el mundo, se trata del Corona Virus Disease 2019 (COVID19). Este tipo de virus ha sido detectado por primera vez en diciembre de 2019, en la ciudad de Wuhan en China [1] y puede afectar gravemente a la salud de las personas mayores y aquellas con afecciones médicas preexistentes como problemas cardiacos [2].

En el Ecuador, el Gobierno Nacional implementó todos los protocolos y medidas de prevención necesarias ante la emergencia de salud pública, sin embargo, no se pudo impedir que el virus ingrese al país [3]. Hasta el 13 de agosto el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) ha tomado 276.491 muestras para COVID19, de las cuales 98.343 son positivas y se han registrados 6.010 personas fallecidas por COVID19 [4].

Las estadísticas indican que los casos de contagios y muertes van incrementando cada día, la falta de control de medidas de bioseguridad en el ingreso de los negocios aumenta la posibilidad de más contagios y la implementación de personal que realice la medición de temperatura aumenta los costos de un negocio. Surge así la necesidad de realizar un sistema de medición de temperatura automático que permita el ingreso de las personas sin necesidad de presencia de personal adicional, evitando poner en peligro a más personas y disminuyendo los costos que representa contratar a más trabajadores y la compra de los insumos de bioseguridad que estos necesitan para su protección.

Como solución a este problema se plantea realizar la construcción de un sistema de control de acceso automático mediante la medición de temperatura corporal, para prevenir que personas con sintomatología accedan a los negocios que tienen afluencia de personas, disminuir riesgos de contagio del COVID19 y brindar mayor bioseguridad a los administradores y clientes de las tiendas.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema de medición de temperatura corporal automático para controlar el acceso de personas.

Objetivos específicos

- Definir los parámetros que debe cumplir el sistema de medición de temperatura corporal.
- Elaborar el diseño mecatrónico del sistema de medición.
- Construir el prototipo diseñado.
- Validar el prototipo mediante pruebas de funcionamiento.

Alcance

Se construirá un sistema que realice la medición de la temperatura corporal de forma automática, se implementará una pantalla que indique el valor medido e indique si la persona puede o no ingresar al negocio, se colocarán alarmas luminosas que se activarán dependiendo del valor de la temperatura.

Se realizarán pruebas de funcionamiento y corrección de posibles fallas en el sistema.

Justificación

El mundo que conocíamos antes de la pandemia del coronavirus no será el mismo que en el que nos toque vivir una vez controlada la expansión del virus. Las medidas de bioseguridad se van a incrementar notablemente en los espacios públicos y en los lugares de trabajo [5]. La seguridad es una necesidad básica, tanto para las personas como para el personal de los negocios y el COVID19 ha hecho evidente que es necesario que en estos lugares se incorporen mecanismos de control de acceso [6].

¿Por qué implementar un sistema de control de acceso por temperatura corporal?, cuando en un espacio, ya sea un negocio o un centro de pública concurrencia, entran y salen constantemente muchas personas, existe una alta posibilidad de que un porcentaje de esas personas estén infectados de coronavirus. La única forma de hacer una

verificación rápida y segura es haciendo control de temperatura corporal, ya que la fiebre es un síntoma que delata el COVID19 y otras posibles enfermedades contagiosas [7].

El control de acceso por temperatura es una medida de control preventiva que ya se está implementando en muchos lugares del mundo. Lo que se pretende es dotar a los negocios pequeños o mediados de mecanismos automáticos que eviten el acceso de personas con síntomas de la enfermedad, para este caso la fiebre [5]; evitando así que un posible contagiado de COVID19 acceda a las instalaciones para prevenir el contagio a más personas.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Enfermedad de Corona Virus 2019 (COVID-19)

El COVID-19 es una enfermedad infecciosa provocada por un nuevo coronavirus que era desconocido hasta antes de que provocara un brote epidémico en diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan ubicado en China. En la actualidad, el COVID-19 es una pandemia que se ha esparcido a casi todos los países del mundo y ha contagiado a más de 27 millones de personas [8]. En la figura 1 se puede apreciar las zonas marcadas con color rojo los países en los cuales el COVID-19 se ha propagado hasta el 26 de septiembre del 2020.



Figura 1 Mapa del COVID-19 en el mundo hasta la fecha 26/09/2020 [9]

1.1.1 COVID-19 en Ecuador

El primer caso de COVID-19 en el país fue anunciado el 29 de febrero de 2020, se trató de un caso importado cuya paciente fue una adulta mayor ecuatoriana de 70 años que arribó al país desde España, al momento de su llegada la señora no presentó ningún síntoma de la enfermedad, pero días después comenzó a presentar los síntomas más comunes como fiebre y malestar del cuerpo, por lo que fue ingresada a una casa de salud. Ante los síntomas presentados se le realizaron pruebas cuyo resultado fue positivo para COVID-19, días después fue internada en cuidados intensivos, sin embargo, pese a los esfuerzos realizados por los médicos la señora falleció [3].

Luego de confirmar 4 casos de COVID-19 en el país y declaración de pandemia mundial por la Organización Mundial de la Salud, el presidente de la República, Lic.

Lenin Moreno, declara estado de excepción por calamidad pública en todo el territorio nacional [10].

Hasta el día 20 de octubre de 2020, el Instituto Nacional de Investigación en Salud Pública (INSPI) ha realizado 499.8671 muestras para COVID-19, de éstas 154.115 son casos confirmados con pruebas PCR [11].

A continuación, se detallan los datos de la situación actual en el Ecuador provocados por el COVID-19.

- **134.187** pacientes recuperados.
- **20.464** casos con alta hospitalaria.
- **8.115** personas fallecidas (confirmados COVID-19)
- **523** hospitalizados estables.
- **365** hospitalizados con pronóstico reservado.
- **273.457** casos fueron descartados.
- **849.058** llamadas realizadas al 171 debido al COVID-19
- **325.264** seguimiento telefónico, llamadas a pacientes con diagnóstico confirmado.
- **113.138** teleconsultas, ciudadanos que fueron atendidos por medio de la aplicación móvil SALUDEC y por médicos del 171. [11]

1.1.2 Síntomas Presentados por Contagio del COVID-19

Alrededor del 80% de las personas se recuperan del COVID-19 sin ser necesario un tratamiento hospitalario; solo 1 de cada 5 personas que se contagian del virus tienen dificultades respiratorias y presentan diagnósticos graves, estas personas suelen ser adultos mayores y las que tienen afecciones médicas como problemas pulmonares, cardíacos, hipertensión arterial, cáncer o diabetes; sin embargo, todas las personas pueden ser contagiados por el coronavirus y enfermarse gravemente [8].

La fiebre y tos seca son los síntomas más frecuentes del COVID-19, otros síntomas también son la fatiga, dolores musculares, dolor de cabeza, dolor de garganta, dificultades para respirar, pérdida del olfato o del gusto, conjuntivitis o cambios de color en los dedos de los pies y de las manos. Los síntomas se presentan gradualmente y dependiendo de la salud de las personas estos pueden ser leves o muy graves [8]. En la tabla 1 se pueden apreciar los síntomas más frecuentes presentados por el contagio del COVID-19 y las diferencias entre los síntomas de resfriado y gripe.

Tabla 1

Diferencias entre síntomas (COVID-19, Resfriado, Gripe) [12]

| Síntomas | COVID-19 | Resfriado | Gripe |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Fiebre | Frecuente | Poco frecuente | Frecuente |
| Fatiga | A veces | A veces | Frecuente |
| Tos | Frecuente (seca) | Suave (con flema) | Frecuente (seca) |
| Estornudos | No | Frecuente | No |
| Dolor Muscular | A veces | Frecuente | Frecuente |
| Mocos o Congestión | Poco frecuente | Frecuente | A veces |
| Dolor de Garganta | A veces | Frecuente | A veces |
| Diarrea | Poco frecuente | No | A veces (niños) |
| Dolor de Cabeza | A veces | Poco frecuente | Frecuente |
| Dificultad para Respirar | A veces | No | No |

1.1.3 Modo de Transmisión

La principal forma de transmisión del COVID-19 es por estar cerca de una persona contagiada, a una distancia menor de un metro mediante la transmisión de gotículas respiratorias, que son diminutas gotas de saliva expulsadas por la persona infectada al hablar, estornudar, toser o cantar y cuyo diámetro es de 5 a 10 micrómetros; esto debido a que las gotículas podrían ingresar a otra persona a través de su boca, nariz u ojos [13].

Otro modo de transmisión es por contacto directo con superficies u objetos que haya tocado la persona contagiada, además por los núcleos gotículares (tienen un diámetro menor a los 5 micrómetros) que se hayan esparcido en el aire y pueden llegar a distancias mayores de un metro [13].

Según algunos estudios realizados el COVID-19 también puede estar en las heces de las personas infectadas, sin embargo, hasta el momento no se han presentado casos de contagio por transmisión fecal-oral [13].

1.1.4 Temperatura Corporal

Uno de los síntomas más comunes del COVID-19 es la fiebre, por tal motivo es muy importante conocer cuál es la temperatura normal del cuerpo y cuando se comienza a considerarse fiebre [14].

Según la Organización de la Salud (OMS) la temperatura corporal normal es de 36,5 °C a 37,4 °C, aunque esta variará dependiendo del reloj biológico de cada persona, en las horas de la mañana la temperatura corporal es más baja y en horas de la tarde esta alcanzará su temperatura más alta. Además, las mujeres tienen una temperatura mayor que los hombres en 0,2 °C; un factor de esta variación es debido al momento de la ovulación [14].

A partir de temperaturas de 37,5 °C el cuerpo alerta que algo en el organismo no está funcionando correctamente, a partir de 38 °C se considera fiebre y cuando se supera los 40 °C se considera fiebre muy alta [14] .

Los rangos de temperatura corporal presentan cambios dependiendo donde se realice su medición, esta se puede medir en el ano (rectal), en el oído (timpánica), en la boca (oral), en la axila y en la frente [15].

La relación entre las mediciones de temperatura se detalla a continuación:

- La temperatura oral normal es de aproximadamente 37°C.
- La temperatura rectal es entre 0.3°C y 0.6°C más alta que la temperatura oral.
- La temperatura del oído es entre 0.3°C y 0.6°C más alta que la temperatura oral.
- La temperatura de la axila suele ser entre 0.3°C y 0.6°C más baja que la temperatura oral.
- La temperatura medida en la frente suele ser entre 0.3°C y 0.6°C más baja que la temperatura oral. [15]

Consideraciones que se deben tener en cuenta:

- La temperatura de fiebre 38°C pertenece a la temperatura rectal.
- A los 37,5°C de temperatura en la axila se considera fiebre.
- Se debe evitar tomar la temperatura después del baño o de haber realizado una actividad física, se recomienda esperar por lo menos 20 minutos. [15]

1.1.5 Medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y/o servidores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, artículo 66. De los riesgos biológicos: “Todo trabajador expuesto a virus, hongos, bacterias, insectos, ofidios, microorganismos nocivos para la salud, deberán ser protegidos en la forma indicada por la ciencia médica y la técnica en general” [10].

Los empleadores tanto públicos y privados en coordinación con los responsables de la gestión en prevención de riesgos laborales, salud en el trabajo o talento humano deben adoptar medidas de prevención y control mientras dure la emergencia sanitaria y posterior a ella, realizando evaluaciones y controles del riesgo a la exposición del COVID-19, ya que el contacto con el virus afectaría a los entornos laborales [10]. Un ejemplo de las medidas adoptadas por una empresa se encuentra en la figura 2, en la cual todos los trabajadores utilizan la mascarilla y un visor para proteger su rostro ante la exposición del virus.



Figura 2 Adopción de medidas de bioseguridad implementadas en una fábrica [16]

1.2. Sistemas de Medición de Temperatura Corporal.

A pesar de la lucha constante para combatir los efectos del COVID-19 y minimizar la propagación del virus, esta sigue sin poder estabilizarse. Por este motivo fabricantes de tecnología, IoT y seguridad se han enfocado en el desarrollo e integración de sistemas de seguridad combinadas a inteligencia artificial para aportar soluciones de control enfocadas en la medición de la temperatura corporal sin contacto e instantánea; estos beneficios hacen que sea una solución eficaz para identificar a posibles personas contagiadas y distanciarlos de la multitud, mejorando el cuidado de la salud pública y reduciendo la infección cruzada a través de una medición sin contacto. Las principales

ventajas de los termómetros infrarrojos son su alta precisión, alta eficiencia, gran adaptabilidad y fácil implementación, lo cual resulta ideal para diferentes entornos físicos [7].

1.2.1. Cámara Térmica Tipo Pistola para Temperatura Corporal

Este dispositivo permite la detección rápida de la temperatura corporal sin contacto con precisión de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, la distancia de medición es de hasta 1 metro, su tiempo de carga es de 2.5 horas y puede funcionar hasta 8 horas. En la figura 3 se observa la cámara térmica, esta no es automática por lo que requiere de personal para su funcionamiento [17].



Figura 3 Cámara térmica para temperatura corporal [17]

1.2.2. Terminal de Reconocimiento Facial con Detector de Temperatura de Precisión y Mascarilla

La precisión de la medición de la temperatura corporal de este dispositivo es de $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, distancia de medición 0.3-0.5m, cuenta con reconocimiento facial que usa un algoritmo de inteligencia artificial de aprendizaje constante, emite mensajes de voz con sonido humano, dispone de alarma anti-sabotaje, pantalla LCD de 8 pulgadas, protección contra sobretensiones y protección contra transitorios de voltaje. Este dispositivo se lo puede apreciar en la figura 4, además no cuenta con estación de desinfección de manos [18].



Figura 4 Terminal de reconocimiento facial con detector de temperatura de precisión y mascarilla [18]

1.2.3. Sistema de Reconocimiento Facial Autónomo, Detección de Temperatura, y Estación de Desinfección

Este sistema (figura 5) está diseñado para cubrir las necesidades de seguridad y protección en un sistema seguro de gestión de accesos, que suma, el control de acceso del personal autorizado, con la seguridad sanitaria que aporta la detección de la temperatura corporal sin contacto .Realiza la medición de la temperatura corporal, con una precisión de medición de 0,1°C, a una distancia de 0,5 metros, en 70 milisegundos, y emite un aviso (configurable) si detecta temperatura anormal, o el no uso de mascarilla .Dispone de una pantalla HD Touch Screen de 5”, con indicación del mapa de calor, y acceso desde la pantalla para realizar autentificación cruzada [6].



Figura 5 Sistema de reconocimiento facial autónomo, detección de temperatura, y estación de desinfección [6]

1.3. Termómetros Infrarrojos

Los termómetros infrarrojos miden la radiación electromagnética que es emitida por una persona o un objeto, esta radiación se transforma en señal eléctrica y se muestra en una pantalla digital. La medición es instantánea y muestra el valor medido de la temperatura en pocos segundos, además no presenta riesgos sanitarios ni es peligrosa para la salud, ya que estos termómetros no emiten radiaciones láser, solo recogen la radiación térmica que las personas u objetos emiten [19].

Los termómetros de infrarrojos actualmente son muy utilizados por la emergencia sanitaria producida por el COVID-19 en diferentes negocios o instituciones, para evitar más casos de contagios por su gran rapidez, precisión alta y porque no entran en contacto con las personas. Sin embargo, la confianza en las medidas de estos dispositivos se incrementa con su calibración de forma regular y para una correcta medición las personas deben tener la frente limpia y despejada, además deben permanecer quietas durante la medición [20].

1.3.1. Consideraciones Importantes Para Termómetros Infrarrojos

Entre las consideraciones importantes que se tienen que tomar en cuenta están el campo de visión (tamaño del objetivo y la distancia), el tipo de superficie que se mide (consideraciones de emisividad), respuesta espectral (por efectos atmosféricos o de transmisión a través de superficies), rango de temperatura y de montaje (pistolas de infrarrojo portátiles o sensores IR fijos). Otras consideraciones incluyen el tiempo de respuesta, el medio ambiente, las limitaciones de montaje, el puerto de visualización o aplicaciones de ventanas, y el procesamiento de la señal deseada [21].

1.3.1.1. *Campo de visión*

El campo de visión es el ángulo de visión en el que el instrumento funciona, y está determinado por la óptica del pirómetro. Para obtener una lectura precisa de la temperatura, el objetivo que se mide debe llenar completamente el campo de visión del instrumento. Puesto que el sensor de infrarrojos determina la temperatura media de todas las superficies dentro del campo de visión, si la temperatura de fondo es diferente de la temperatura del objeto, puede llevar a un error de medición [21].

1.3.1.2. La emisividad y su relación con las mediciones de temperatura por infrarrojos

La emisividad se define como la relación de la energía radiada por un objeto a una temperatura dada o cuanta radiación es emitida por un objeto, todos los valores de emisividad caen entre 0.0 y 1.0 [22], en la tabla 2 se encuentran los valores de emisividad más comunes como el valor de un cuerpo negro el cual es 1, una superficie altamente pulida como espejo tiene una emisividad por debajo de 0.1, una superficie oxidada o pintada tienen una emisividad superior y la piel humana tiene una emisividad de entre 0.97 a 0.98 . Mientras la emisividad de un objeto sea más alta será más fácil obtener una medición precisa de la temperatura [21].

Tabla 2

Valores de emisividad de materiales comunes [23]

| Material | Emisividad | Material | Emisividad |
|-----------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Cuerpo Negro | 1 | Grava | 0.95 |
| Piel Humana | 0.98 | Papel | 0.95 |
| Agua | 0.98 | Plástico | 0.95 |
| Amianto | 0.95 | Goma | 0.95 |
| Cerámica | 0.95 | Madera | 0.95 |
| Barro | 0.95 | Cobre (oxidado) | 0.68 |
| Cemento | 0.95 | Acero Inoxidable | 0.1 |
| Tejido | 0.95 | Cobre (pulido) | 0.02 |

1.4. Norma ASTM E1965-98: Especificación Estándar para Termómetros Infrarrojos para la Determinación Intermitente de la Temperatura del Paciente

Esta especificación cubre a los instrumentos electrónicos destinados a la medición y el seguimiento intermitente de temperaturas mediante la detección de la intensidad de la radiación entre el sujeto de medición y el sensor [24].

1.4.1. Terminología

1.4.1.1. Precisión

Capacidad de un termómetro infrarrojo para dar una lectura cercana a la temperatura real [24].

1.4.1.2. Resolución

Muestra el incremento de temperatura mínimo por un termómetro IR en grados Celsius o Fahrenheit [24].

1.4.2. Clasificación

Los termómetros de infrarrojos se pueden clasificar en dos tipos: "termómetro infrarrojo de canal "y" termómetro infrarrojo de piel " [24].

1.4.2.1. Termómetro infrarrojo del canal auditivo

Está diseñado para evaluar la temperatura interna de un sujeto [24].

1.4.2.2. Termómetro infrarrojo de piel

Está diseñado para evaluar la temperatura de la superficie exterior de un sujeto [24].

1.4.3. Requisitos

Los siguientes requisitos se aplicarán a cualquier termómetro infrarrojo etiquetado para cumplir con estas especificaciones [24].

1.4.3.1. Rango de temperatura mostrado

Un termómetro de piel infrarroja debe mostrar la temperatura en un rango mínimo de 22 a 40,0 ° C (71,6 a 104,0 ° F) [24].

1.4.3.2. Error de laboratorio máximo permitido (para termómetro infrarrojo de piel)

El error de precisión no debe ser superior a 0,3 ° C (0,5 ° F) [24].

1.4.3.3. Rango de humedad de funcionamiento

La humedad relativa para el rango de funcionamiento es hasta el 95%, sin condensación [24].

1.4.3.4. Limpieza y desinfección

Rendimiento del instrumento no se degradará mediante el uso de las recomendaciones del fabricante, procedimientos de limpieza y desinfección previstos en el manual de instrucciones [24].

1.4.3.5. Pantalla e interfaz humana

Un termómetro infrarrojo debe indicar el valor de temperatura medido entre el sensor y la persona [24].

1.4.3.6. Materiales de la carcasa

Todos los materiales que pueden entrar en contacto con el operador o un sujeto no deben ser tóxicos [24].

El manual de instrucciones para termómetros de infrarrojos para uso profesional y no profesional debe especificar el sitio del cuerpo (oral, rectal, central) utilizado para hacer referencia a los valores de temperatura ajustados que se muestran [24].

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

Para la realización de este dispositivo se aplicará una metodología CDIO (Concebir-Diseño-Implementación-Operación) “es un modelo del ciclo vital completo del producto, proceso o sistema; esta metodología se basa en el principio de que el desarrollo y la utilización de productos, procesos y sistemas constituyen el contexto apropiado para la formación en ingeniería” [25].

Concebir: se inició con el proceso de análisis de consideraciones del diseño para proponer la selección de materiales tomando en cuenta los requisitos que la norma para termómetros corporales infrarrojos ASTM E1965-98 solicita, para el proceso de selección de materiales se consideraron sus características técnicas, ventajas, desventajas y su disponibilidad en el mercado local.

Diseño: se realizó el proceso de programación de los dispositivos electrónicos seleccionados, se realizaron las conexiones a los diferentes sensores, pantalla, microprocesador, entre otros componentes, seguido de las pruebas de funcionamiento del sistema electrónico. A continuación, se procedió con la ejecución de posibles diseños CAD de la carcasa del prototipo, seleccionando la opción más factible que permita ubicar adecuadamente los dispositivos electrónicos.

Implementación: posteriormente se realizó el prototipado rápido de la carcasa en impresión 3D y se ensambló los diferentes componentes electrónicos con la carcasa.

Operación: se realizó el proceso de calibración del sensor de temperatura y finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento para su validación y aprobación.

2.1. Conceptualización del Sistema de Medición de Temperatura

2.1.1. Consideraciones del Diseño

- Para el proceso de diseño del sistema de medición de temperatura automático se tomó en cuenta que una de las maneras más comunes de contagio del COVID-19 es mediante infecciones cruzadas (contagio de una enfermedad mediante el contacto directo con objetos infectados por un virus [26]), por tal motivo se debe seleccionar un sensor de medición de temperatura que no esté en contacto directo con las personas.

- El sistema debe realizar la medición de temperatura de forma automática para evitar poner en peligro a las personas que realizan el proceso de medición de forma manual, ya que estas deben acercarse demasiado a otras personas para medir su temperatura y la repetitividad de hacer este proceso también los cansaría. Para realizar este proceso se debe investigar cual sensor permita detectar la presencia de la persona que se acerque al dispositivo y en ese momento activar el sistema de medición de forma automática.
- La norma ASTM E1965-98 también menciona que los termómetros corporales deben tener una pantalla o interfaz humana que permita la visualización del valor medido de temperatura.
- En caso de que el sistema de medición detecte una temperatura alta de fiebre se deben activar alarmas luminosas y sonoras para alertar a las otras personas que se encuentran cerca y a los administradores de negocios para que tomen las medidas de bioseguridad correspondientes a tiempo y así poder evitar otros posibles contagios.
- Para darle un valor agregado al dispositivo se pretende realizar una app móvil que permita activar alarmas sonoras y el envío de mensajes de texto al celular en caso de detectar temperatura de fiebre, esta función sería otro método de alerta para que los administradores o responsables de la seguridad de los negocios que se encuentran a una distancia lejana al lugar donde se encuentra el dispositivo, para que puedan alertarse a tiempo y así realizar las acciones de bioseguridad correspondientes. Para que el sistema de medición de temperatura pueda realizar esta función se debe realizar la investigación de cual dispositivo electrónico permite la conexión a internet para ejecutar el proceso de envío de correos electrónicos.
- Se debe tener en cuenta que el dispositivo pueda ser utilizado ya sea en un lugar fijo como también trasladado a lugares externos donde se requiera la medición de la temperatura como requisito para ingresar a un lugar, estos lugares no siempre están cerca de tomacorrientes que suministren energía, por lo que se debe tener en cuenta la implementación de una batería que suministre la energía necesaria para el correcto funcionamiento del sistema.

