



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO DE
TEMPERATURA CORPORAL PARA UN VISOR FACIAL**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECATRÓNICO**

OLIVER FABRICIO CABRERA PAREDES

DIRECTOR: VLADIMIR BONILLA

Quito, noviembre del 2022

© Universidad UTE. 2022

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1712605060
APELLIDO Y NOMBRES:	Cabrera Paredes Oliver Fabricio
DIRECCIÓN:	Urb. Pusuqui, calle Francisco Montaña S9-164 y Pedro Biena
EMAIL:	oliver_22-14@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022356309
TELÉFONO MOVIL:	0984516370

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial
AUTOR O AUTORES:	Cabrera Paredes Oliver Fabricio
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Vladimir Bonilla
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>El desarrollo de la presente investigación tiene como finalidad realizar un sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial para ayudar a las personas que tengan contacto directo con posibles infectados con el virus COVID-19, así mismo mediante la implementación del visor facial no solo se implementara el monitoreo para la detección de infectados, sino que también, se dará una mayor protección al</p>

personal que realice este control. Uno de los principales síntomas de este virus es la fiebre, por lo que las temperaturas corporales altas puede ser un posible factor que indique que una persona este contagiada. El sistema incluye una pulsera con una pantalla oled para visualizar la temperatura censada, al monitorear una temperatura existe una alerta vibratoria en la pulsera para alerta que la persona en frente de protector fácil esta con posible síntoma del Virus de Covid.

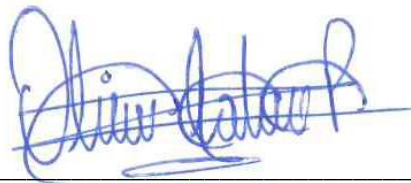
La temperatura es monitoreada por la cámara térmica AMG8833, el valor es procesado por la tarjeta Esp32, esta tarjeta posee conexión WiFi que es la comunicación utilizada para el envío de la información de la temperatura, en la pulsera se encuentra una pantalla oled para mostrar los datos censados por la cámara térmica.

Para comprobar el desempeño, confiabilidad y seguridad que brinda el sistema, se realizaron varias pruebas de funcionamiento y fueron aplicadas a distintas personas, así mismo, se efectuó un análisis comparativo del sistema propuesto con diferentes medidos de medición de temperatura electrónico para validar la efectividad y verificar la protección adicional que se quiere otorgar en el sistema propuesto.

PALABRAS CLAVES:	COVID-19, Temperatura, Pantalla Oled, cámara térmica
ABSTRACT:	<p>The development of this research aims to make an electronic body temperature monitoring system for a face visor to help people who have direct contact with possible infected with the COVID-19 virus, likewise, through the implementation of the facial viewer, not only will monitoring be implemented for the detection of infected, but also, greater protection will be given to the personnel who carry out this control. One of the main symptoms of this virus is fever, so high body temperatures can be a possible factor that indicates that a person is infected. The system includes a bracelet with an oled screen to visualize the sensed temperature, when monitoring a temperature there is a vibrating alert on the bracelet to alert that the person in front of the easy protector is with a possible symptom of the Covid Virus.</p> <p>The temperature is monitored by the AMG8833 thermal camera, the value is processed by the Esp32 card, this card has a WiFi connection which is the communication used to send the temperature information, on the bracelet there is an oled screen so that the mirrored data</p> <p>To check the performance, reliability and safety provided by the system,</p>

	several performance tests were carried out and applied to different people, likewise, a comparative analysis of the proposed system was carried out with different electronic temperature measurement measures to validate the effectiveness and verify the additional protection to be granted in the proposed system.
KEYWORDS	COVID-19, Temperature,, Oled Scree, thermal camera

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



f: _____

CABRERA PAREDES OLIVER FABRICIO

1712605060

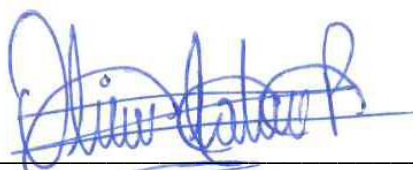
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **OLIVER FABRICIO CABRERA PAREDES**, CI. 1712605060 autor/a del trabajo de titulación: **Sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial** previo a la obtención del título de **GRADO ACADÉMICO COMO APARECE EN EL CERTIFICADO DE APROBACIÓN ACADÉMICA** en la Universidad UTE.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación de grado para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de titulación de grado con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, diciembre, 2021

f: _____



CABRERA PAREDES OLIVER FABRICIO

1712605060

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor de tesis de grado, certifico que el presente trabajo que lleva por título **SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO DE TEMPERATURA CORPORAL PARA UN VISOR FACIAL** para aspirar al título de **INGENIERO MECATRÓNICO** fue desarrollado por **CABRERA PAREDES OLIVER FABRICIO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Jurado examinador que se designe.