- Para el diseño de la carcasa se debe tener en cuenta los métodos de fijación, como se mencionó anteriormente el sistema puede estar en un lugar fijo o en lugares externos, por lo que se debe realizar un diseño que permita adaptarse a los trípodes convencionales que existen en el mercado.

2.2. Diseño Electrónico del Sistema de Medición de Temperatura

2.3. Selección de Elementos Electrónicos

2.3.1. Descripción de Sensores de Presencia

2.3.1.1. Sensor de proximidad infrarrojo FC-51

Este tipo de sensor (fig.7) permite detectar la presencia de un objeto mediante la reflexión que produce en la luz. Está compuesto por un emisor y receptor el cual se puede adaptar a luz ambiente y distancia de detección a través de un potenciómetro que viene incluido en la board, dicha distancia se encuentra comprendida entre 2cm~30cm, con un ángulo de detección de 35° [27].

Características técnicas:

- Rango de detección: 2cm -30cm
- Ángulo de cobertura: 35°
- Voltaje de operación: 3.0v a 6.0v
- Consumo: a 3.3v: 23 mA en 5v: 43 mA. [27]
- Dimensiones: 45x14x7 mm

Ventajas:

- Permite regular la distancia de detección
- Puede funcionar a partir de 3.3v que a diferencia del sensor ultrasónico HC-SR04 funciona con 5v.
- El consumo de corriente es menor que el del sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21.
- Su señal es digital por lo que no necesita de un circuito de acondicionamiento de señal.

Desventajas:

- La distancia máxima de detección es corta (30 cm)



Figura 6 Sensor de proximidad infrarrojo FC-51 [27]

2.3.1.2. Sensor de Distancia Ultrasónico HC-SR04

El sensor HC-SR04 (fig.8) es una excelente opción como sensor de distancia ultrasónico. Los grandes beneficios que brinda este dispositivo lo hacen óptimo para su implementación en muchas aplicaciones de control de distancia, es compatible con la mayoría de los microcontroladores del mercado como las tarjetas de Arduino y otras tarjetas electrónicas que funcionen con 5 volts [28].

Características técnicas:

- Alimentación de 5 volts
- Interfaz simple: 4 hilos
- Rango de medición: 2 cm a 400 cm
- Corriente de alimentación: 15 mA
- Frecuencia del pulso: 40 KHz
- Apertura del pulso ultrasónico: 15°
- Señal de disparo: 10 us
- Dimensiones del módulo: 45x20x15 mm. [28]

Ventajas:

- Permite detectar obstáculos que se encuentran a larga distancia, hasta 400 cm.
- La señal de disparo es de 10 us
- El consumo de corriente es menor que el de los sensores de distancia infrarrojos FC-51 y GP2Y0A21

Desventajas:

- El ángulo de apertura del pulso es de 15°
- Su tamaño es más grande que los sensores de distancia infrarrojos FC-51 y GP2Y0A21



Figura 7 Sensor de Distancia Ultrasónico HC-SR04 [28]

2.3.1.3. *Sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21*

El sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21 (fig.9) está conformado de una combinación integrada de PSD (detector de posición sensitivo), un IRED (Diodo emisor de infrarrojo) y un circuito procesador de señales. Este sensor tiene una salida analógica de voltaje proporcionalmente a la distancia detectada. [29]

Características técnicas:

- Rango de medición: 10-80 cm.
- Salida tipo analógica.
- Incluye cable de conexión.
- Consumo de corriente: 30mA.
- Voltaje de alimentación: 4.5 - 5.5V.
- Dimensiones: 43 x 18 x 12 mm

Ventajas:

- La variación en la reflectividad de un objeto, la temperatura ambiente y la duración de operación no son factores influyentes en la detección de distancia debido a método de triangulación usado por el sensor

Desventajas:

- La distancia mínima de detección es de 10 cm
- Señal de salida analógica
- Su consumo de corriente es mayor que el del sensor infrarrojo FC-51 y ultrasónico HC-SR04.



Figura 8 Sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21 [29]

2.3.2. Selección del Sensor de Presencia

Para la selección del sensor de presencia se empleará el método de la matriz morfológica, en la cual se compara las características de cada sensor (tabla 3) y con la evaluación de criterios ponderados se escogerá la mejor opción. La valoración de cada sensor está en la tabla 4, en la que 1 es el valor más bajo y 10 el valor más alto.

Tabla 3

Comparación de los Sensores de Presencia FC-51, HC-SR04 Y GP2Y0A21.

| Características | Sensores de Presencia | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Infrarrojo FC-51 | Ultrasónico HC-SR04 | Infrarrojo GP2Y0A21 |
| | 45x14x7 mm | 45x20x15 mm | 43x18x12 mm |
| Dimensiones | 2 cm | 2 cm | 10 cm |
| Alcance mínimo | 30 cm | 400 cm | 80 cm |
| Alcance máximo | 23 mA | 15 mA | 30 mA |
| Consumo de corriente | 3 | 4 | 3 |
| Pines para interfaz | 3.3 - 5 v | 5 | 4.5 - 5.5 v |
| Voltaje de operación | | | |

Para la selección del sensor de presencia se realizó una tabla comparativa entre los sensores infrarrojo FC-51, GP2Y0A21 y el sensor ultrasónico HC-SR04 (tabla 4); en la cual, mediante un análisis cuantitativo de sus diferentes características técnicas, el puntaje obtenido por el sensor infrarrojo FC-51 es el más alto, por tanto, es el más adecuado para este proyecto.

Tabla 4

Selección del Sensor de Presencia

| Características | Sensores de Presencia | | |
|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Infrarrojo FC-51 | Ultrasónico HC-SR04 | Infrarrojo GP2Y0A21 |
| | 10 | 7 | 8 |
| Dimensiones | 10 | 7 | 8 |
| Alcance mínimo | 10 | 10 | 3 |
| Consumo de corriente | 8 | 10 | 5 |
| Pines para interfaz | 10 | 8 | 10 |
| Voltaje de operación | 10 | 7 | 8 |
| TOTAL | 48 | 42 | 34 |

2.3.3. Descripción de Microcontroladores

2.3.3.1. *Arduino Nano*

El Arduino Nano (fig.10) es una placa pequeña, completa que tiene casi la misma funcionalidad del Arduino UNO, carece de un conector de alimentación de CC y funciona con un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar. [30]

Características técnicas:

- Microcontrolador: Atmel ATmega328
- Tensión de Operación :5 V
- Pines E/S Digitales: 14 (6 proveen de salida PWM)
- Entradas Analógicas: 8
- Memoria Flash: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- EEPROM: 1 KB
- Frecuencia de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18,5mm x 43,2mm [30]

Ventajas:

- Su tamaño es pequeño, ideal para proyectos que necesiten optimizar sus dimensiones.

- Tiene 14 pines E/S digitales

Desventajas:

- No cuenta con conexión Wifi, indispensable para cumplir con los requisitos de diseño de este proyecto.

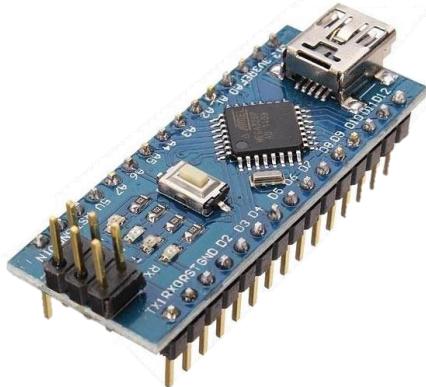


Figura 9 Arduino Nano V3 [30]

2.3.3.2. Microcontrolador NodeMCU ESP8266

NodeMCU (fig.11) es una pequeña placa Wifi compatible con Arduino, su uso se centra en la implementación de proyectos IoT. Una gran ventaja de esta tarjeta es la incorporación de un regulador de tensión, además cuenta con una entrada USB de programación, aunque también se puede programar con LUA o mediante el IDE de Arduino [31].

Características técnicas:

- Procesador: ESP8266 @ 80MHz (3.3V) (ESP-12E)
- 4MB de Memoria FLASH
- WiFi 802.11 b/g/n
- Regulador 3.3V integrado (500mA)
- Conversor USB-Serial CH340G / CH340G
- Función Auto-reset
- 9 pines GPIO con I2C y SPI
- 1 entrada analógica (1.0V máx.)
- 4 agujeros de montaje (3mm)
- Pulsador de RESET
- Entrada alimentación externa VIN (20V Max) [31].

Ventajas:

- Cuenta con conexión Wifi, cumpliendo con los requisitos de diseño planteados para este proyecto.
- Tienen 3 pines que suministran voltaje de 3.3v, los cuales permiten el funcionamiento a los diferentes sensores.
- Cuenta con 4 agujeros en cada esquina que facilitan el montaje en la carcasa del sistema de medición de temperatura.

Desventajas:

- Cuenta con menos número de pines digitales que el Arduino nano.



Figura 10 NodeMCU ESP8266 [31]

2.3.3.3. WeMos D1 Mini

La tarjeta electrónica WeMos D1 Mini (fig.12) contienen el microcontrolador ESP-8266X, su pequeño tamaño le permite adecuarse para pequeños proyectos que requieran poco espacio y conectividad Wifi-integrada con flash de 4 MB.

Características técnicas:

- Microcontrolador: ESP-8266EX
- Voltaje de funcionamiento: 3.3V
- Pines de E / S digitales: 11
- Entrada analógica: 1 (entrada máx.: 3.2V)
- Velocidad de reloj: 80MHz / 160MHz
- Flash: 4M bytes
- Longitud 34.2mm
- Ancho 25.6mm
- Peso 10 g

Ventajas:

- Ideal para pequeños proyectos que requieran poco espacio y conectividad Wifi-integrada.
- La placa contiene una entrada de USB mini para usar directamente desde le IDE Arduino sin más componentes adicionales.
- Son 3 métodos básicos para usar Wemos. Comandos AT, lenguaje de programación LUA con firmware NodeMCU y nuestro IDE Arduino favorito y más simple.

Desventajas:

- Pocas Entradas/Salidas digitales
- Sola una entrada analógica
- Tiene solo dos pines para suministro de voltaje.



Figura 11 WeMos D1 Mini

2.3.4. Selección del Microcontrolador

Para la selección del microcontrolador se empleará el método de la matriz morfológica, en la cual se compara las características de cada dispositivo (tabla 5) y con la evaluación de criterios ponderados se escogerá la mejor opción. La valoración de cada microcontrolador está en la tabla 6, en la que 1 es el valor más bajo y 10 el valor más alto.

Tabla 5

Comparación entre Microcontroladores: Arduino Nano V3, ESP8266, Wemos D1 Mini

| Características | Microcontroladores | | |
|--------------------------------|---------------------------|----------|------------------|
| | Arduino Nano V3 | ESP8266 | Wemos D1 Mini |
| Dimensiones | 43.2x18.5 mm | 47x21 mm | 34.2x25.6 |
| Pines Digitales | 14 | 11 | 11 |
| Pines Analógicos | 8 | 1 | 1 |
| Wifi | No | Si | Si |
| Memoria Flash | 32 KB | 4 MB | 4MB |
| Pines de suministro de voltaje | 2 | 3 | 2 |
| Disponible en mercado local | SI | SI | NO |

Para la selección del microcontrolador se realizó una tabla comparativa entre Arduino nano, módulo Wifi ESP8266 y el módulo Wemos D1 mini (tabla 6); en la cual mediante un análisis cuantitativo de sus diferentes características técnicas se concluye que el módulo Wifi ESP8266 tiene mayor puntaje con respecto a los otros microcontroladores y cumple con los requisitos de diseño necesarios para este proyecto.

Tabla 6

Selección del Microcontrolador

| Características | Microcontroladores | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------|------------------|
| | Arduino Nano V3 | ESP8266 | Wemos D1 Mini |
| Dimensiones | 9 | 8 | 10 |
| Pines Digitales | 10 | 9 | 9 |
| Pines Analógicos | 10 | 5 | 5 |
| Wifi | 0 | 10 | 10 |
| Memoria Flash | 5 | 10 | 10 |
| Pines de suministro de voltaje | 8 | 10 | 8 |
| Disponible en mercado local | 10 | 10 | 5 |
| TOTAL | 52 | 62 | 57 |

2.3.5. Descripción de Pantallas

2.3.5.1. Pantalla LCD Nokia 5110

La pantalla Nokia 5110 (fig.13) es una pantalla LCD con resolución de 84x48 pixeles, su microcontrolador PCD8544 es desarrollado por Philips, interfaz serial SPI, monocromática y cuenta con luz de fondo. [32].

Características técnicas:

- Voltaje de Operación: 2.7V a 3.3V
- Corriente de Operación: 5mA (luz apagada) y 20mA (luz encendida)
- Temperatura de Operación: -10 °C a 70°C
- Tamaño: 4.5x4.5 cm

Ventajas:

- Es una pantalla amplia que permitiría visualizar el valor medido de la temperatura a largas distancias
- Cuenta con luz de fondo que mejora la visualización de los valores presentados en la pantalla
- Puede funcionar con voltaje bajo de 2.7v
- El consumo de corriente con luz apagada es muy bajo con apenas 5 mA

Desventajas:

- Su interfaz serial es mediante SPI



Figura 12 Pantalla LCD Nokia 5110 [33]

2.3.5.2. Pantalla OLED 0,96" 128x64

La Pantalla OLED de 0,96" (fig.14) con resolución de 128x64 píxeles, tiene un ángulo de visión mayor de 160°. Trabaja por bus I2C, es capaz de mostrar dos colores, azul y amarillo, las primeras 16 filas de píxeles son amarillas y las restantes 48 filas son azules, su tamaño es pequeño de tan solo 30x28mm, la fuente de alimentación puede ser de 3.3v a 5v y su consumo de corriente es de apenas 20mA [34].

Características técnicas:

- Voltaje de operación: 3 ~ 5 VCD
- Comunicación: I2C
- Driver IC: SSD1306
- Angulo de visión: 160°
- Tamaño pantalla: 0,96"
- Resolución: 128 x 4
- Color: Azul, Amarrillo – Azul o blanco (Especificar color o se enviará de acuerdo a disponibilidad)
- Temperatura de operación: -30 ~ 80 °C

Ventajas:

- Su comunicación serial es I2C, lo que permite que se necesiten menos pines digitales para su funcionamiento.
- Permite una visualización más nítida

Desventajas:

- Su tamaño es muy pequeño, por lo que se dificulta la visualización a largas distancias.

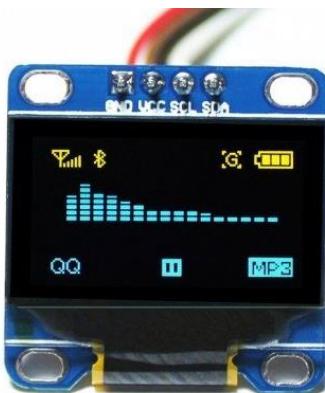


Figura 13 Pantalla OLED 0,96" 128x64 [34]

2.3.5.3. Pantalla LCD 16X2

La pantalla LCD 16×2 (fig.15) con luz de fondo azul e interfaz I2C, ideal para proyectos de robótica, puedes controlarlo con Arduino, PIC, Raspberry, etc. [35]

Características técnicas:

- Voltaje de alimentacion:5V CC
- Tipo display: Alfanumérico
- Color de fondo: Verde
- Tamaño zona de display: 66 x 16mm
- Medidas: 80 x 36 x 13.2mm
- Iluminación: Led
- Tipo de Controlador: HD44780
- Número de pines: 16 [35]

Ventajas:

- Su tamaño es amplio
- Cuenta con iluminación led

Desventajas:

- El ancho de los valores que se pueden visualizar es pequeño
- Para la interfaz I2C se necesita adquirir un módulo adaptador de LCD a I2C



Figura 14 Pantalla LCD 16X2 [35]

2.3.6. Selección de la Pantalla

Para la selección de la pantalla de visualización se empleará el método de la matriz morfológica, en la cual se compara las características de cada pantalla (tabla 7) y con la evaluación de criterios ponderados se escogerá la mejor opción. La valoración de cada sensor está en la tabla 8, en la que 1 es el valor más bajo y 10 el valor más alto.

Tabla 7

Comparación entre las Pantallas LCD Nokia 5110, OLED 0,96" Y LCD 16X2

| Características | Pantallas | | |
|--------------------------------|-------------------|------------|----------|
| | LCD Nokia 5110 | OLED 0,96" | LCD 16X2 |
| Dimensiones | 45x45 mm | 30x28 mm | 80x36 mm |
| Interfaz | SPI | I2C | SPI |
| Consumo de corriente | 20 mA | 20 mA | 25mA |
| Voltaje de operación | 2.7-3.3v | 3-5v | 5v |
| Precio (dólares) | 5.5 | 8 | 5 |
| Disponible en mercado local | SI | SI | SI |

Para la selección de la pantalla se realizó una tabla comparativa entre las pantallas LCD Nokia 5110, OLED 0,96'' y LCD 16X2 (tabla 8); en la cual mediante un análisis cuantitativo de sus diferentes características técnicas se concluye que la pantalla LCD Nokia 5110 obtuvo el mayor puntaje con respecto a las otras pantallas, concluyendo que es la más adecuada para este proyecto.

Tabla 8

Selección de la Pantalla

| Características | Pantallas | | |
|--------------------------------|-------------------|------------|-----------|
| | LCD Nokia 5110 | OLED 0,96" | LCD 16X2 |
| Dimensiones | 10 | 7 | 8 |
| Interfaz | 8 | 10 | 8 |
| Consumo de corriente | 10 | 10 | 8 |
| Voltaje de operación | 10 | 9 | 7 |
| Precio (dólares) | 9 | 7 | 10 |
| Disponible en mercado local | 10 | 10 | 10 |
| TOTAL | 57 | 53 | 51 |

2.3.7. Descripción de Sensores de Temperatura sin Contacto

2.3.7.1. Sensor de Temperatura Infrarrojo MLX90614

El sensor infrarrojo MLX90614 (fig.16) sirve para mediciones de temperatura sin contacto, constituido con un amplificador de bajo ruido ADC de 17 bits y una potente unidad DSP, permitiendo así una alta precisión y resolución del termómetro [36].

Características técnicas:

- Calibrado de fábrica en un amplio rango de temperatura: -40 a 125 ° C para la temperatura del sensor y -70 a 380 ° C para la temperatura del objeto.
- Alta precisión de 0.3° C en un amplio rango de temperatura.
- Resolución de medición de 0.02 ° C [36].

Ventajas:

- Ideal para medición de la temperatura corporal
- Alta precisión, acorde a la recomendada por la norma para termómetros corporales ASTM E1965-98.
- Solo necesita dos pines digitales para realizar la interfaz con el microcontrolador.



Figura 15 Sensor de temperatura infrarroja MLX90614 [27]

2.3.7.2. Cámara Infrarroja MLX90640

La cámara infrarroja MLX90640 (fig.17) de 32x24 píxeles es adecuada para aplicaciones de seguridad y conveniencia que incluyen sistemas de prevención de

incendios, edificios inteligentes, iluminación inteligente, cámaras IP / de vigilancia, equipos HVAC y detección de ocupación de asientos de vehículos. [37]

Características:

- Rango de temperatura operativa de -40 a 85 °C, permite el despliegue en entornos industriales difíciles
- Puede medir la temperatura del objeto entre -40 y 300 °C
- Una precisión típica de la temperatura del objeto objetivo de 1 °, precisión en toda su escala de medición
- No es necesario volver a calibrar los requisitos de temperatura específicos, lo que garantiza una mayor comodidad y reduce los gastos operativos
- Interfaz digital compatible con I²C, que simplifica la integración [37]

Ventajas:

- Amplio rango de medición de temperatura (-40 hasta 300 °C)
- Compatible para microprocesadores como Arduino, Raspberry PI.

Desventajas:

- Su uso es para aplicaciones industriales como sistemas de prevención de incendios o seguridad, que a diferencia del sensor MLX90614 el fabricante no menciona para uso de medición de temperatura corporal.
- Precisión de $\pm 1^{\circ}\text{C}$, la norma para termómetros corporales ASTM E1965-98 recomienda el error de precisión hasta $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, lo cual descarta su posibilidad para selección.



Figura 16 Cámara Infrarroja MLX90640 [38]

2.3.7.3. Sensor de Temperatura Infrarrojo PYROCUBE

El sensor infrarrojo PYROCUBE (fig.18) es ideal para la medir la temperatura de los plásticos de película delgada, cuenta con una longitud de onda de medición especial

de 3,4 μm para medir con precisión la temperatura de muchos tipos de películas de plástico que no se pueden medir con sensores de propósito general. [39]

Ventajas:

- Un tiempo de respuesta extremadamente rápido de 10 ms
- Incluye una pantalla Touch Screen
- Cuenta con un LED que muestra la posición donde se toman las lecturas [39]

Desventajas:

- Rango de medición de temperatura de 120 °C a 350 °C.
- Su precio es de 170 dólares, el cual es mucho más elevado que los anteriores sensores de temperatura.
- Precisión de ± 4 °C [39]



Figura 17 Sensor de Temperatura Infrarrojo PYROCUBE [39]

2.3.8. Selección del Sensor de Temperatura sin Contacto

Para la selección del sensor de temperatura sin contacto se empleará el método de la matriz morfológica, en la cual se compara las características de cada sensor (tabla 9) y con la evaluación de criterios ponderados se escogerá la mejor opción. La valoración de cada sensor está en la tabla 10, en la que 1 es el valor más bajo y 10 el valor más alto.

Tabla 9

Comparación entre los Sensores de Temperatura MLX90614,MLX90640 y PYROCUBE

| Sensores de Temperatura Infrarrojos | | | |
|--|----------|----------|------------|
| Características | MLX90614 | MLX90640 | PYROCUBE P |
| Medición mínima (°C) | -40 | -40 | 120 |
| Medición máxima (°C) | 125 | 300 | 350 |
| Consumo de corriente | 1.3 mA | 23 mA | 60 mA |
| Voltaje de operación | 3v | 5v | 12v |
| Precisión (°C) | ±0.3 | ±1 | ±4 |
| Para cuerpo humano | SI | NO | NO |
| Disponible en mercado local | SI | NO | NO |

Para la selección del sensor de temperatura sin contacto se realizó una tabla comparativa entre los sensores infrarrojo MLX90614, PYROCUBE P y la cámara infrarroja MLX90640 (tabla 10); en la cual mediante un análisis cuantitativo de sus diferentes características técnicas se concluye que el sensor infrarrojo MLX90614 es el más adecuado para este proyecto ya que cumple con los requisitos de diseño y la norma para termómetros corporales ASTM E1965-98.

Tabla 10

Selección del Sensor de Temperatura

| Sensores de Temperatura Infrarrojos | | | |
|--|-----------|-----------|------------|
| Características | MLX90614 | MLX90640 | PYROCUBE P |
| Medición mínima (°C) | 10 | 10 | 6 |
| Medición máxima (°C) | 7 | 9 | 10 |
| Consumo de corriente | 10 | 6 | 5 |
| Voltaje de operación | 10 | 9 | 6 |
| Precisión (°C) | 10 | 7 | 4 |
| Para cuerpo humano | 10 | 0 | 0 |
| Disponible en mercado local | 10 | 0 | 0 |
| TOTAL | 67 | 41 | 31 |

2.3.1.Diodos led

El diodo emisor de luz (LED) (fig.19) es una fuente de luz que emite fotones cuando se recibe una corriente eléctrica de muy baja intensidad, generalmente se encierra en un material plástico de color que acentúa la longitud de onda generada por el diodo y ayuda a enfocar la luz en un haz. Estos trabajan a tensiones más o menos 2 voltios [40].



Figura 18 Diodo LED [40]

2.3.2.Módulo de Carga y Fuente TP4056

El Módulo TP4056 (fig.20) es un minúsculo dispositivo para la carga de baterías LiPo de una sola celda de 3.7V, este módulo ofrecerá una corriente de carga de 1A y luego se cortará cuando haya terminado de cargar, lo que ayudará a optimizar el tiempo de vida útil de tu batería. Además, incluye su circuito de protección, para que se la batería no reciba ningún daño. [41]

Características:

- Método: carga lineal del 1%
- Corriente de carga: 1A
- Exactitud de la carga: 1.5%
- Voltaje de entrada: 4.5V-5.5V
- Indicador LED: Rojo está cargando, y VERDE se carga por completo
- Carga de interfaz de entrada: Micro/Mini USB
- Temperatura de trabajo: -10 °C a + 85 °C
- Dimensiones: 25 x 19 x 10mm



Figura 19 Módulo de Carga y Fuente TP4056 [41]

2.3.3. Circuito Integrado 74HC959N

El circuito integrado 74HC959N (fig.21) permite el registro de desplazamiento CMOS de alta velocidad, con una entrada serie y salida paralela de ocho bits, con el cual se pueden manejar ocho salidas de voltaje con tan solo tres pines del microcontrolador.

Características:

- Encapsulado: PDIP de 16 pines.
 - Voltaje de alimentación: Desde 2 VDC hasta 6 VDC.
 - Bajo consumo de energía máximo: 80 uA
 - Bajo Tiempo de Respuesta: 13nseg típico.



Figura 20 Circuito Integrado 74HC959N [42]

2.3.4. Buzzer (Zumbador)

Un buzzer (fig.22) es un dispositivo electrónico que produce un sonido ya sea continuo o intermitente de un mismo tono, es ideal para hacer música con microcontroladores para crear melodías, timbres, señalización o aviso para alarmas. Funciona con voltaje de entre 3 a 7 volts y su diámetro es de 12 mm [43].



Figura 21 Buzzer o Zumbador [43]

2.3.5. Diseño del Circuito Electrónico

El cerebro del sistema de medición de temperatura es el microcontrolador NodeMCU ESP8266, este dispositivo permite la comunicación inalámbrica a internet, lo cual es muy importante para este proyecto debido a que se deben subir los datos de temperatura obtenidos por el sensor MLX90614 a la base de datos “Firebase” para que permita la comunicación de datos con la app móvil realizada en la página “Mit App Inventor”.

El diseño del circuito electrónico está conformado por el microcontrolador NodeMCU ESP8266 (fig.10), el sensor de proximidad infrarrojo FC-51 (fig.6) este detectará la presencia de la persona a la cual se le medirá la temperatura, una vez detectada la presencia se activa el sensor de temperatura infrarrojo MLX90614 (fig.15), y el buzzer (fig.21) por 0.5 segundos y en la pantalla LCD Nokia 5110 (fig.12) se visualiza el valor medido de la temperatura. También se agregaron elementos visuales para su interacción con el usuario que se activarán de la siguiente manera, si el valor medido de la temperatura es menor a 37.5°C se activarán dos leds verdes y permitirá energizar una bornera; y si la temperatura es igual o mayor a los 37.5°C se activarán dos leds rojos, una bornera y el buzzer al mismo tiempo durante 5 segundos.

El sistema de medición también cuenta con una batería de Litio de 2600 mAh que permitirá energizar a todos los componentes del circuito, brindando así la posibilidad de que el dispositivo pueda usarse en lugares donde no haya un tomacorriente cercano. Además, para cargar la batería se cuenta con un módulo cargador de baterías TP4056 (fig.19).

En la figura 22 se puede apreciar el esquema de las conexiones de todos los elementos que conforman el circuito electrónico del sistema de medición de temperatura.

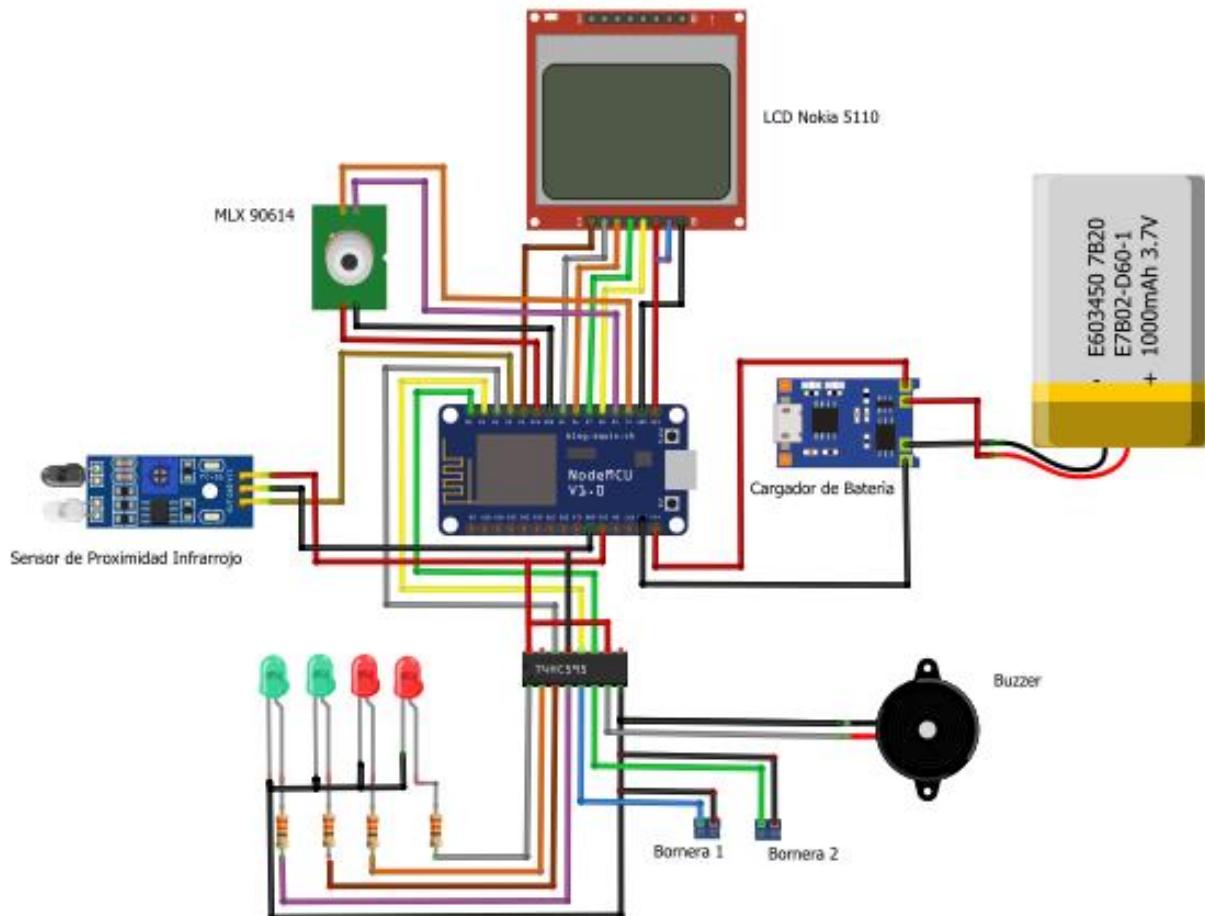


Figura 22 Esquema de las Conexiones del Circuito Electrónico

2.4. Diagrama de Flujo del Programa en Arduino

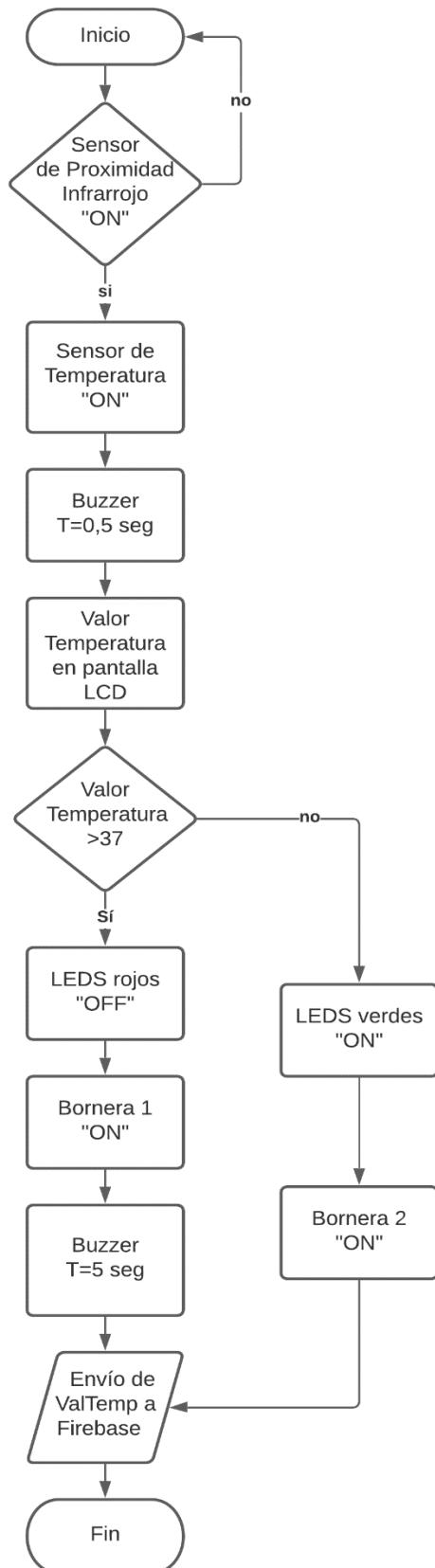


Figura 23 Diagrama de Flujo del Programa en Arduino

2.5. Calibración de Sensor de Temperatura Infrarrojo

La calibración es el proceso de comparar las mediciones realizadas por un instrumento con otras realizadas con un instrumento patrón de mayor exactitud, con el objetivo de detectar y eliminar por ajuste los errores en el instrumento que se está calibrando. Se debe tomar en cuenta la estabilidad de la temperatura, la uniformidad, las propiedades físicas de la superficie emisora como es la emisividad, el tamaño y la distancia entre la superficie a medir y el termómetro a calibrar juega un papel fundamental en el resultado de la medida [20].

Para el proceso de calibración del sensor infrarrojo se va a utilizar como base de referencia de medidas o referencia patrón a un termómetro infrarrojo comercial tipo pistola modelo GP-300 (fig.24). Este dispositivo está diseñado para medir la temperatura corporal de una persona a través de su oído o frente, puede almacenar hasta 32 datos de temperatura y es ideal para compañías que deseen controlar la temperatura de su personal para la detección de fiebre como método de prevención del COVID-19.

Características:

- Margen de error: $\pm 0,2 ^\circ\text{C}$
- Tiempo de medición: 1 segundo
- Luz de fondo de la pantalla: 3 colores (verde cuando la temperatura es normal, naranja cuando la temperatura es de fiebre leve y rojo cuando hay fiebre alta)



Figura 24 Termómetro Infrarrojo Modelo GP-300 [44]

2.6. Ubicación correcta del cuerpo para medir la temperatura

Se recomienda que la medición de temperatura con el termómetro infrarrojo se realice apuntando en la frente de la persona; para una medición más precisa la persona debe estar un breve tiempo en reposo, tener la frente libre de cabellos, sombrero, gorro o cualquier objeto que cubra esta zona [45].

Aunque muchas personas quieren evitar que se les tomen la temperatura en la frente argumentando que se le puede dañar las neuronas del cerebro, se ha asegurado que no hay evidencias científicas que confirmen esta teoría. Los termómetros infrarrojos corporales han sido diseñados para el uso en humanos, por lo cual no hay ningún peligro [45].

2.7. Diseño Mecánico del Dispositivo

Para definir el diseño de la carcasa del dispositivo se tiene que tomar en cuenta las consideraciones de diseño planteadas. Teniendo en cuenta que la medición de la temperatura debe ser sin contacto, se realizó una investigación sobre los sensores de temperatura infrarrojos, seleccionando así al sensor MLX90614, el cual es un dispositivo electrónico que cumple con el requisito de precisión que las normas internacionales recomiendan para los termómetros infrarrojos. Este sensor será ubicado en la cara frontal del dispositivo a realizar, debido a que la zona más recomendable para la toma de temperatura en las personas es en la frente.

2.7.1. Opciones de Diseño

Durante el desarrollo del diseño de la carcasa esta fue cambiando conforme a las necesidades que surgían con el objetivo de mejorar su funcionabilidad y ser más llamativa para los usuarios.

2.7.1.1. Opción 1 de Diseño

Para que el dispositivo funcione automáticamente se debe incorporar un sensor que permita detectar cuando la persona se acerque a una distancia establecida al sistema y en ese momento realizar el proceso automático de medición de temperatura. El dispositivo seleccionado para realizar este proceso es el sensor de proximidad modelo FC-51, el cual se ubicará en la parte frontal de la carcasa (fig.25), debido a que debe detectar la presencia de la frente de las personas que van a realizar el proceso de medición de temperatura.

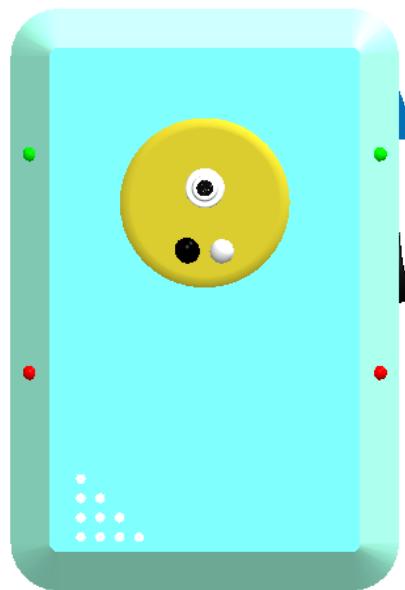


Figura 25 Cara Frontal de la Opción 1 del Diseño de la Carcasa

Para la visualización del valor medido de temperatura se ubicará una pantalla LCD Nokia 5110, está se ubicará en la parte lateral izquierda de la carcasa (fig.26) para que las personas encargadas de cuidar o administrar los negocios puedan visualizar los valores de la temperatura de las personas que ingresan a sus locales comerciales.

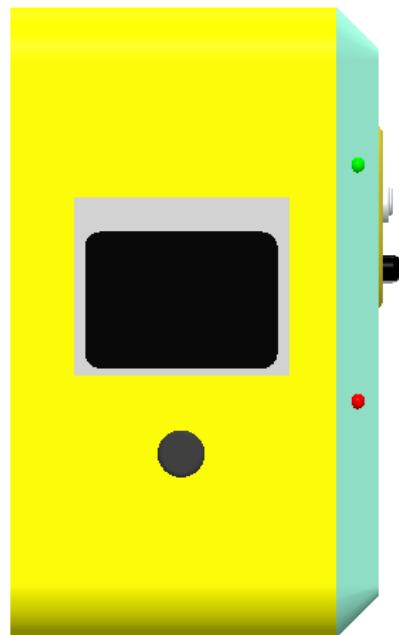


Figura 26 Cara Lateral Izquierda de la Opción 1 del Diseño de la Carcasa

En la primera opción que se diseñó la parte frontal donde contiene a los sensores de proximidad y de temperatura es plana, sin embargo, no se consideró que para una mayor precisión de temperatura la distancia entre el sensor y el objeto a medir no debe ser demasiado larga. Por tanto, este diseño quedaría obsoleto debido a que la nariz de los usuarios chocaría con la parte frontal de la carcasa.



Figura 27 Opción 1 del Diseño de la Carcasa

Cabe mencionar que para la primera opción de diseño se realizó una sola pieza hueca donde contendría a todos los elementos electrónicos en su interior.

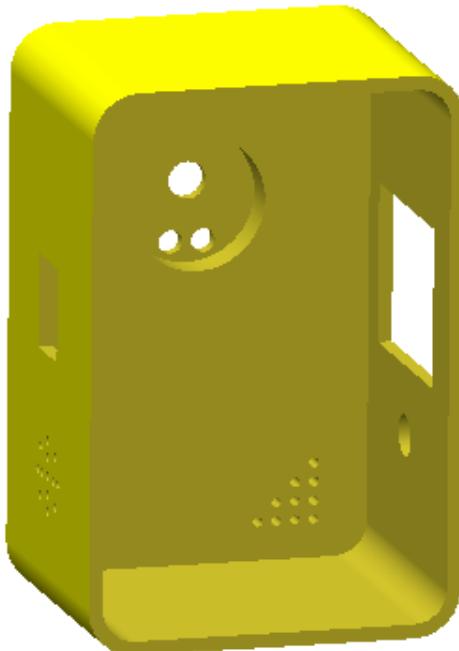


Figura 28 Interior de la Carcasa de la Opción 1

2.7.2. Opción 2 de Diseño

En la segunda opción se mejoró el diseño de la carcasa teniendo en cuenta la forma de la nariz de las personas, por tal motivo se realizó la inclinación en la cara frontal (fig.29) para evitar el choque entre la nariz y la parte frontal de la carcasa. En la figura 30 se puede observar que la parte circular que contiene al sensor de temperatura y al sensor de proximidad se sobresalió 2cm, con el objetivo de acercar la toma de temperatura en la frente y para que en su interior permita sostener al sensor de proximidad.

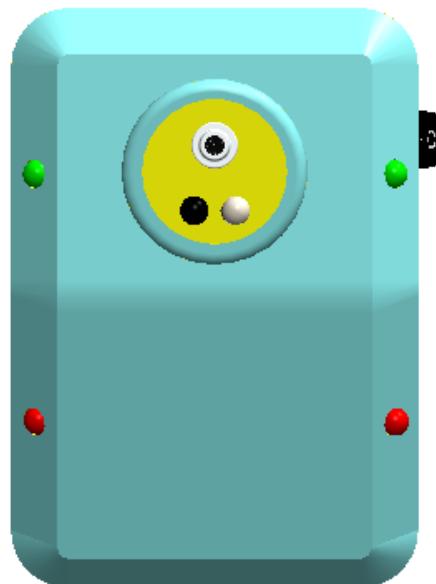


Figura 29 Cara frontal de la Opción 2 de la Carcasa

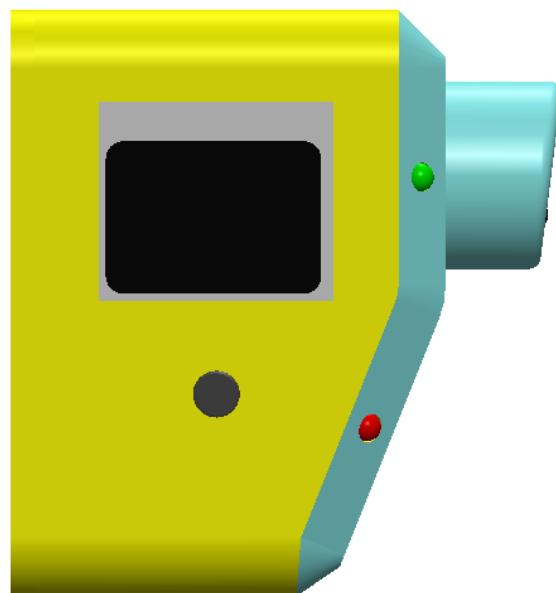


Figura 30 Cara Lateral Izquierda de la Opción 2 de la Carcasa

Se utilizarán 4 diodos led para activar el sistema de alarma luminosa, 2 leds verdes se activarán cuando la temperatura medida se encuentre en un rango de temperatura normal y 2 leds rojos se encenderán cuando se detecte temperatura de fiebre, un led verde y un led rojo se encuentran a cada lado del sistema a realizar para que las personas que se encuentran a los costados de la persona que se realiza la medición puedan observar si la persona está o no con temperatura. Para la alarma sonora se empleará un buzzer; cuando se detecte una temperatura de fiebre los leds rojos y el buzzer estarán activos al mismo tiempo con una duración de 5 segundos.

El sistema de medición de temperatura también incorporará dos borneras cuyas salidas son de 3v cada una, en estas borneras los administradores de las tiendas pueden conectar otros dispositivos electrónicos que funcionen con bajo voltaje, estos pueden ser más buzzer, leds, etc. Estas borneras se ubicarán en la cara lateral derecha de la carcasa (fig.31).

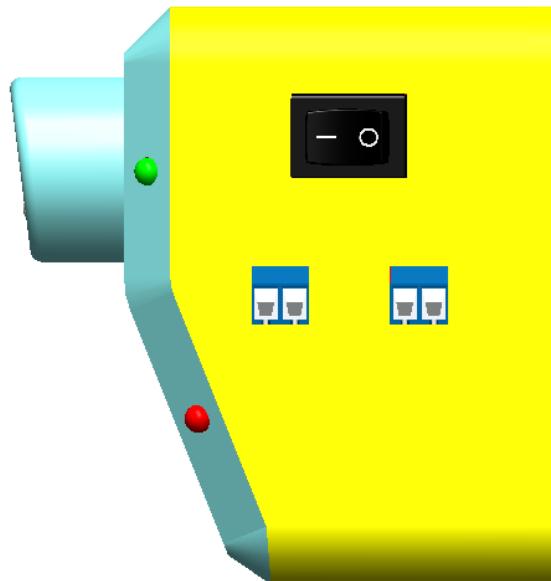


Figura 31 Cara Lateral Derecha de la Opción 2 de la Carcasa

Con respecto a la fijación del sistema, este tiene tres métodos de sujeción; en la parte posterior del dispositivo (fig.32) se encuentra la tapa (fig.33) que cubre los componentes electrónicos, aquí se encuentra un orificio en el cual se le puede ingresar sobre la cabeza de un clavo que este sujetado en la pared. El sistema también puede ser sujetado con trípodes de cámaras o teléfonos debido a que las dos caras laterales de la carcasa son planas, esto facilita la adhesión con las pinzas planas que tienen los trípodes

y en la cara inferior de la carcasa (fig.34) se encuentra un espacio hueco en el cual se le puede introducir algún tubo que permita mantener firme al dispositivo.

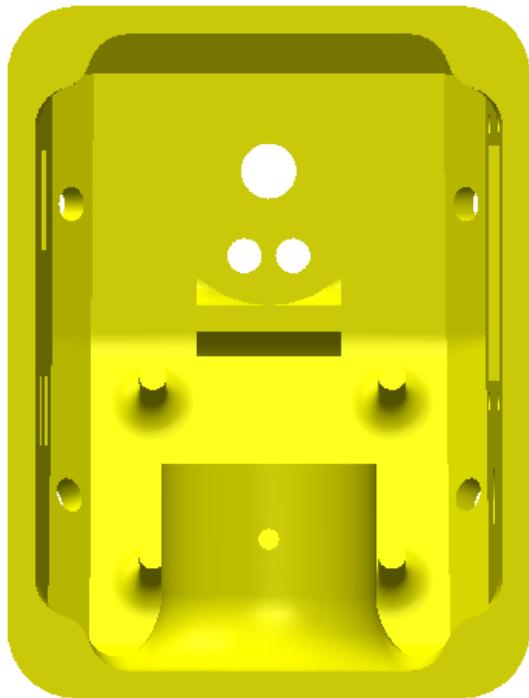


Figura 32 Cara Posterior de la Carcasa de la Opción 2

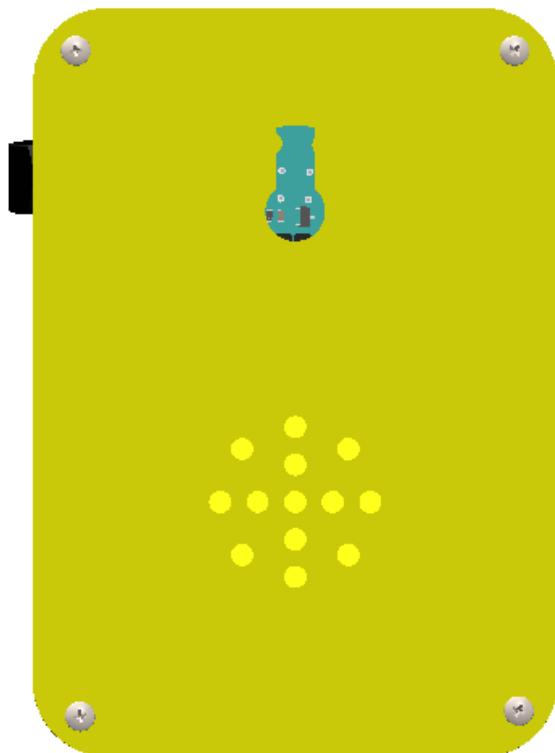


Figura 33 Tapa de la Carcasa3



Figura 34 Cara Inferior de la Carcasa de la Opción 2

En la opción 2 la pieza principal de la carcasa es una sola, en las 4 esquinas se realizaron extrucciones circulares donde se encuentran las perforaciones que sirven para ajustar la tapa con la pieza de la carcasa principal mediante cuatro tornillos, en estas extrucciones también se realizaron redondeos con las paredes de la carcasa para brindar mayor resistencia a la pieza al momento de ajustar y desajustar los tornillos.

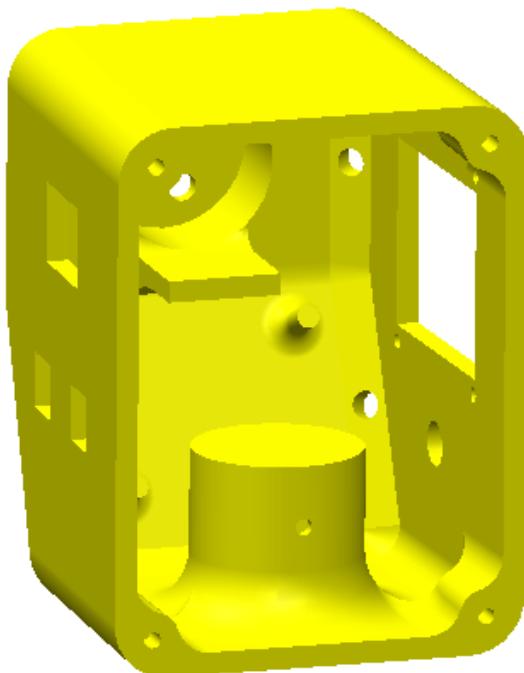


Figura 35 Interior de la Carcasa de la Opción 2

2.7.3. Opción 3 de Diseño – Diseño Final

Después de presentar el diseño a tutores expertos en el campo, se tomó en cuenta sus recomendaciones y se realizaron las siguientes correcciones.

Se realizó la modificación en cuanto al ángulo de desmoldeo de 2° , se realizó esta modificación en caso de que se requiera realizar la producción de esta pieza en masa y con este ángulo permite el desprendimiento de la pieza con respecto al molde de una manera más fácil. En la cara superior de la carcasa (fig.36) se puede apreciar la abertura que este ángulo genera en la carcasa.

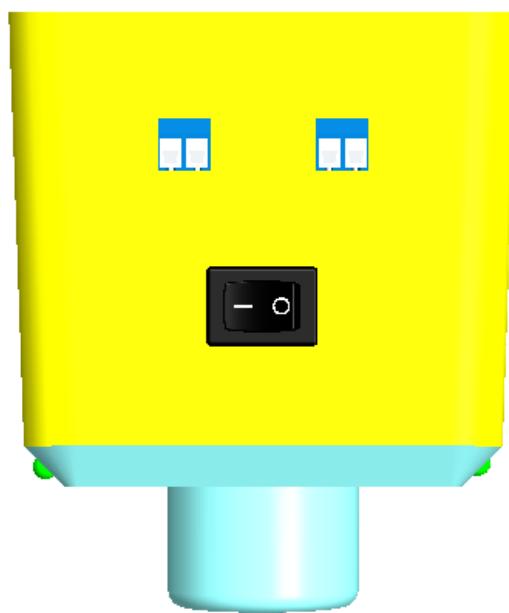


Figura 36 Cara Superior de la Carcasa de la Opción 3

También se trasladó la posición de las dos borneras y el botón de encendido/apagado debido al tamaño de las baterías que alimentarán al circuito, estas se colocarán en la pared del lado lateral derecho de la carcasa.

Otra recomendación sugerida por el técnico docente encargado de las impresiones 3D fue de dividir a la pieza principal de la carcasa en partes para facilitar el proceso de impresión y dar la facilidad de cambiar partes que tal vez necesiten ciertas modificaciones sin tener que volver a imprimir toda la pieza, si no solo la pieza que necesita modificarse, esto ahorraría mucho tiempo de impresión y material. En la figura 37 se puede apreciar la pieza de la carcasa principal con los diferentes orificios que almacenarán a las otras piezas que contienen a los sensores de temperatura y al sensor de proximidad, también a la pieza donde se colocará el tubo que permitirá la sujeción del dispositivo.

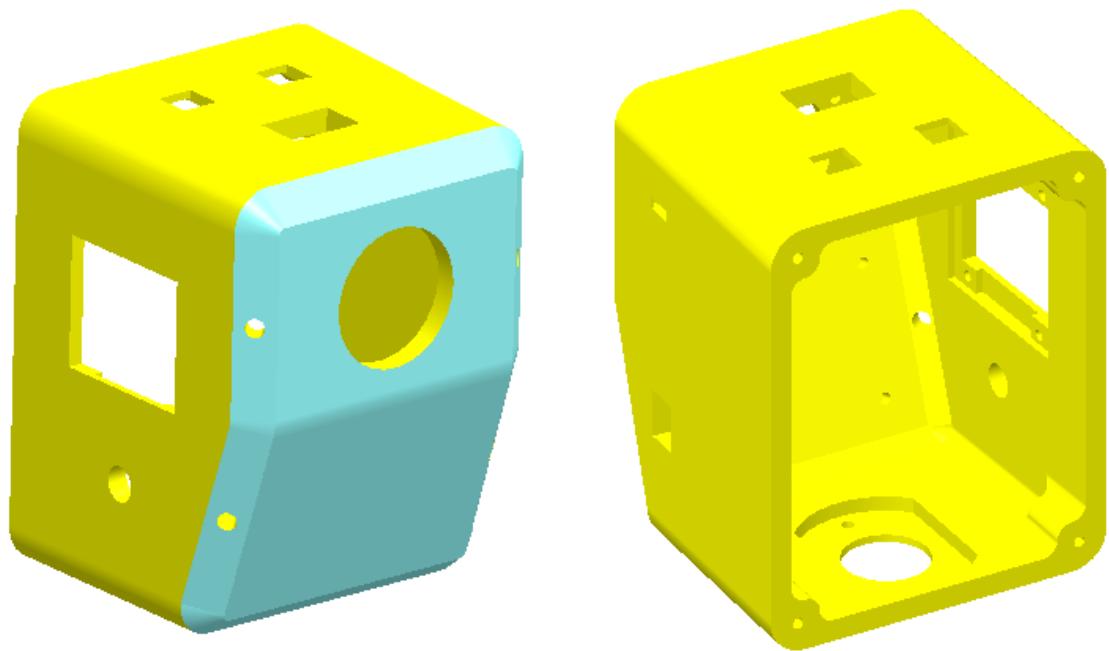


Figura 37 Pieza Principal de la Carcasa de la Opción 3

Debido a la descomposición de la pieza principal, se realizó otra pieza que contiene a los sensores de temperatura y de proximidad (fig.38), esta pieza cuenta con una base plana y con cuatro perforaciones donde permitirá la sujeción con la carcasa principal mediante tornillos.

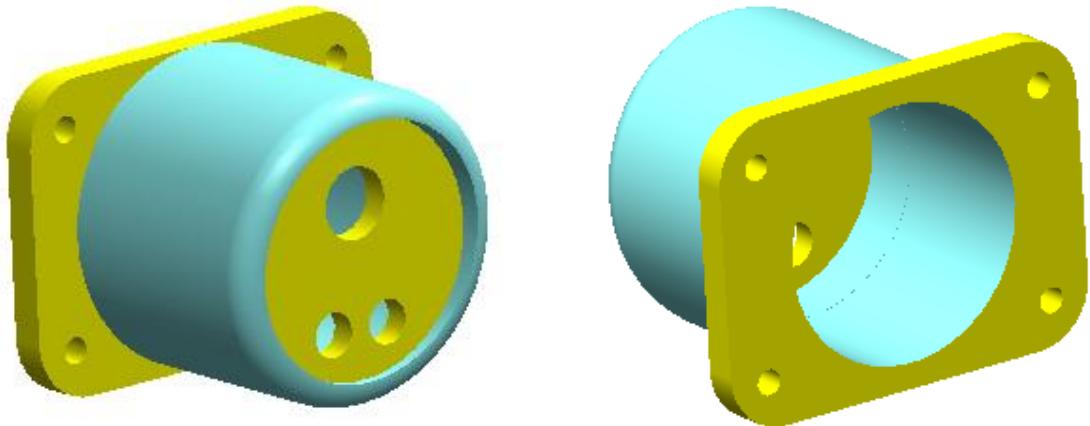


Figura 38 Pieza que Contiene a los Sensores de Temperatura MLX90614

y al Sensor de Proximidad FC-51

Para la pieza donde se podrá colocar un tubo (fig.39) también se le realizó una base plana con dos perforaciones que permitirán sujetarla a la carcasa principal mediante tornillos. También se realizó en redondeo de 4 mm de radio entre la base y la parte circular que alojará al tubo.

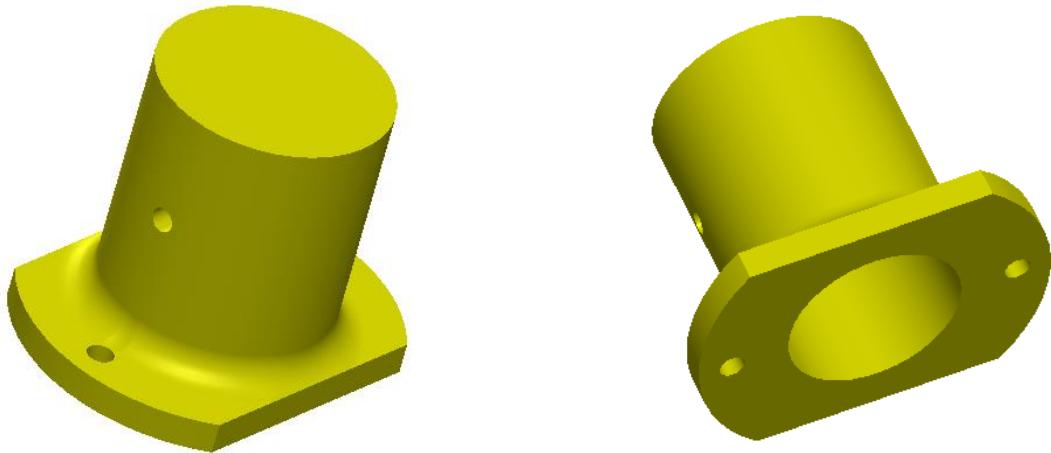


Figura 39 Pieza para el Tubo

En la cara lateral derecha (fig.40) se realizaron dos cortes cuadrados, el que se ubica en la parte superior sirve para introducir la entrada del cable micro USB que permitirá cargar a la batería y en la parte inferior sirve para igualmente colocar un cable micro USB que permitirá energizar al microcontrolador y este a su vez energiza a todo el circuito.

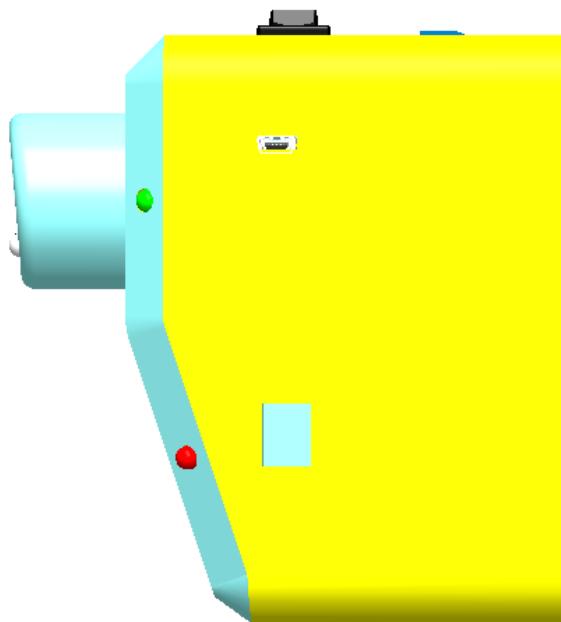


Figura 40 Cara Lateral Derecha de la Opción 3

En la cara frontal (fig.41), cara posterior (fig.42), cara lateral derecha (fig.43) ,cara inferior (fig.44) no se realizaron cambios.

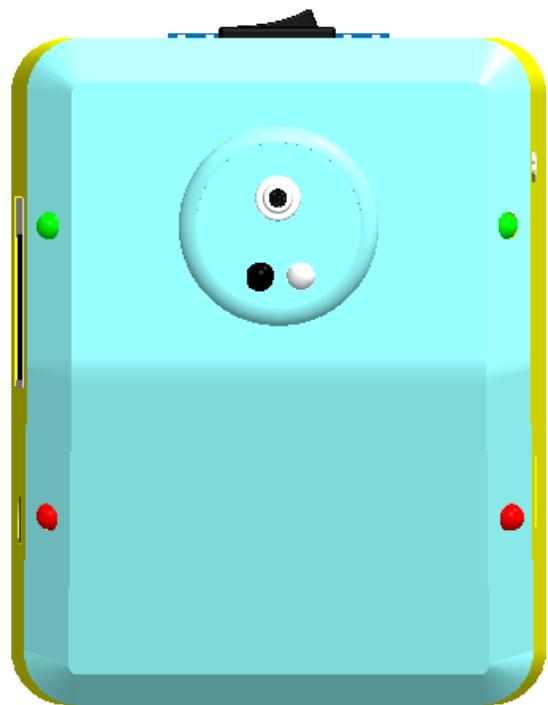


Figura 41 Cara Frontal de la Carcasa de la Opción 3

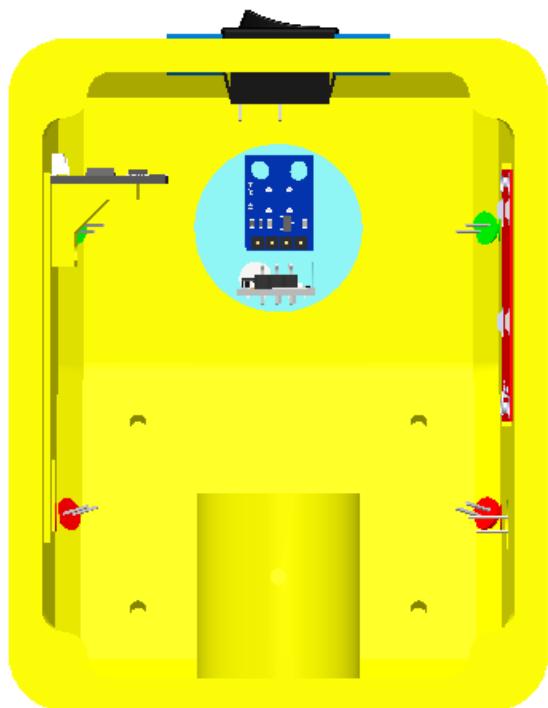


Figura 42 Cara Posterior de la Carcasa de la Opción 3

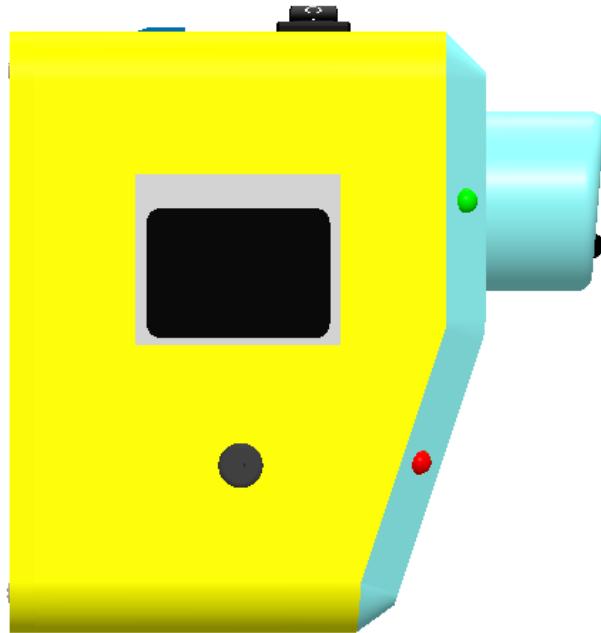


Figura 43 Cara Lateral Derecha de la Opción 3

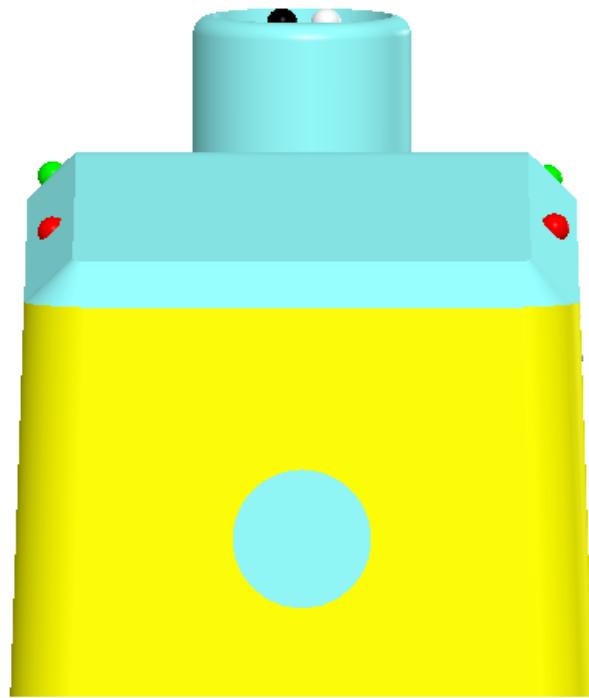


Figura 44 Cara Inferior de la Carcasa de la Opción 3

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN

3.1. Prototipado Rápido

Para la fabricación de la carcasa del sistema de medición de temperatura se realizó el prototipado rápido en impresión 3D de todas las piezas que conforman el diseño mecánico de la estructura que contienen los diferentes elementos electrónicos que conforman el sistema electrónico del dispositivo.

En total se realizó la impresión 3D de cinco piezas; la primera pieza es la carcasa principal donde todas las demás piezas van a encajar ahí y todo el sistema electrónico se va a almacenar en su interior. En las figuras 45,46,46,47,48,49,50,51 se pueden apreciar las diferentes caras del resultado de la impresión 3D de esta pieza.

En la vista frontal de la carcasa principal (fig.45) están los orificios donde se acopla la pieza que contiene los sensores infrarrojos de proximidad y temperatura; también hay 2 orificios en cada lado lateral que son para ubicar a 4 leds.



Figura 45 Vista frontal de la impresión 3D de la carcasa



Figura 46 Vista posterior de la impresión 3D de la carcasa



Figura 47 Vista inferior de la carcasa del sistema de medición de temperatura



Figura 48 Vista lateral izquierda de la impresión 3D de la carcasa



Figura 49 Vista lateral derecha de la impresión 3D de la carcasa



Figura 50 Vista superior de la impresión 3D de la carcasa



Figura 51 Vista inferior de la impresión 3D de la carcasa

La segunda pieza impresa (fig.52) se encarga de sostener al sensor infrarrojo de temperatura MLX90614 y al sensor de proximidad FC-51. Está compuesta por una base plana de 6x5 cm con redondeos en sus esquinas de 5mm de radio, las perforaciones son de 3 mm de diámetro su longitud es de 5 cm.



*Figura 52 Pieza donde se ubican los sensores de proximidad
y de temperatura MLX90614*

La tercera pieza sirve para sostener al módulo cargador de baterías TP4056, esta pieza cuenta con un chaflán de 5 mm que sirve para permitir un mejor soporte entre las dos caras de la pieza, además de dos perforaciones de 3 mm de diámetro que le permite sujetarse con tornillos a la carcasa principal.



Figura 53 Pieza que soporta el módulo cargador de batería TP4056

La cuarta pieza impresa en 3D tiene la función de sostener a todo dispositivo mediante la inserción de un tubo de hasta 23 mm de diámetro en su interior, esta pieza también cuenta con una perforación de 3 mm de diámetro a la mitad de la cara frontal, la cual sirve para colocar un tornillo que permite ajustar al tubo insertado.



Figura 54 Pieza que sirve de soporte para un tubo

La quinta pieza impresa en 3D es la tapa de cubre la parte posterior del dispositivo, contiene 12 orificios de 3 mm de diámetro que sirve de ventilación y un espacio hueco donde se puede ingresar la cabeza de un tornillo el cual permitirá la sujeción del dispositivo a la pared.



Figura 55 Impresión 3D de la tapa de la carcasa

En la figura 56 se puede apreciar el ensamblaje completo de todas las piezas en 3D con los elementos electrónicos. El dispositivo se encuentra sujeto a la pared.



Figura 56 Ensamble completo entre la carcasa impresa en 3D y los elementos electrónicos

3.2. Diseño de la Placa Electrónica

Primero se realizaron las conexiones de los distintos componentes electrónicos en la protoboard (fig.57), se hizo las pruebas de funcionamiento correspondientes (fig.58), se corrigió ciertos errores presentados y una vez solucionados se procedió a trasladar las conexiones de la protoboard hacia la placa electrónica.

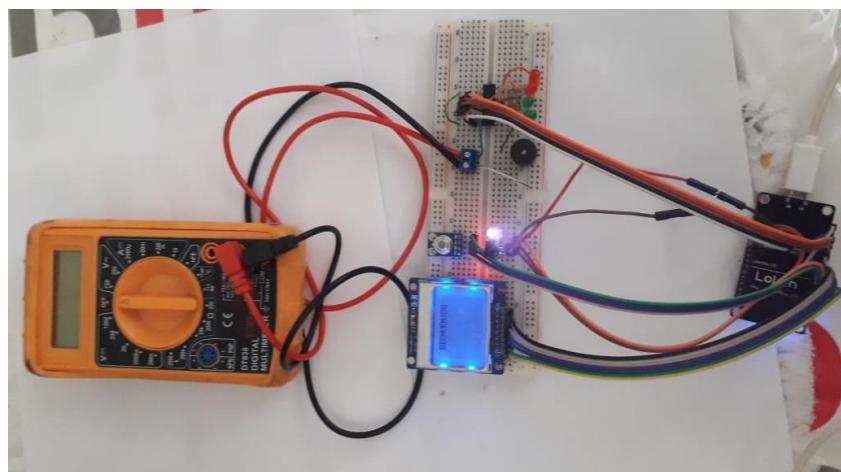


Figura 57 Circuito Electrónico Implementado en la Protoboard

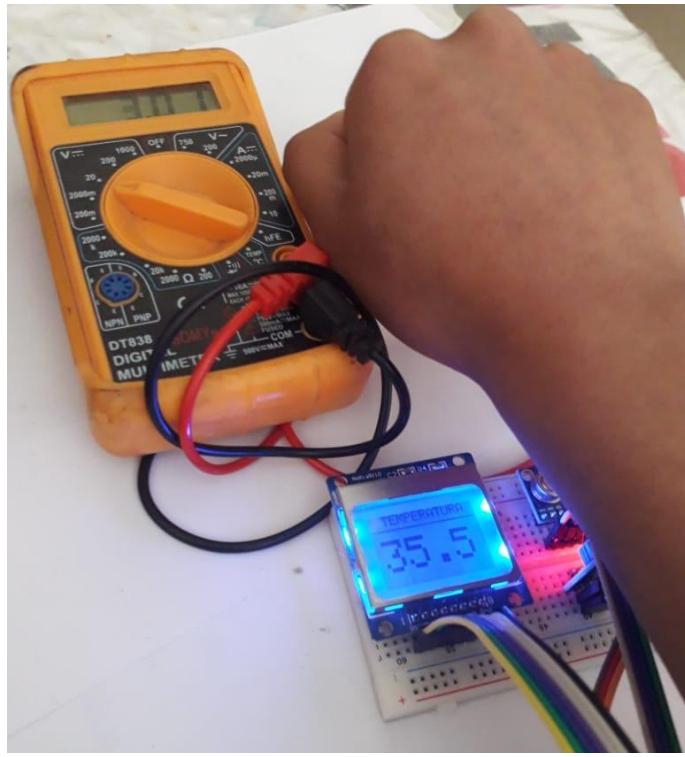


Figura 58 Pruebas de Funcionamiento en la Protoboard

Para el desarrollo de la placa electrónica se utilizó la página web “EasyEDA”, la cual permite diseñar esquemas de circuitos electrónicos, simulaciones y placas de circuito impreso. [47]

Se empezó realizando el esquema de las conexiones con los dispositivos electrónicos que deben permanecer en la placa (fig.59), estos componentes son el microcontrolador NodeMCU ESP8266, el circuito integrado 74HC595, las cuatro resistencias y se dejó tiras de pines para que ahí se puedan conectar la pantalla LCD Nokia 5110, el sensor de temperatura MLX90614, el sensor de proximidad FC-51, los leds, el buzzer, las borneras y el módulo cargador de batería.

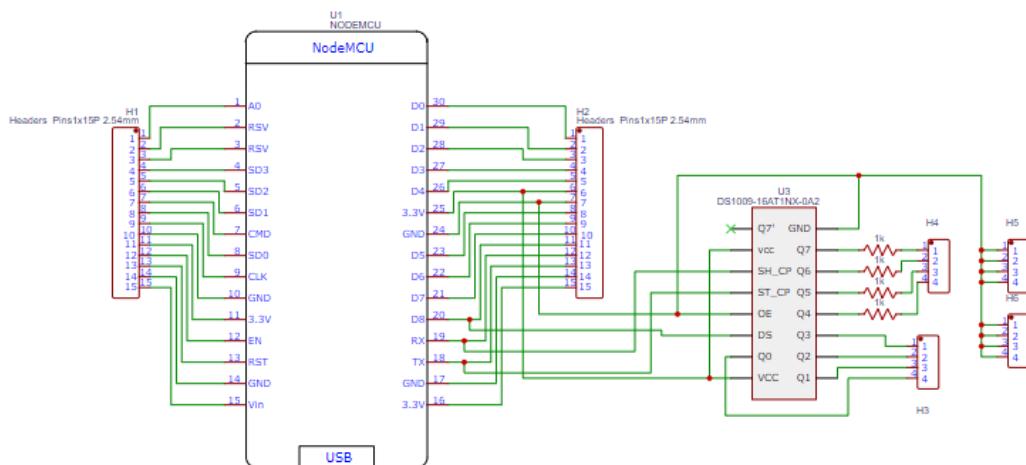


Figura 59 Conexiones de los Dispositivos Electrónicos que van en la Placa Electrónica

Luego se organizó a los dispositivos electrónicos y sus conexiones en una placa cuadrada de 50x35 mm.

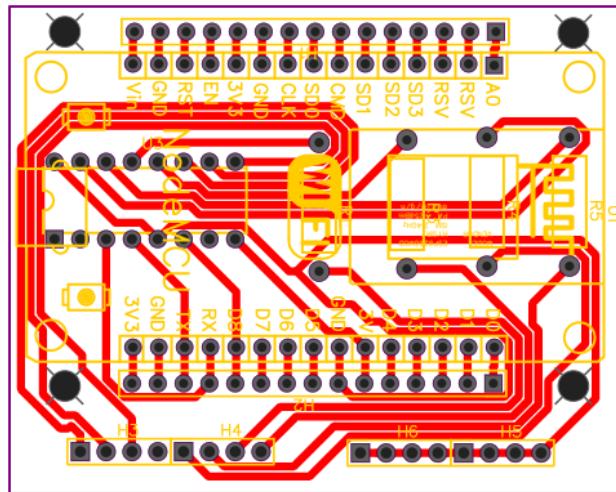


Figura 60 Esquema de Conexiones de la Placa Electrónica

Una gran ventaja de la página web “EasyEDA” es la visualización en 3D de como quedaría la placa electrónica una vez finalizada todas las conexiones correspondientes.

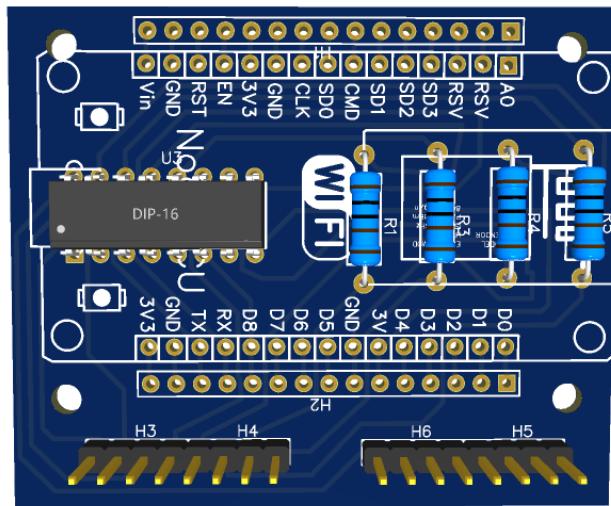


Figura 61 Diseño en 3D de la Placa Electrónica

Posteriormente se procedió a imprimir el circuito realizado en una hoja de tipo fotografía para luego traspasarlo a una placa de cobre, una vez implementado el circuito en la placa se procedió a perforar la placa para permitir colocar las tiras de pines y finalmente se soldó a las tiras con la placa. En la figura 62 se puede apreciar el resultado final de la placa electrónica que permitirá el funcionamiento del prototipo.

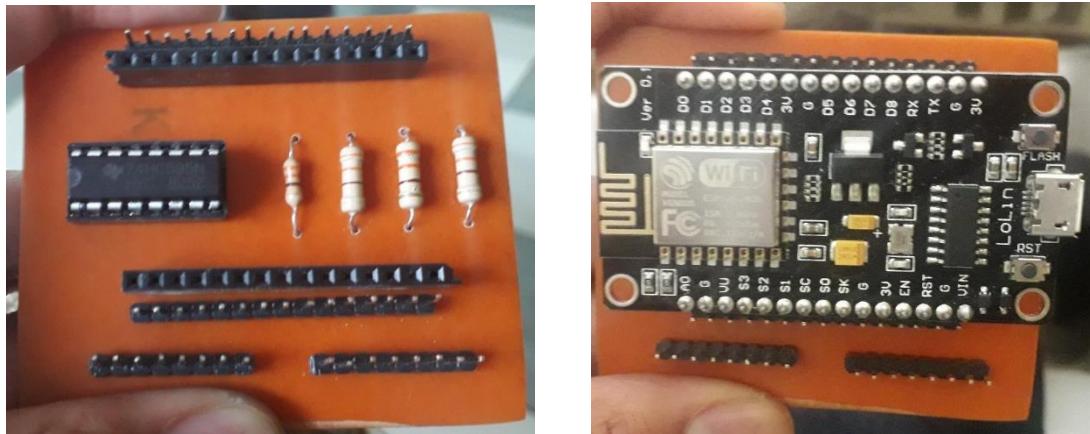


Figura 62 Placa Electrónica del Sistema de Medición de Temperatura

3.3. Base de Datos de Firebase

La base de datos de Firebase permite la sincronización de información en tiempo real, logrando así que los usuarios puedan acceder a su información actualizada desde cualquier lugar y dispositivo. Esta plataforma digital también proporciona una API que permite que los datos puedan sincronizarse en las aplicaciones móviles (Android, iOS, Java) y puedan almacenarse en la nube de Firebase.

```

prueba-9a4da-default-rtbd
  Temperatura: 0
  Tesis2
  valor a setear: 50

```

Figura 63 Base de Datos de Firebase

Los datos de temperatura obtenidos por el sensor infrarrojo LMX90614 son enviados a la base de datos de Firebase donde se almacenan, pueden ser visualizados y analizados.

3.4. Aplicación Móvil

Firebase permite el acceso remoto por medio de los programas compatibles a sus bases de datos. Esto es realmente útil cuando se desea trabajar con plataformas móviles las cuales brindan mayor comodidad al usuario. En este caso, para la realización de la aplicación móvil se hizo uso de la aplicación MIT App Inventor.

La aplicación móvil sirve como interfaz donde se puede visualizar los datos de la temperatura en tiempo real a cualquier distancia del sistema de medición, tiene un sistema de alarmas que se activan al momento en que la temperatura medida sea mayor a una temperatura seteada, esta temperatura también puede ser configurada en la misma aplicación.

El sistema de alarmas está conformado por una alarma sonora que dura 5 segundos, alarma mecánica mediante la vibración del teléfono y alarma visual mediante el envío de SMS que informan de una persona con una temperatura superior a la normal.

Nota: Debido a que la aplicación móvil debe tener acceso a internet para realizar la interfaz con la base de datos Firebase, es necesario que el celular donde va a hacer instalada la aplicación cuente con datos móviles o conectividad Wifi.

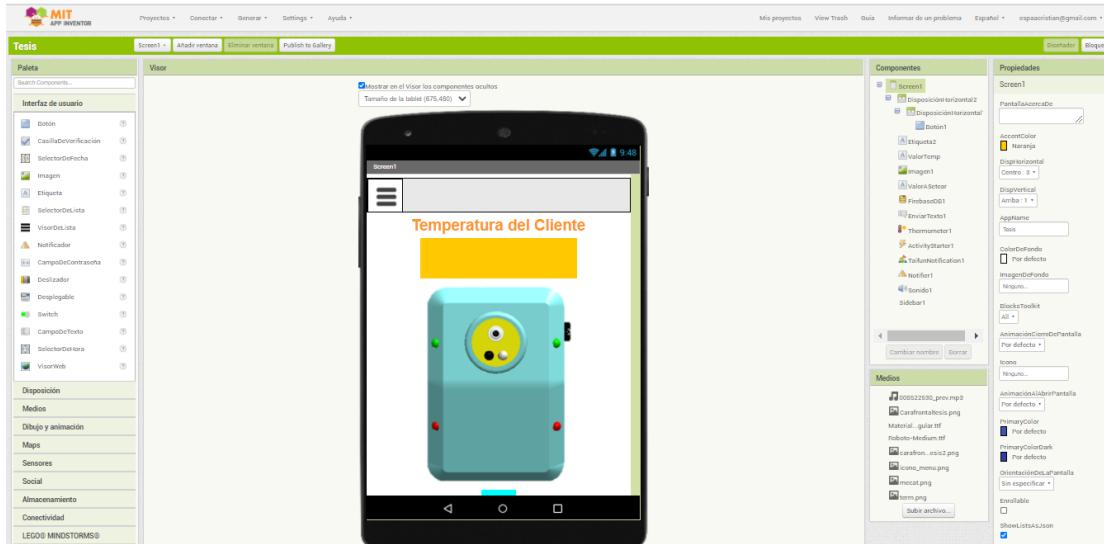


Figura 64 Interfaz de la Aplicación Móvil Desarrollada en MIT App Inventor

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS

Después de completar el ensamblaje del prototipo se procedió a verificar el correcto funcionamiento del sistema electrónico en la carcasa (fig.65), se realizó el ajuste de los diferentes dispositivos electrónicos mediante tornillos, se procedió a etiquetar el cableado para evitar confusiones en las conexiones en caso de que algún cable se suelte a la placa electrónica y se realizó la calibración del sensor de temperatura MLX90614



Figura 65 Pruebas de Funcionamiento del Prototipo

4.1. Calibración del Sensor de Temperatura MLX90614

Para el procedimiento de calibración se utilizó un termómetro infrarrojo comercial modelo GP-300 cuya precisión es de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, al cual se lo denominará TIR1 y al sensor infrarrojo MLX90614 se lo denominará TIR2.

Para el proceso de toma de datos se realizaron las mediciones en las mismas condiciones y se tomó en cuenta varios factores para realizar adecuadamente las mediciones, estos factores fueron la superficie a medir, la misma que se seleccionó la frente de las personas, se estableció que esta zona esté limpia y libre de objetos que pudieran interferir en la medición como sudor, cabello o algún tipo de gorro; la distancia de medición y estar ubicados en un ambiente adecuado que no altere la temperatura de la superficie a medir.

Después de realizar las mediciones en tres distancias diferentes con los termómetros TIR1 y TIR2 se calculó la diferencia entre los valores obtenidos de los dos termómetros, obteniendo el valor de error entre el termómetro TR2 con respecto al termómetro TR1 debido a que este es el instrumento de patrón de referencia por su mayor precisión.

Se inició el proceso de medición a una distancia de 3 cm entre los termómetros infrarrojos TIR1, TIR2 con respecto a la piel de la frente de la persona, este proceso fue realizado 10 veces y del cual se puede concluir que el error máximo es de 0.6 °C. Los valores de mediciones y errores se encuentran en la tabla 11.

Tabla 11

Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 3 cm de Distancia.

| Distancia (3 cm) | | | |
|------------------|------|------|-------|
| Nro. Mediciones | TIR1 | TIR2 | Error |
| 1 | 36.6 | 36.3 | 0.3 |
| 2 | 36.6 | 36.2 | 0.4 |
| 3 | 36.6 | 36.3 | 0.3 |
| 4 | 36.6 | 36.5 | 0.1 |
| 5 | 36.5 | 36.2 | 0.3 |
| 6 | 36.6 | 36.0 | 0.6 |
| 7 | 36.6 | 36.0 | 0.6 |
| 8 | 36.6 | 36.5 | 0.1 |
| 9 | 36.5 | 36.3 | 0.2 |
| 10 | 36.6 | 36.0 | 0.6 |
| Temperatura (°C) | | | |

A una distancia de 3 cm el error máximo fue de 0.9 °C. Los valores de temperatura entre los termómetros TIR1, TIR2 y error se pueden apreciar en la tabla 12.

Tabla 12

Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 4 cm de Distancia.

| Distancia (4 cm) | | | |
|------------------|------|------|-------|
| Nro. Mediciones | TIR1 | TIR2 | Error |
| 1 | 36.5 | 35.8 | 0.7 |
| 2 | 36.5 | 35.8 | 0.7 |
| 3 | 36.6 | 35.7 | 0.9 |
| 4 | 36.5 | 35.9 | 0.6 |

| | | | |
|------------------|------|------|-----|
| 5 | 36.5 | 35.8 | 0.7 |
| 6 | 36.5 | 36.0 | 0.5 |
| 7 | 36.6 | 36.0 | 0.6 |
| 8 | 36.6 | 35.7 | 0.9 |
| 9 | 36.5 | 35.6 | 0.9 |
| 10 | 36.5 | 35.7 | 0.8 |
| Temperatura (°C) | | | |

En la tabla 13 se encuentra los valores de las mediciones a 4 centímetros de distancia, a esta distancia el margen de error máximo aumentó a 1.4 °C.

Tabla 13

Mediciones con los Termómetros Infrarrojos GP-300 (TIR1) y el Sensor MLX90614 (TIR2) a 5 cm de Distancia.

| Nro. Mediciones | Distancia (5 cm) | | |
|------------------|------------------|------|-------|
| | TIR1 | TIR2 | Error |
| 1 | 36.4 | 35.0 | 1.4 |
| 2 | 36.4 | 35.0 | 1.4 |
| 3 | 36.4 | 35.0 | 1.4 |
| 4 | 36.4 | 35.0 | 1.4 |
| 5 | 36.4 | 35.2 | 1.2 |
| 6 | 36.2 | 35.3 | 0.9 |
| 7 | 36.2 | 35.4 | 0.8 |
| 8 | 36.2 | 35.5 | 0.7 |
| 9 | 36.4 | 35.4 | 1.0 |
| 10 | 36.4 | 35.2 | 1.2 |
| Temperatura (°C) | | | |

De acuerdo con las mediciones realizadas en las distancias de 3,4 y 5 centímetros se puede apreciar que la distancia óptima de medición es a 3 cm entre el sensor de temperatura MLX90614 y la frente de la persona, debido a que su error máximo es de 0.6°C.

Luego se procedió a obtener el promedio de las diez mediciones realizadas con los termómetros TIR1 y TIR2, los resultados fueron de 36.6°C y 36.2°C respectivamente. La diferencia de los dos promedios fue de 0.4, por lo que ese valor se le compensó a TIR2 para su calibración.

En la tabla 14 se puede apreciar la comparación de los resultados obtenidos con el sensor de temperatura MLX90614 después de ser calibrado e implementado en la carcasa del sistema de medición realizado y el termómetro infrarrojo GP-300.

Tabla 14

Resultados obtenidos con el Sistema de Medición Realizado y el Termómetro Infrarrojo GP-300

| Nro. Mediciones | RESULTADOS | | |
|------------------|------------|-------|-------|
| | GP-300 | Tesis | Error |
| 1 | 36.6 | 36.4 | -0.2 |
| 2 | 36.6 | 36.4 | -0.2 |
| 3 | 36.6 | 36.6 | 0.0 |
| 4 | 36.6 | 36.5 | -0.1 |
| 5 | 36.6 | 36.7 | 0.1 |
| 6 | 36.6 | 36.9 | 0.3 |
| 7 | 36.7 | 36.4 | -0.3 |
| 8 | 36.6 | 36.7 | 0.1 |
| 9 | 36.6 | 37 | 0.4 |
| 10 | 36.7 | 36.8 | 0.1 |
| Temperatura (°C) | | | |

Las mediciones realizadas dan como resultado que el 70% de las mediciones están entre $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ de diferencia entre el sistema de medición realizado con respecto al termómetro comercial GP-300.

4.2. Aplicación Móvil

Debido a que la aplicación se vincula a la base de datos en tiempo real, los valores de temperatura visualizados en la aplicación móvil (fig.66) se actualizan en el momento en que la persona realiza su medición de temperatura, logrando así una mayor fiabilidad en la aplicación ya que el operario de la seguridad puede observar los valores actuales de temperatura de los clientes que ingresan a sus negocios sin necesidad de estar cerca del dispositivo.



Figura 66 Visualización del Valor de Temperatura en la Aplicación Móvil

Para realizar las pruebas de funcionamiento de la aplicación móvil se procedió a setear el valor de la temperatura de alarma a 30°C, al momento de que la temperatura del cliente sea mayor que la temperatura de alarma se activa la vibración del teléfono, audio de alerta por 5 segundos y se realiza el envío del SMS al número de celular configurado. En la figura 67 se muestra un mensaje en la pantalla indicando que la aplicación ha enviado el SMS y en la figura 68 se muestra el mensaje recibido.



Figura 67 Mensaje Visualizado en la Aplicación al Momento de Enviar el SMS

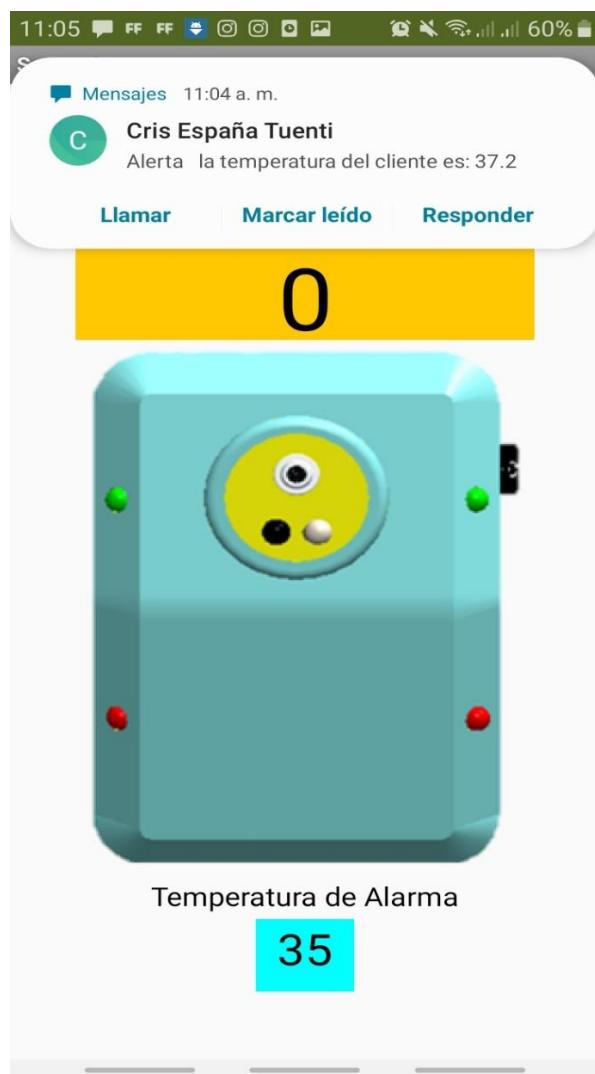


Figura 68 Recepción de SMS Indicando un Mensaje de Alerta y el Valor de Temperatura

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

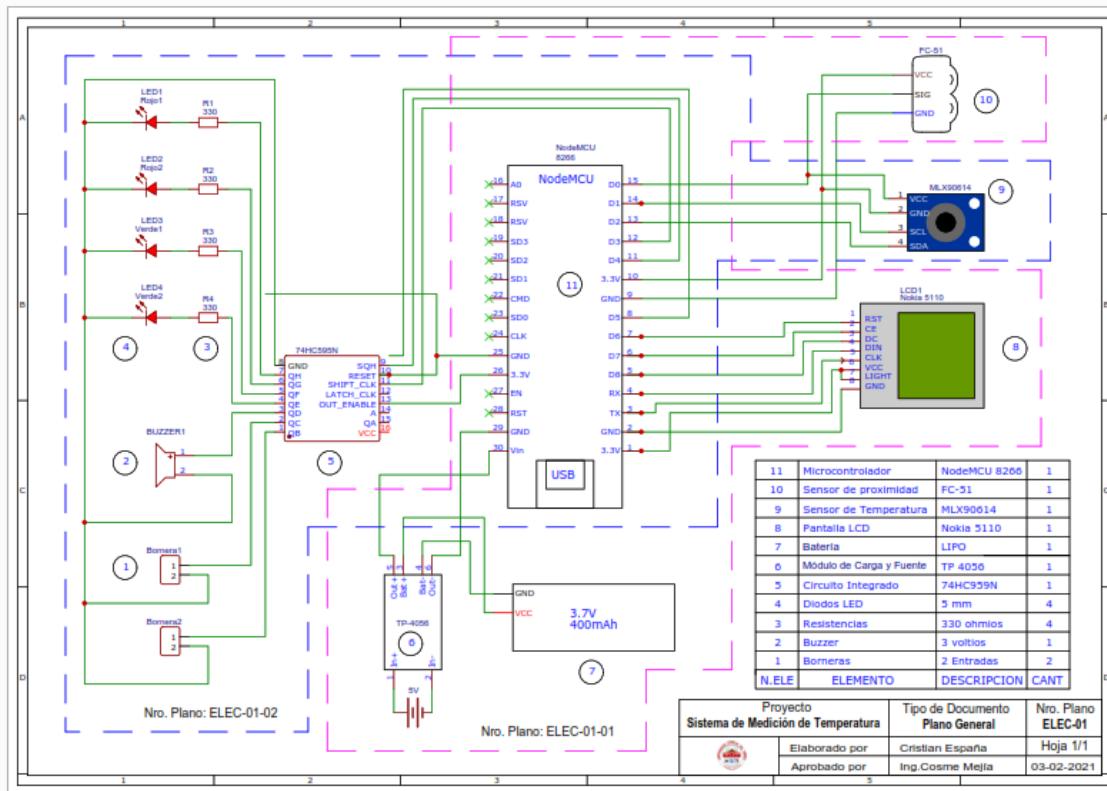
- El diseño de la carcasa tuvo varias modificaciones, con los propósitos de distribuir las posiciones de los diferentes componentes electrónicos en la carcasa para que cumplan adecuadamente la función que estos deben realizar, también para facilitar su sujeción a las paredes de la carcasa mediante tornillos, optimizar el proceso de prototipado rápido y para ser más llamativa a los usuarios.
- A pesar de que la precisión del sensor infrarrojo MLX90614 es de $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ y la del termómetro comercial GP-300 es de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; al momento de realizar las mediciones con las mismas condiciones a la distancia de 3 centímetros el error máximo entre las dos mediciones fue de 0.6°C .
- Después de realizar la calibración del sensor de temperatura MLX90614 se obtuvo valores cercanos a las mediciones realizadas por el termómetro infrarrojo comercial.
- Gracias a la base de datos de Firebase se puede visualizar los valores de la temperatura de las personas en tiempo real en la aplicación, anteriormente se utilizó la base de datos de ThingSpeak pero los valores se actualizaban cada 10 segundos, esto generaba confusión entre el valor visualizado en la pantalla LCD del prototipo y los valores obtenidos en la aplicación móvil.
- El sistema de medición realizado permite la toma de medición de temperatura al momento de que el sensor de proximidad detecte a la persona y de forma instantánea enciende los leds indicadores y visualiza el valor de temperatura en la pantalla LCD.

5.2. RECOMENDACIONES

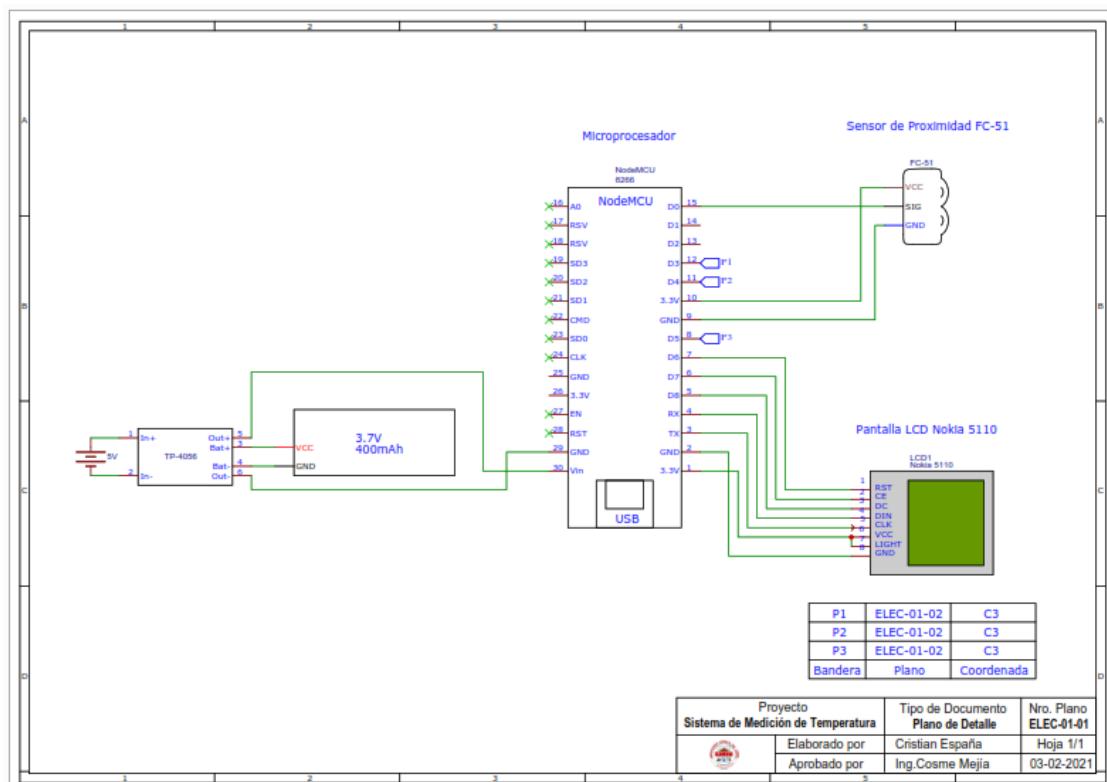
- Realizar una investigación previa acerca del tiempo de actualización de datos de las bases de datos, ya que para este proyecto es necesaria la actualización de información en tiempo real, además se ahorraría tiempo al implementar directamente una base de datos que esté acorde a las necesidades de la aplicación.
- Se podría implementar otro sensor de temperatura de mayor precisión, teniendo en cuenta que sea para uso de medición de temperatura corporal; sin embargo, este tipo de sensores no se encuentran disponibles en el mercado local.
- Tener en cuenta las tolerancias donde van a ser implementados los componentes electrónicos y las otras piezas que conforman la carcasa, debido a que para la primera impresión 3D de la carcasa no se tomó en cuenta las tolerancias, algunos componentes no encajaron correctamente, por lo que se procedió a volver a imprimir algunas piezas que conforman la carcasa.

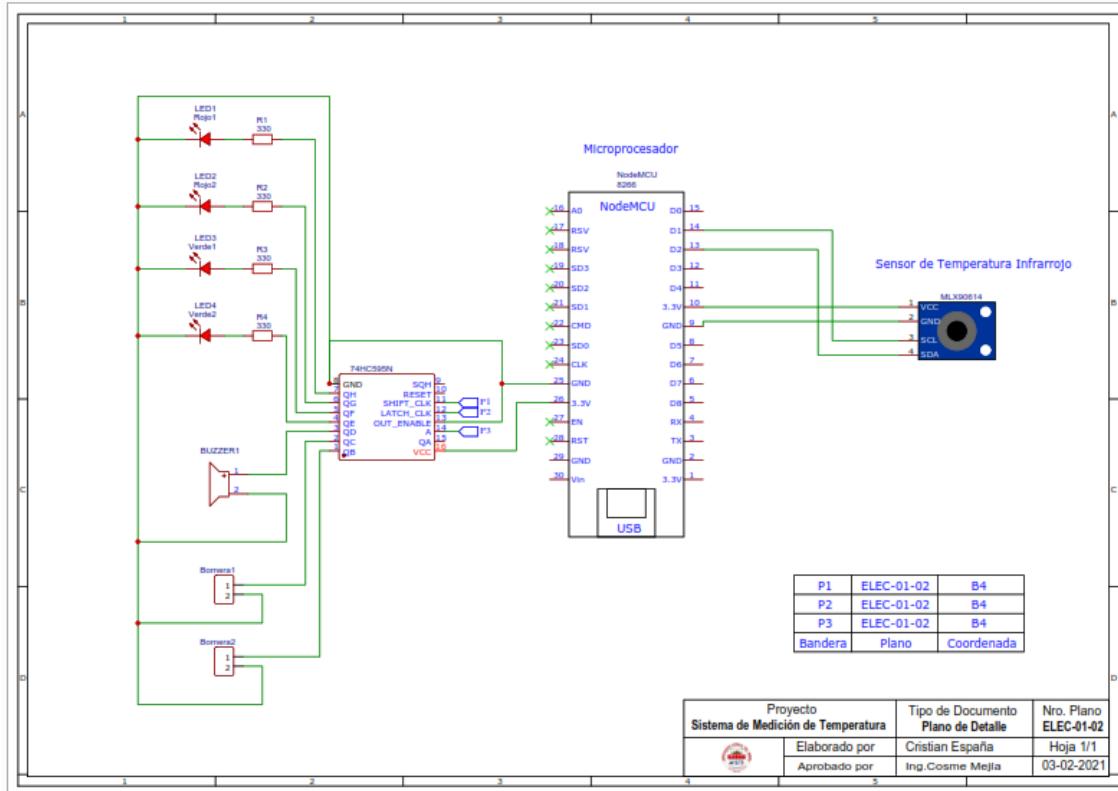
ANEXOS

Anexo 1. Plano Electrónico General

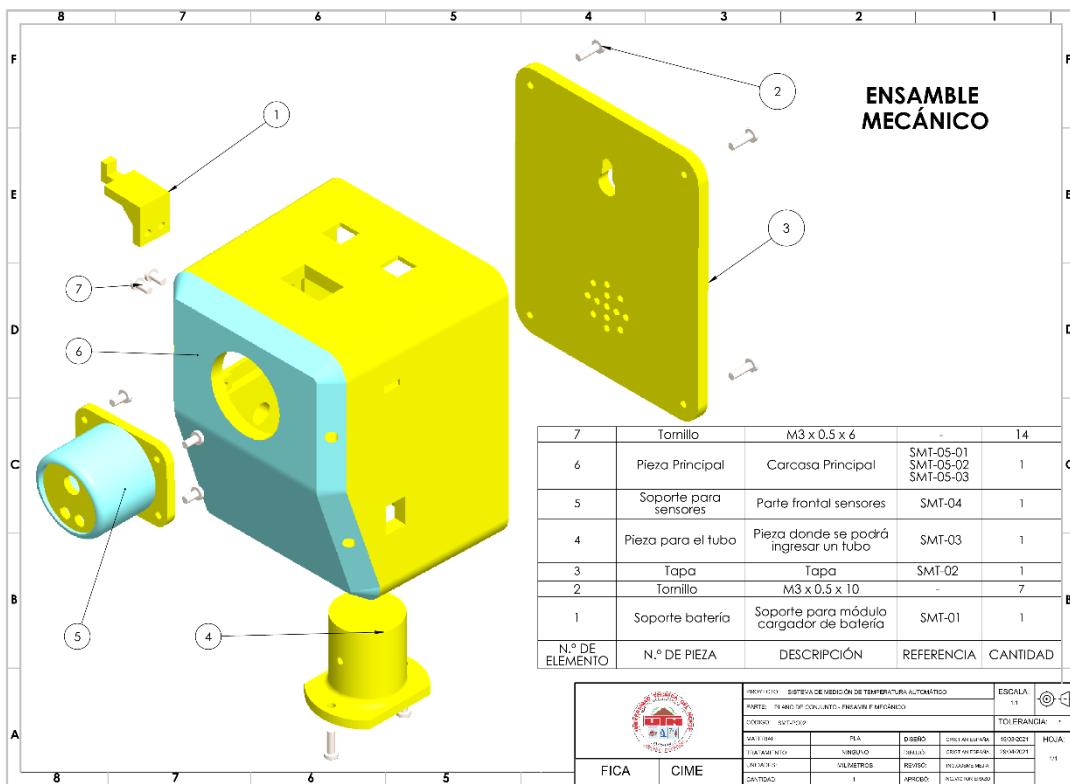
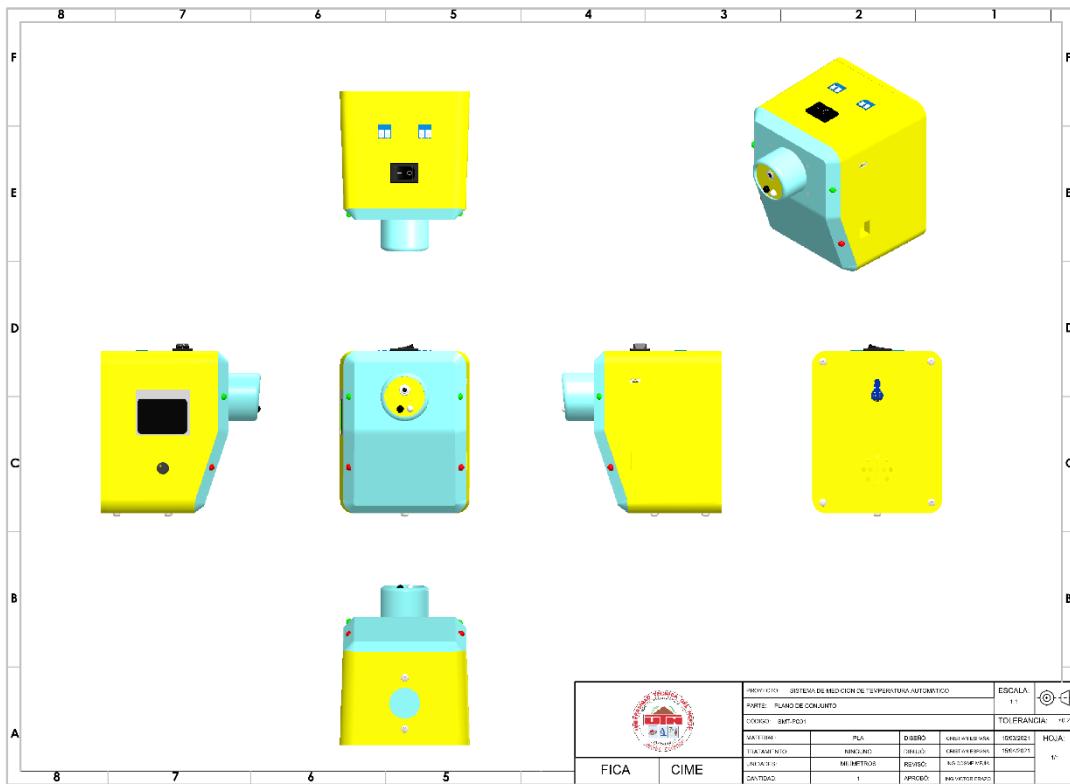


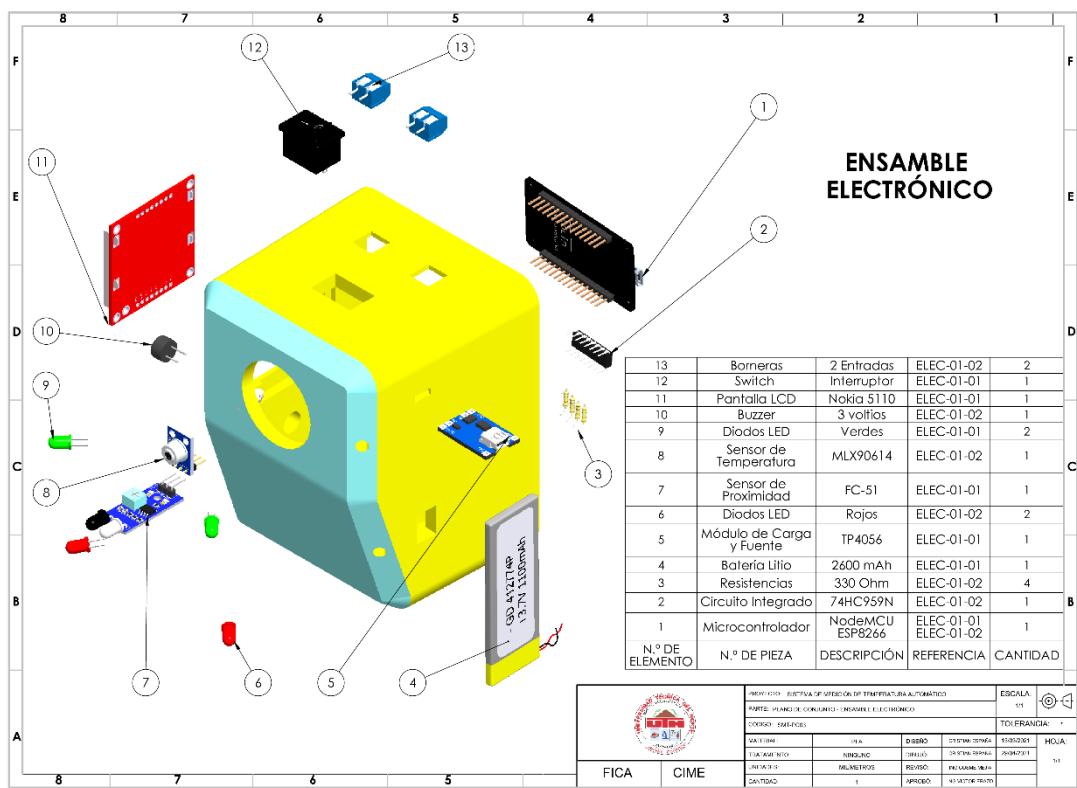
Anexo 2. Planos Electrónicos de Detalle

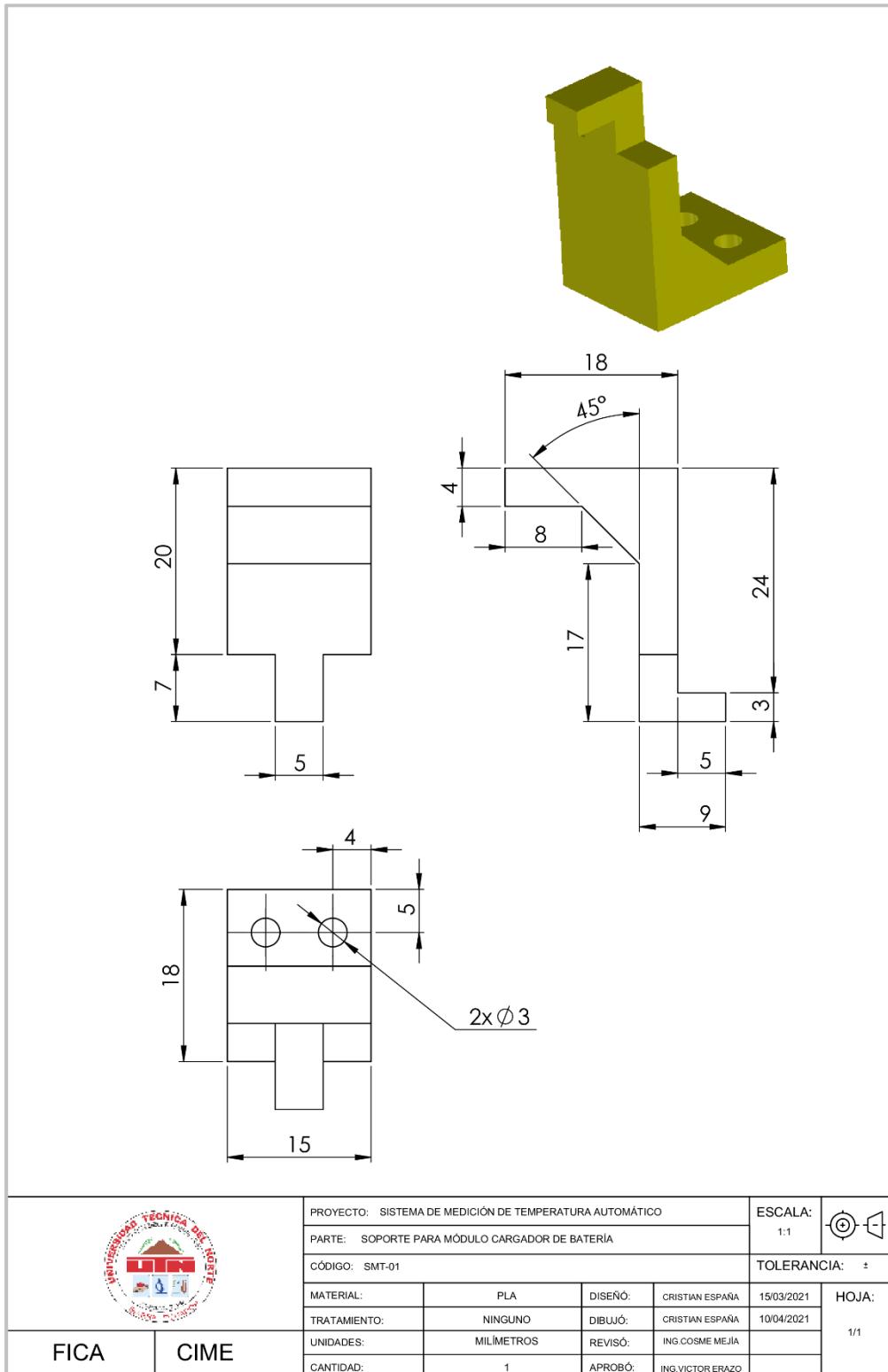


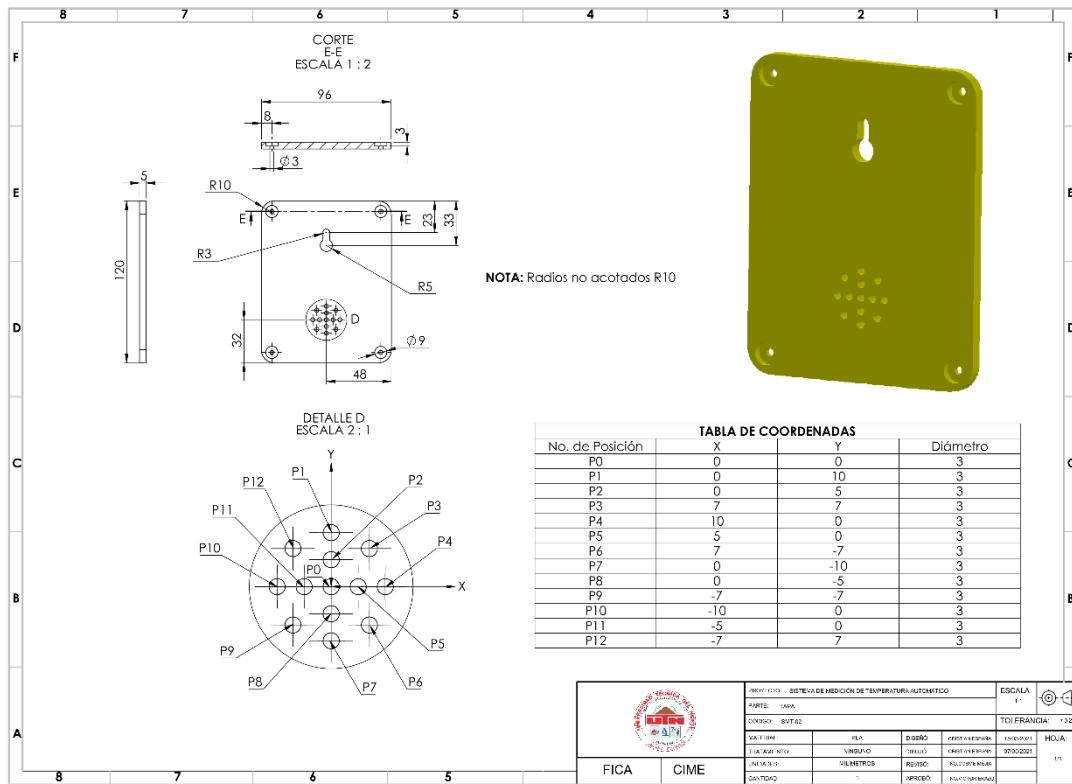


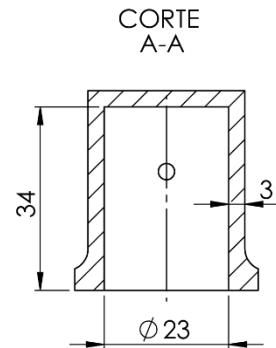
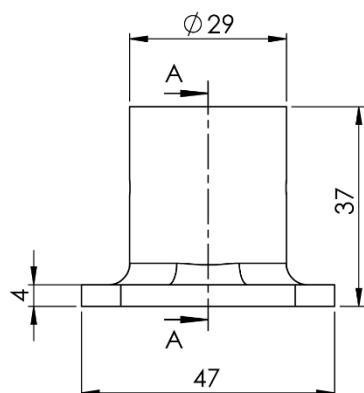
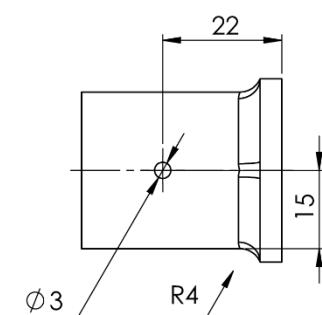
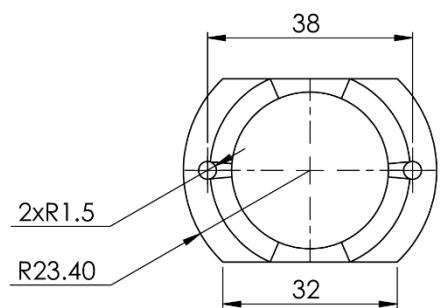
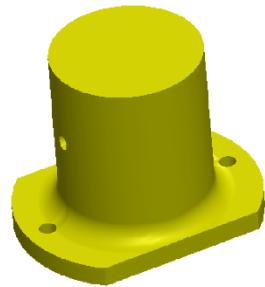
Anexo 3. Planos Mecánicos



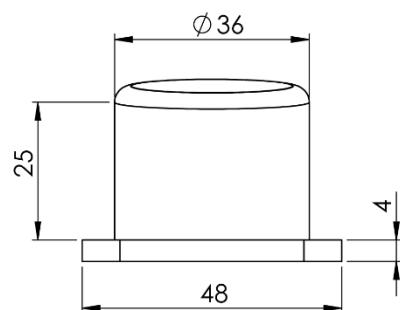
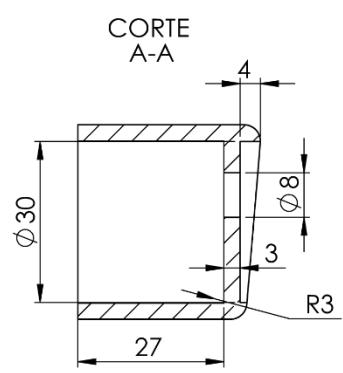
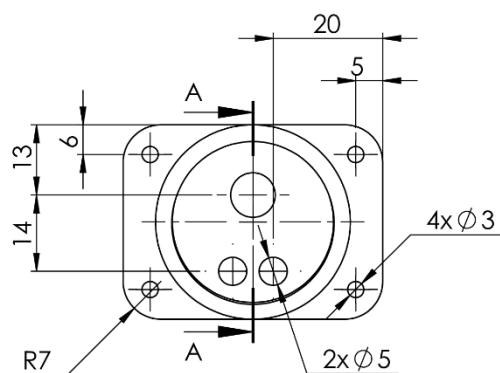
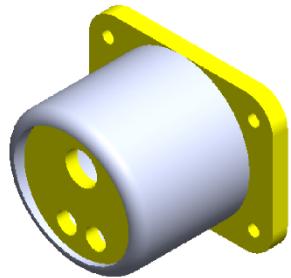




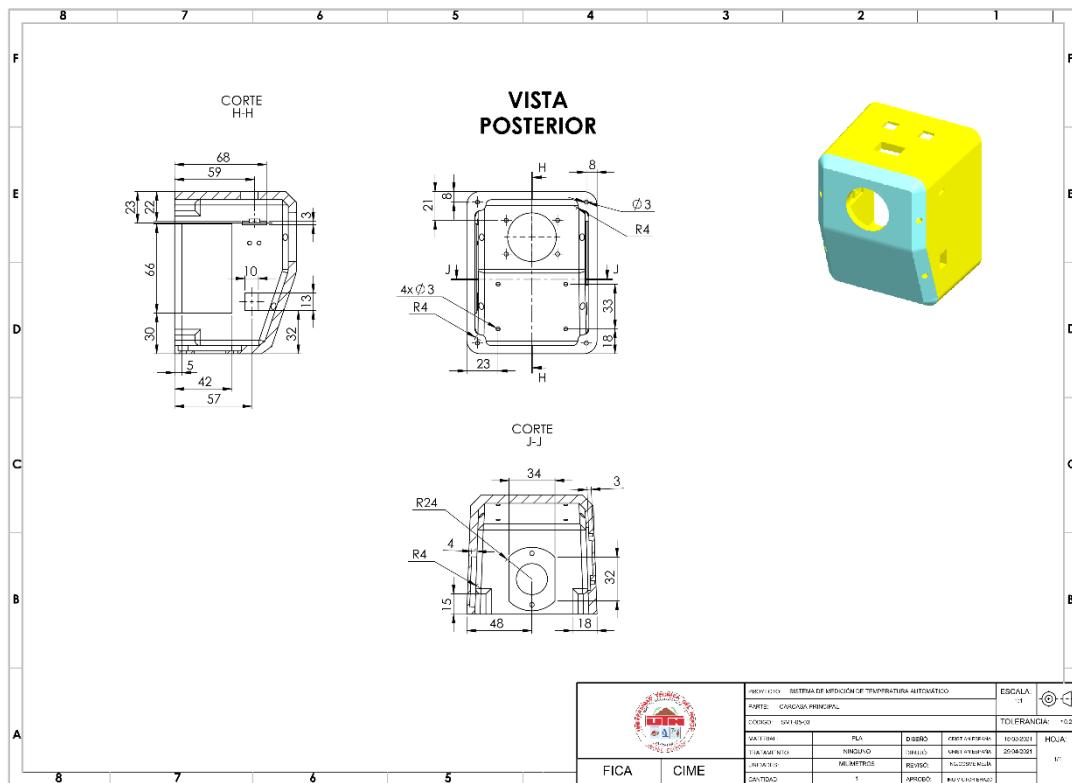
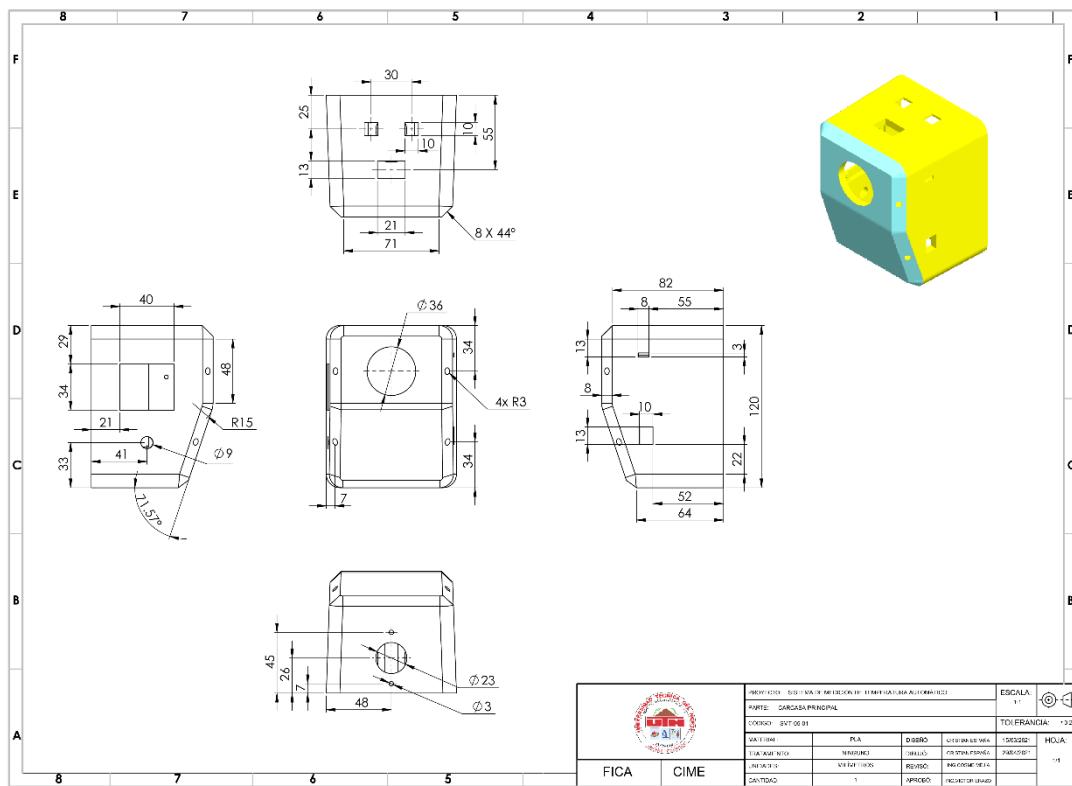


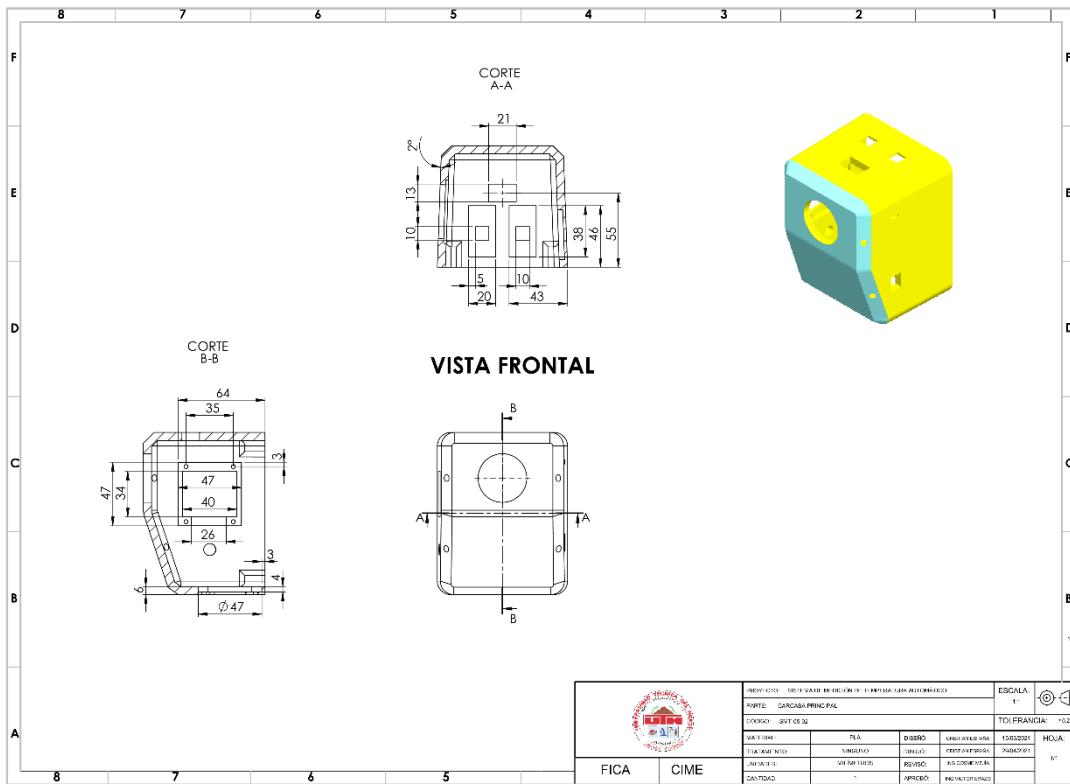


| | | | | | |
|-----------------|---|------------|---------|------------------|---------------|
| FICA | PROYECTO: SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO | | | | ESCALA: 1:1 |
| | PARTE: SOPORTE PARA EL TUBO | | | | |
| CIME | CÓDIGO: SMT-03 | | | | TOLERANCIA: ± |
| | MATERIAL: | PLA | DISEÑO: | CRISTIAN ESPAÑA | 15/03/2021 |
| | TRATAMIENTO: | NINGUNO | DIBUJÓ: | CRISTIAN ESPAÑA | 29/04/2021 |
| | UNIDADES: | MILÍMETROS | REVISÓ: | ING.COSME MEJÍA | |
| | CANTIDAD: | 1 | APROBÓ: | ING.VICTOR ERAZO | |
| | | | | | HOJA: 1/1 |



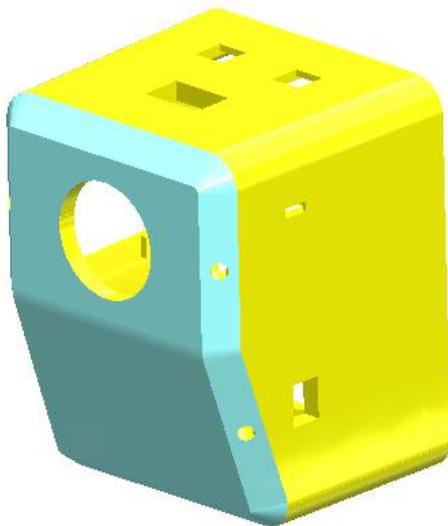
| | | | | | |
|-----------------|---|------------|---------|------------------|-----------------------|
| FICA | PROYECTO: SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA AUTOMÁTICO | | | | ESCALA: 1:1 |
| | PARTE: SOPORTE PARA SENSORES | | | | |
| CIME | CÓDIGO: SMT-04 | | | | TOLERANCIA: ± 0.2 |
| | MATERIAL: | PLA | DISEÑO: | CRISTIAN ESPAÑA | 15/03/2021 |
| | TRATAMIENTO: | NINGUNO | DIBUJÓ: | CRISTIAN ESPAÑA | 29/04/2021 |
| | UNIDADES: | MILÍMETROS | REVISÓ: | ING.COSME MEJÍA | |
| | CANTIDAD: | 1 | APROBÓ: | ING.VICTOR ERAZO | |
| | | | | | HOJA: 1/1 |





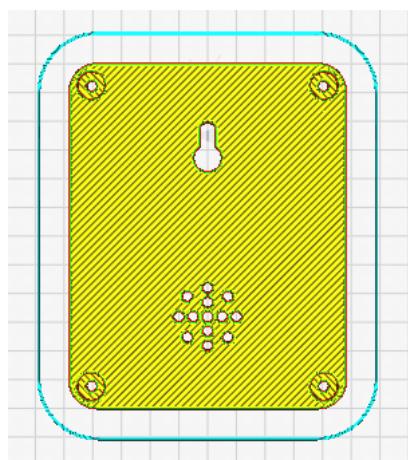
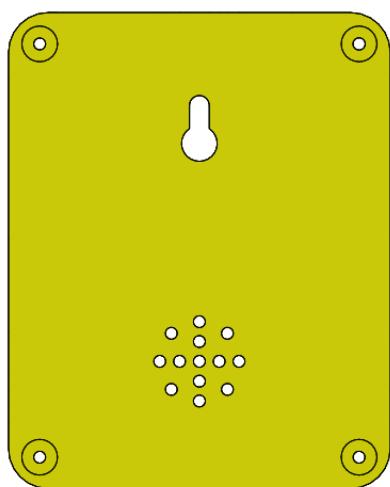
Anexo 4. Hojas de Procesos

| HOJA DE PROCESOS PARA LA PIEZA 1 | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|--|----------------|-------------|
| Proyecto | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | | | Máquina | Ender 3 Pro |
| Pieza | Pieza principal | Plano Nro. | | Hoja | 1/1 |
| Material | PLA | Dimensiones en bruto | | 96.3x120x90 mm | |
| Realizado por | Cristian España | Observaciones | | | |



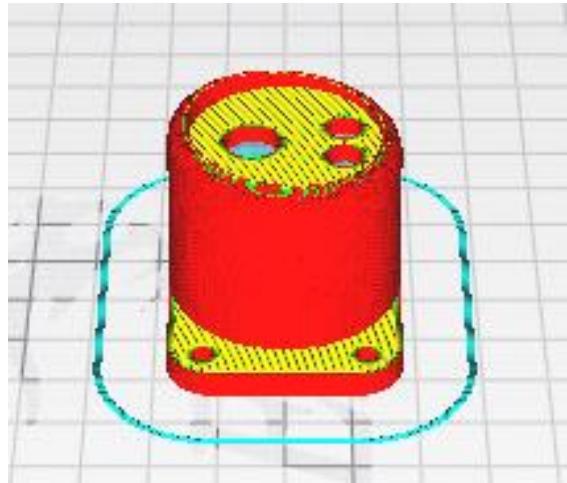
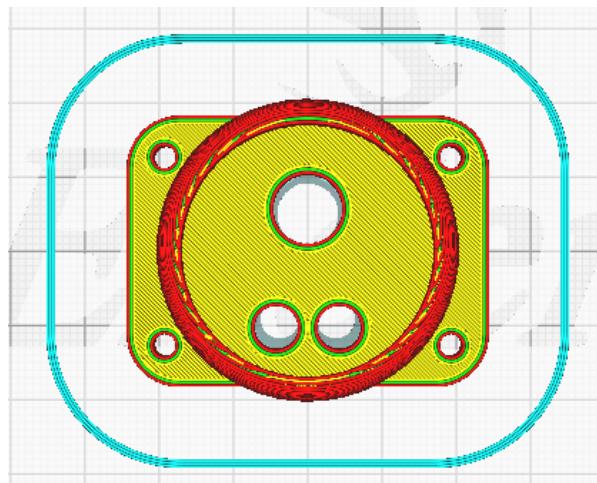
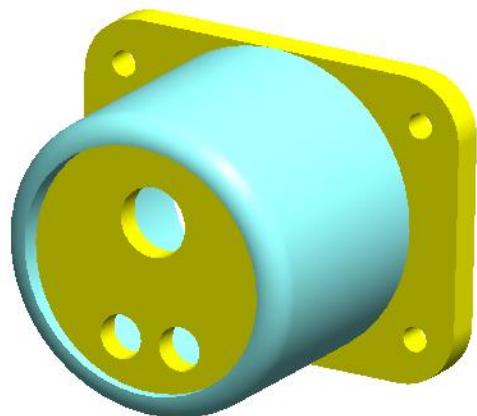
| | | | |
|---------------------------|---------|----------------------------|-----------------|
| | | | |
| Altura capa | 0.2 mm | Densidad de relleno | 90 % |
| Nozzle | 0.4 mm | Patrón de relleno | Rejilla |
| Velocidad | 50 mm/s | Densidad de soporte | 20 % |
| Temperatura Nozzle | 200°C | Patrón de soporte | Triángulos |
| Temperatura cama | 50°C | Tiempo | 2 días 3h 39min |

| HOJA DE PROCESOS PARA LA PIEZA 2 | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|--|----------------|-------------|
| Proyecto | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | | | Máquina | Ender 3 Pro |
| Pieza | Tapa de la carcasa | Plano Nro. | | Hoja | 1/1 |
| Material | PLA | Dimensiones en bruto | | 96.3x120x5 mm | |
| Realizado por | Cristian España | Observaciones | | | |



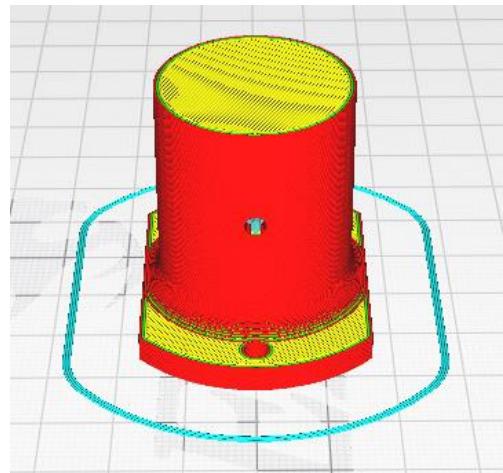
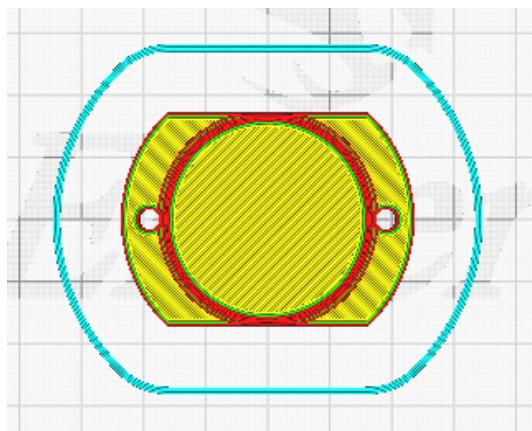
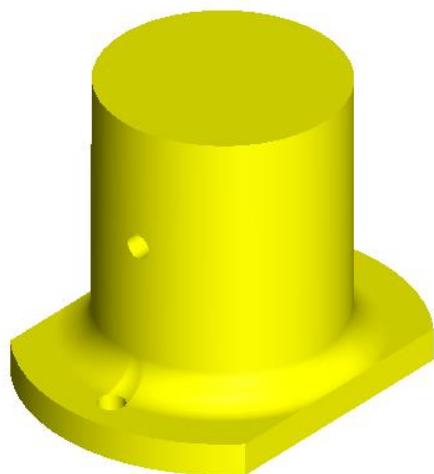
| | | | |
|---------------------------|---------|----------------------------|----------|
| Altura capa | 0.2 mm | Densidad de relleno | 90 % |
| Nozzle | 0.4 mm | Patrón de relleno | Rejilla |
| Velocidad | 50 mm/s | Densidad de soporte | - |
| Temperatura Nozzle | 200°C | Patrón de soporte | - |
| Temperatura cama | 50°C | Tiempo | 5h 59min |

| HOJA DE PROCESOS PARA LA PIEZA 3 | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|----------------|----------------------|
| Proyecto | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | | Máquina | Ender 3 Pro |
| Pieza | Pieza para sensores | Plano Nro. | | Fecha: 30/02/2021 |
| Material | PLA | Dimensiones en bruto | | 48x36x33.7 mm |
| Realizado por | Cristian España | Observaciones | | |



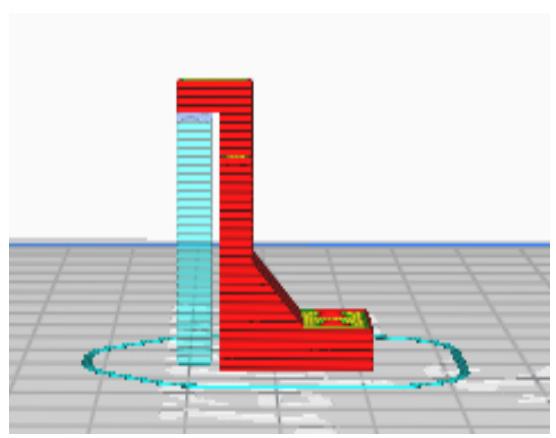
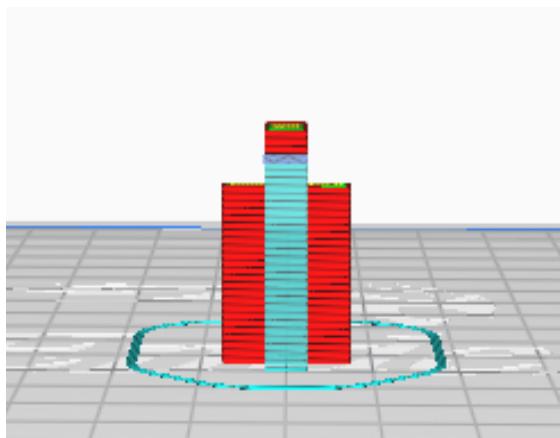
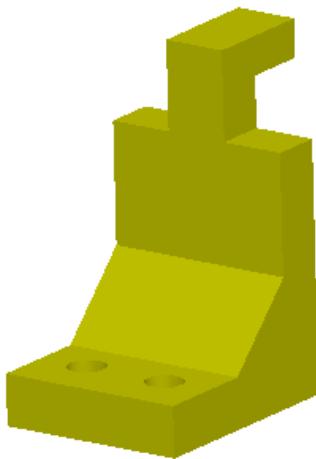
| | | | |
|---------------------------|---------|----------------------------|------------|
| Altura capa | 0.2 mm | Densidad de relleno | 90 % |
| Nozzle | 0.4 mm | Patrón de relleno | Rejilla |
| Velocidad | 50 mm/s | Densidad de soporte | 20% |
| Temperatura Nozzle | 200°C | Patrón de soporte | Triángulos |
| Temperatura cama | 50°C | Tiempo | 3h 40 min |

| HOJA DE PROCESOS PARA LA PIEZA 4 | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|-------------|----------------------|
| Proyecto | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | Máquina | Ender 3 Pro | Fecha: 30/02/2021 |
| Pieza | Soporte para sujeción de tubo | Plano Nro. | Hoja | 1/1 |
| Material | PLA | Dimensiones en bruto | | |
| Realizado por | Cristian España | Observaciones | | |



| | | | |
|---------------------------|---------|----------------------------|------------|
| Altura capa | 0.2 mm | Densidad de relleno | 90 % |
| Nozzle | 0.4 mm | Patrón de relleno | Rejilla |
| Velocidad | 50 mm/s | Densidad de soporte | 20% |
| Temperatura Nozzle | 200°C | Patrón de soporte | Triángulos |
| Temperatura cama | 50°C | Tiempo | 3h 10min |

| HOJA DE PROCESOS PARA LA PIEZA 5 | | | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------|--|----------------|-------------|
| Proyecto | “Sistema de control de acceso automático por medio de temperatura corporal para negocios pequeños o medianos” | | | Máquina | Ender 3 Pro |
| Pieza | Soporte módulo cargador de batería | Plano Nro. | | Hoja | 1/1 |
| Material | PLA | Dimensiones en bruto | | 15x23x26.5 mm | |
| Realizado por | Cristian España | Observaciones | | | |



| | | | |
|---------------------------|---------|----------------------------|------------|
| Altura capa | 0.2 mm | Densidad de relleno | 90 % |
| Nozzle | 0.4 mm | Patrón de relleno | Rejilla |
| Velocidad | 50 mm/s | Densidad de soporte | 20% |
| Temperatura Nozzle | 200°C | Patrón de soporte | Triángulos |
| Temperatura cama | 50°C | Tiempo | 36 min |

Anexo 5. Código de Programa Arduino

```
#include <SPI.h>          // include SPI library
#include <Adafruit_GFX.h>    // include adafruit graphics library
#include <Adafruit_PCD8544.h> // include adafruit PCD8544 (Nokia 5110) library
#include <Wire.h> // Para MLX90614
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <infrarrojo.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseArduino.h>
#include <ArduinoJson.h>

#define FIREBASE_HOST "prueba-9a4da-default-rtdb.firebaseio.com" //--> URL de
Firebase
#define FIREBASE_AUTH "cvTaEpmzYdZDO2mnrGIgUaf5sA99eo0rEywCRqII" //-->Código de Firebase
#define WIFI_SSID "MARIA INAGAN"
#define WIFI_PASSWORD "M@ri@2020"

float TempC;

Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614(); // D1 D2
// Nokia 5110 LCD module connections (CLK, DIN, D/C, CS, RST)
//D3 inicia primer pin izquierda
//D8 tercer pin desde el círculo del C.I.
//RX al quinto pin6
//TX al sexto pin
// D0 al sensor infrarroj

Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(D7, D6, D5, D4, D3);
///////////////////////////////
infrarrojo estado(D0); //DEFINICION DEL PIN DEL ARDUINO A USAR- D1 EN
ESP8266
int VALOR; //VARIABLE QUE RECIBE EL DATO
int led_estado; //VARIABLE
/////////////////////////////
int contrast=59; // Contraste de la pantalla
/////////////////////////////
int dataPin = D8; // DS (14) pin of shift register
int latchPin = 3; // ST_CP (12) pin of Shift register
int clockPin = 1; // SH_CP (11) pin of Shift register
/////////////////////////////

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

//Conectar a Wifi
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  Serial.print("connecting");
```

```

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
}
Serial.println();
Serial.print("connected: ");
Serial.println(WiFi.localIP());

Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);

////////////////////

mlx.begin();      // Inicializa sensor MLX 90614
display.begin();  // Inicializa Display
display.setContrast(50);
display.display(); // show splashscreen

display.clearDisplay(); // clears the screen and buffer
display.setContrast(contrast); //Set contrast to 50

pinMode(3,FUNCTION_3); //TX GPIO 01
pinMode(1,FUNCTION_3); //TX GPIO 01
// All pin initialize as OUTPUT
pinMode(latchPin, OUTPUT);
pinMode(clockPin, OUTPUT);
pinMode(dataPin, OUTPUT);
}

String myString;

void loop(){

updateShiftRegister(B00000000); // leds rojos
// 1=QO
delay(300);

myString=Firebase.getString("Tesis2/set");

// myString.remove(-1, 1);
myString.remove(-2, 2);

// Serial.println(myString); // string after
float tempFirebase=myString.toFloat();
Serial.println(tempFirebase); // TEMPERATURA DE SET DESDE FIREBASE Y MI
APP INVENTOR///////////

if (Firebase.failed()) {
    Serial.print("setting /number failed:");
    Serial.println(Firebase.error());
}

```

```

Firebase.setFloat("valor a setear",tempFirebase);
if (Firebase.failed()) {
    Serial.print("setting /number failed:");
    Serial.println(Firebase.error());
}

delay(1000);
///////////////////////////////
Serial.print("\n leyendo estado sensor: \n");//IMPRIME MENSAJE EN PC
Serial.print(estado.lectura(VALOR));//IMPRIME EL ESTADO DEL Vo DEL
SENSOR MEDIANTE LA VARIABLE VALOR
led_estado = estado.lectura(VALOR);//LED QUE RECOGE EL ESTADO DEL
SENSOR

Serial.print("*C\tObject = "); Serial.print(mlx.readObjectTempC());
Serial.println("*C");
TempC = mlx.readObjectTempC()+4;

float TempC2= floor(TempC*10)/10;
// Lee temperatura como grados Celsius
Serial.println(TempC2); //Imprime en grados Celsius

if(led_estado == 0)//ETAPA DE COMPARACION PARA ACTIVAR UN LED
SEGUN EL ESTADO DEL SENSOR
{
    updateShiftRegister(B00100000); // leds rojos
    // 1=QO
    delay(300);

    display.setTextSize(3.9);
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);
    display.setCursor(5, 17);
    display.print(TempC2,1);

    Firebase.setFloat("Temperatura", TempC2);// entre comillas pondremos la etiqueta(en
este caso "ejemplo"), despues de la "," el valor que queremos darle (un número
aleatorio)
    //podemos sustituir arriba "setFloat" por setString o setString ...
    // handle error
    if (Firebase.failed()) {
        Serial.print("setting /number failed:");
        Serial.println(Firebase.error());
        return;
    }
    // delay(1000);

    display.setTextSize(3.9);
    display.setTextColor(BLACK, WHITE);
}

```

```

display.setCursor(5, 17);
display.print(TempC2,1);

///////////
display.drawPixel(10, 10, BLACK);
display.display();
// delay(2000);
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(11, 0);
display.print("TEMPERATURA");
display.drawFastHLine(0,10,83,BLACK);
display.setCursor(0, 15);
display.setTextSize(3.9);

if(TempC<=tempFirebase){
// display.setTextColor(BLACK, WHITE);
// display.setCursor(5, 17);
// display.print(TempC,1);

//updateShiftRegister(B00001000); // fourth led will o
updateShiftRegister(B10000011); // leds verdes
//2 Q1
//3 Q2
//4 Q3
//6 Q5
//7 Q6
//8 Q7

delay(3500);
updateShiftRegister(B00000000); // fourth led will on
// delay(21000);
}
else {
// display.setTextColor(BLACK, WHITE);
// display.setCursor(5, 17);
// display.print(TempC,1);
updateShiftRegister(B01111100); // leds rojos
// 1=QO

delay(4000);
updateShiftRegister(B00000000); // leds rojos
}

else {
Firebase.setFloat("Temperatura", 0.0);
if (Firebase.failed()) {
Serial.print("setting /number failed:");
}
}

```

```

        Serial.println(Firebase.error());
        return;
    }
delay(1000);

display.setTextSize(3.9);
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(5, 17);
display.print(TempC2,1);

display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(BLACK, WHITE);
display.setCursor(11, 0);
display.print("TEMPERATURA");
//display.drawPixel(20, 20, BLACK);
display.display();
delay(200);

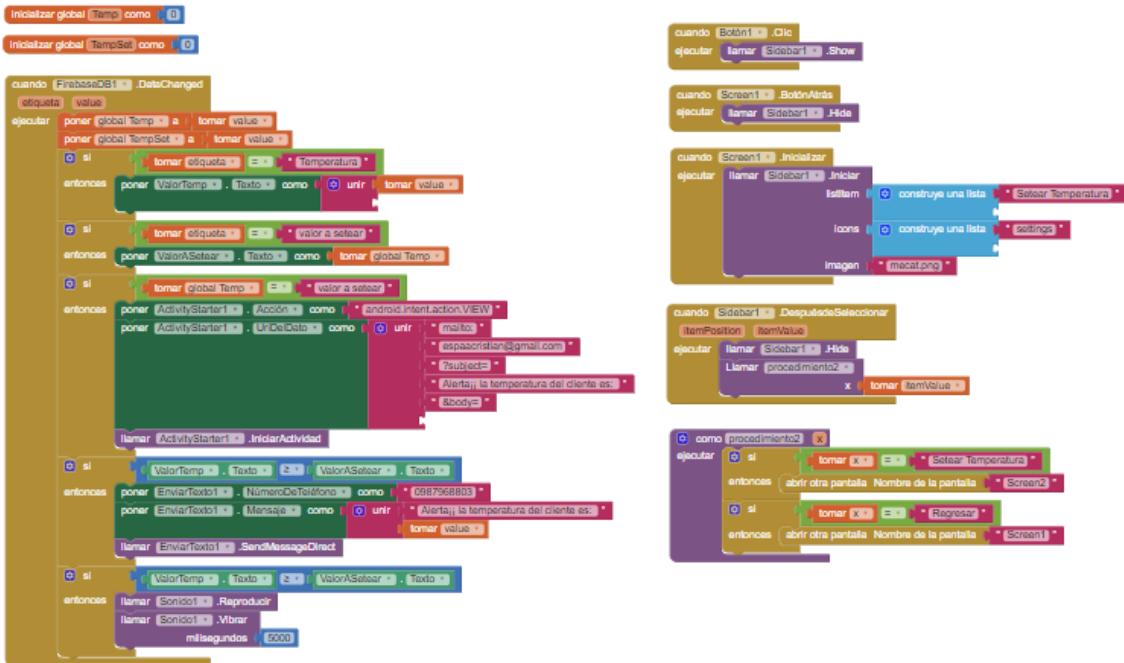
}
} // Void Loop

void updateShiftRegister(byte leds)
{
    digitalWrite(latchPin, LOW);
    shiftOut(dataPin, clockPin, LSBFIRST, leds);
    digitalWrite(latchPin, HIGH);
}

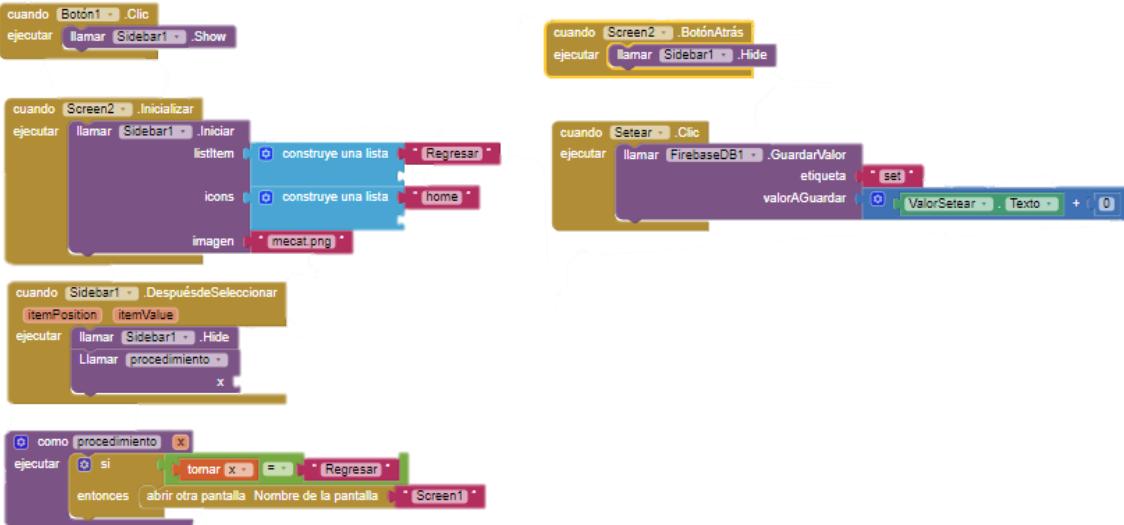
```

Anexo 6. Código de Bloques de Aplicación MIT App Inventor

Screen 1



Screen 2



Bibliografía

- [M. d. S. P. -. MSP, «Coronavirus COVID 19 - Ecuador,» 2020. [En línea].
1 Available: <https://www.salud.gob.ec/coronavirus-covid-19/>.
]
- [B. Mundo, «Coronavirus: ¿qué tan mortal es realmente el covid-19?,» 2020. [En
2 línea]. Available: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51708029>.
]
- [M. d. S. P. -. MSP, «Primer caso de Coronavirus en el Ecuador,» 2020. [En línea].
3 Available: <https://www.comunicacion.gob.ec/se-registra-el-primer-caso-de-coronavirus-en-ecuador/>.
]
- [M. d. S. P. -. MSP, «Situaciòn Nacional por COVID-19,» Ecuador, 2020.
4
]
[Microsegur, «Control de acceso por temperatura a oficinas y recintos,» 2020. [En
5 línea]. Available: <https://microsegur.com/control-de-acceso-por-temperatura-a-oficina-y-recintos/>.
]
[Traza, «Sistema de reconocimiento facial autónomo, detección de temperatura, y
6 estación de desinfección,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.traza.com/fi51-si-sistema-de-deteccion-de-temperatura-reconocimiento-facial-autonomo-y-estacion-de-desinfeccion>.
]
[Orbita, «Sistema de control de temperatura corporal,» Orbita Ingenierìa, Mayo 2020.
7 [En línea]. Available: <https://www.orbitaingenieria.com/producto/sistema-de-control-de-temperatura-corporal/>.
]
[O. M. d. I. S. (OMS), «Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus
8 (COVID-19),» 2020. [En línea]. Available:
]
https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses?gclid=CjwKCAjwkdL6BRAREiwAkiczGjW_vkWghS8MzUO9sEHMakUJpEvWnmeWeo5kZwbqkgRAVoErYcRoC8yAQAvD_BwE.
[As.com, «Mapa del coronavirus en el mundo, en tiempo real: casos, infectados y
9 muertos,» 2020. [En línea]. Available:
]
https://as.com/deporteyvida/2020/03/16/portada/1584340264_525904.html.
[Ministerio-de-Trabajo, «Guía de actuación para la prevención y control de covid-19,
1 durante la jornada presencial de trabajo,» Quito,Ecuador, 2020.
0
]
[A. d. c. d. c. e. Ecuador, «Ministerio de Salud Pùblica,» 20 10 2020. [En línea].
1 Available: <https://www.salud.gob.ec/actualizacion-de-casos-de-coronavirus-en-1-ecuador/>.
]
[E. UNIVERSO, «¿Cuáles son los síntomas del coronavirus COVID-19?,» 2020. [En
1 línea]. Available:
2 <https://www.eluniverso.com/larevista/2020/03/20/nota/7789212/sintomas-coronavirus-covid-19-como-reconozco-si-estoy-enfermo>.
]
[O. M. d. I. Salud, «Modos de transmisión del virus de la COVID-19,» 2020. [En
1 línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/modes-of>

- 3 transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-
] recommendations.
- [E. UNIVERSO, «¿Tener una temperatura de 37 °C se considera una fiebre?,» 2020.
1 [En línea]. Available:
4 <https://www.eluniverso.com/larevista/2020/04/04/nota/7804818/37-oc-es-fiebre>.
]
[Cigna, «Temperaturas de fiebre: Precisión y comparación,» 2020. [En línea].
1 Available: <https://www.cigna.com/individuals-families/health-wellness/hw-en-espanol/temas-de-salud/temperaturas-de-fiebre-tw9223>.
]
[«Adopción de protocolo empresarial para la reapertura de operaciones y resiliencia
1 empresarial,» 2020. [En línea]. Available: <https://integrarse.org/como-garantizar-la-continuidad-del-negocio-y-la-adaptacion-a-la-nueva-normalidad/>.
]
[CartronicGroup, «Sistemas de monitorización de temperatura corporal para el control
1 de Covid-19,» 2020. [En línea]. Available:
7 <https://grupocartronic.com/monitorizacion-de-temperatura-corporal-covid-19>.
]
[Tsimplifica, 2020. [En línea]. Available: Reconocimiento facial altamente preciso
1 que usa un algoritmo de inteligencia artificial de aprendizaje constante.
8
]
[«¿Cómo funciona un termómetro de infrarrojos personal?,» 2020. [En línea].
1 Available: <https://www.20minutos.es/noticia/4318154/0/como-funciona-termometro-infrarrojos-personal-precios/>.
]
[F. Corporation, «Calibración de Temperatura Infrarroja,» [En línea]. Available:
2 https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/80319/calibracion-de-temperatura-por-infrarrojos.pdf.
]
[O. Company, «Termómetro de infrarrojos,» [En línea]. Available:
2 <https://es.omega.com/prodinfo/termometros-infrarrojos.html>.
1
]
[«Técnicas de medición termográfica. Midiendo la emisividad,» 2020. [En línea].
2 Available:
2 https://www.construmatica.com/construpedia/T%C3%A9cnicas_de_medi%C3%ADa_en_termogr%C3%A1fica._Midiendo_la_emisividad#:~:text=La%20piel%20humana%20presenta%20una,s%C3%B3lo%20aumenta%20con%20la%20temperatura..
[B. Quispe, «Recomendaciones para la calibración y uso de Recomendaciones para la
2 calibración y uso de,» 2013. [En línea]. Available:
3 https://www.inacal.gob.pe/inacal/files/metrologia/EVENTOS/SIMPOSIOS/2013/Billete_y_Quispe.pdf.
[N. ASTM-E1965-98, «Especificación Estándar para Termómetros Infrarrojos para la
2 Determinación Intermitente de la Temperatura del Paciente,» United States, 2003.
4
]
[C. U. g. e. d. f. e. ingeniería, «Guillermo Restrepo G; María A. Lopera C,»
2 Antioquia, Medellín, 2015. [En línea]. Available:

- 5 http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7772/1/RestrepoGuillermo_2015_j_estrategiaformacioningenieria.pdf.
- [V. Rodríguez, «Control de la infección cruzada en los laboratorios de prótesis dental 2 de Galicia,» 2018. [En línea]. Available:
- 6 http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272018000100075#:~:text=La%20infecci%C3%B3n%20cruzada%20se%20define,contacto%20directo%20o%20mediante%20f%C3%B3rmulas..
- [S. d. p. I. FC-51, 2016. [En línea]. Available:
- 2 <https://www.mactronica.com.co/sensor-de-obstaculos-infrarrojo-fc-51>.
- 7
-]
- [«Sensor de distancia ultrasónico HC-SR04,» 2013. [En línea]. Available:
- 2 <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>.
- 8
-]
- [«Sensor de distancia infrarrojo GP2Y0A21YK0F,» 2015. [En línea]. Available:
- 2 <https://soloarduino.blogspot.com/2015/09/sensor-medidor-infrarrojos-de.html>.
- 9
-]
- [«Arduino Nano V3,» [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/arduino-nano-v3-atmega328-5v-cable-usb/>.
- 0
-]
- [«NodeMCU V3 Wifi - ESP8266,» 2017. [En línea]. Available:
- 3 <https://tienda.bricogeek.com/wifi/1033-nodemcu-v3-wifi-esp8266-ch340.html>.
- 1
-]
- [A. l. n. 5110, «Código Electrónica,» 2017. [En línea]. Available:
- 3 <http://codigoelectronica.com/blog/arduino-lcd-nokia-5110>.
- 2
-]
- [«Electronics Lab,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.electronics-lab.com/project/menu-nokia-5110-lcd-display-arduino/>.
- 3
-]
- [TiendaTec, «PANTALLA OLED 0,96" 128x64,» 2017. [En línea]. Available:
- 3 <https://www.tiendatec.es/arduino/pantallas-displays/651-pantalla-oled-096-128x64-azul-amarillo-i2c-iic-sdd1306-para-arduino-8406511590009.html>.
- 4
-]
- [«Display LCD 2X16,» Bigtrónica, [En línea]. Available:
- 3 <https://www.bigtronica.com/centro/display-lcd-tft-diodos-led/lcd-tft-oled/4055-display-lcd-2x16-backlight-verde-5053212004057.html>.
- 5
-]
- [D. MLX90614, «Infra Red Thermometer,» 13 Septiembre 2019. [En línea].
- 3
- 6
-]
- [«Melexis,» MLX90640, 2019. [En línea]. Available:
- 3 <https://www.melexis.com/en/product/mlx90640/far-infrared-thermal-sensor-array>.

- 7
]
[«AliExpress,» Cámara infrarroja MLX90640, 2019. [En línea]. Available:
3 <https://es.aliexpress.com/i/4000303032552.html>.
8
]
[«Sensores de temperatura infrarrojos PYROCUBE,» 2019. [En línea]. Available:
3 https://www.logicbus.com.mx/sensores-temperatura-infrarrojos-pyrocube_p.php.
9
]
[D. LED, 2014. [En línea]. Available:
4 <https://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html>.
0
]
[MovilTronic, «Módulo Cargador TP4056,» [En línea]. Available:
4 <https://moviltronics.com/tienda/modulo-cargador-tp4056/>.
1
]
[«Registro de Desplazamiento 74HC595,» [En línea]. Available:
4 <https://www.electronicaplugandplay.com/circuitos-integrados/product/289-registro-de-desplazamiento-74hc595>.
]
[«AVElectronics,» Buzzer, 2015. [En línea]. Available:
4 <https://avelectronics.cc/producto/buzzer/>.
3
]
[«Termómetro Infrarrojo GP-300,» [En línea]. Available:
4 <https://www.amazon.com.mx/Term%C3%B3metro-infrarrojo-contacto-term%C3%B3metro-infrarrojos/dp/B086JQ4Q96>.
]
[M. d. S. P. d. Paraguay, «¿Cuál es el sitio correcto para medir la temperatura corporal con el termómetro infrarrojo?,» 2020. [En línea]. Available:
5 <https://www.mspbs.gov.py/portal/21329/iquestcuál-es-el-sitio-correcto-para-medir-la-temperatura-corporal-con-el-termómetro-infrarrojo.html>.
]
[«<https://thingspeak.com/>,» [En línea].
4
6
]
[EasyEDA, 2020. [En línea]. Available: <https://easyeda.com/es>.
4
7
]
[C. E. d. Metrologia, «Guía de Buenas Prácticas para el uso de Termómetros para Realizar Medidas Trazables de la Temperatura del Cuerpo Humano sin Contacto,» Abril 2020. [En línea]. Available:
]
[https://www.cem.es/sites/default/files/medidas_trazables_de_la_temperatura_del_cuerpo_humano_v2.pdf.
]
[[En línea]. Available: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/ecuador-registra-120-4-muertos-y-3163-contagiados-por-covid-19-1790334>.

- 9
]
[«Sensor Ultrasónico HC-SR04,» 2017. [En línea]. Available:
5 <https://proyectosconarduino.com/sensores/sensor-de-distancia-hc-sr04/>.
0
]
[«Arduino,» 2018. [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano>.
5
1
]
[Europapress, 06 Abril 2020. [En línea]. Available:
5 <https://www.europapress.es/internacional/noticia-alemania-advierte-pandemia-2-coronavirus-podria-prolongarse-periodo-dos-anos-20200317140444.html..>
]
[E. UNIVERSO, «Vicepresidente Otto Sonnenholzner constata el equipamiento e
5 insumos médicos para atender emergencia sanitaria en el HQS del IEES,» 2020. [En
3 línea]. Available:
] <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/03/26/nota/7796487/vicepresidente-otto-sonnenholzner-constata-equipamiento-e-insumos>.
[«ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino,» 2017. [En
5 línea]. Available: <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>.
4
]
[A. d. p. e. p. l. r. d. o. y. r. empresarial, «Integrarse,» 2020. [En línea]. Available:
5 <https://integrarse.org/como-garantizar-la-continuidad-del-negocio-y-la-adaptacion-a-la-nueva-normalidad/>.
]
[«¿Qué son y para qué sirven los termopares?,» 2017. [En línea]. Available:
5 <https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/40-que-son-y-para-que-sirven-los-termopares.html>.
]
[«Sensor Termopar tipo K,» 2016. [En línea]. Available:
5 <http://www.geekbotelectronics.com/producto/termopar-tipo-k/>.
7
]
[G. Restrepo, «CDIO: Una gran estrategia de formación en ingeniería,» Universidad
5 de Antioquia, Medellín, 2015. [En línea]. Available:
8 http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7772/1/RestrepoGuillermo_2015_Estrategiaformacioningenieria.pdf.