Vladimir Bonilla

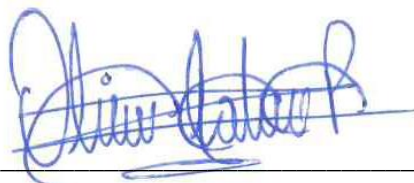
DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1710300045

DECLARACION JURAMENTADA DEL AUTOR

Yo, CABRERA PAREDES OLIVER FABRICIO, portador(a) de la cédula de identidad N° 171260506-0, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en ese documento.

La Universidad UTE puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f: 

CABRERA PAREDES OLIVER FABRICIO

1712605060

CARTA DE CONFORMIDAD

Sres. Universidad UTE

De mi especial consideración:

En calidad de gerente de la compañía "ABANISERCONEX" (Abanico de servicios profesionales y servicios conexos Cía. Ltda., RUC 1792047582001), certifico el cumplimiento a satisfacción del trabajo de titulación "Sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial" realizado por el señor Oliver Fabricio Cabrera Paredes, CI. 1712605060.

El presente documento puede ser utilizado por el interesado a bien tuviera.

Quito, 06 de julio de 2022.

Atentamente.



Ángel Fabián Bonilla

1703232148

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios, a la memoria de mi madre Raquel Paredes, quién siempre confió en mí, con su amor y ternura supo educarme e inculcarme valores de vida, que desde el reino de los cielos sigue guiándome y bendiciendo, a mi padre Marcelo Cabrera que ha sido un sustento moral y económico en mi vida, a mis hermanas Ximena, Nora, Fernanda y Valeria que siempre han confiado en mi y en mis capacidades, a mi hermano Esteban un ejemplo de vida, lucha y perseverancia, a mi hermosa y amada hija Martina motor y motivo día a día para salir adelante y ser un ejemplo para ella, a su madre Maria Belén Armas por se ese apoyo incondicional, y a todos quienes me han apoyado en el transcurso de mi vida estudiantil.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mi madre, por todo lo que significa para mi vida, sé que desde el cielo te sientes orgullosa de mí, la promesa que te hice te la estoy cumpliendo y tus bendiciones lo han hecho posible, te amo mi reina.

A mi padre por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mi amada hija, por motivarme a salir adelante, por darme la fuerza de alcanzar mis metas, de esta manera servirle de ejemplo, a su madre por cuidar de mi pequeña y ayudarme alcanzar este logro.

A mis hermanas y hermano, que siempre han creído en mis capacidades, con su apoyo y confianza me han motivado día a día para alcanzar esta meta, que sin su apoyo no se pudo haber cumplido.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional, en especial a mi director de tesis, el Ing. Vladimir Bonilla por guiar esta investigación y formar parte de otro objetivo alcanzado. en la Universidad Tecnológica Equinoccial

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	9
2.1 MÉTODOS	10
2.2 MODELO EN V	11
2.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	11
2.3.1 Requerimientos de Hardware	11
2.3.2 Requerimientos de software	12
2.4 CONCEPCIÓN DE LA ARQUITECTURA	12
2.5 DIAGRAMAS DE BLOQUES	14
2.5.1 Selección de los elementos que conforman el prototipo	14
2.5.2 Tarjeta de desarrollo	15
2.5.3 Cámara térmica	16
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA	22
3.1.1 Calibración de sensores	22
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
4.1 CONCLUSIONES	28
4.2 RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Rangos de temperatura corporal por zona medida	4
Tabla 2. Rango, precisión y resolución de mediciones de temperatura	8
Tabla 3. Parámetros físicos considerados en el desarrollo del proyecto	12
Tabla 4. Parámetros técnicos considerados en el desarrollo del proyecto	12
Tabla 5. Cuadro comparativo tarjetas controladoras	15
Tabla 6. Cuadro comparativo de las cámaras térmicas.	16
Tabla 7. Datos requeridos en las cámaras térmicas.	17
Tabla 8. Edad de personas examinadas	26
Tabla 9. Comparativa de medición	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Metodología modelo en V	11
Figura 2. Concepción de la arquitectura del sistema	13
Figura 3. Diagrama de bloques empleado en el sistema de estimulación	14
Figura 4. Esquema de conexión del prototipo	18
Figura 5. Estructura protectora facial	19
Figura 6. Diagrama de flujo del programa principal	20
Figura 7. Conexiones del circuito	22
Figura 8. Pruebas de funcionamiento de la pantalla OLED	23
Figura 9. Visor de acrílico	23
Figura 10. Pulsera de temperatura corporal	24
Figura 11. Prueba de funcionamiento del sistema (visor).	24
Figura 12. Valores adquiridos en la prueba de funcionamiento.	25
Figura 13. Visualización de parámetros Display OLED	25

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación tiene como finalidad realizar un sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial para ayudar a las personas que tengan contacto directo con posibles infectados con el virus COVID-19, así mismo mediante la implementación del visor facial no solo se implementara el monitoreo para la detección de infectados, sino que también, se dará una mayor protección al personal que realice este control. Uno de los principales síntomas de este virus es la fiebre, por lo que las temperaturas corporales altas puede ser un posible factor que indique que una persona este contagiada. El sistema incluye una pulsera con una pantalla oled para visualizar la temperatura censada, al monitorear una temperatura existe una alerta vibratoria en la pulsera para alerta que la persona en frente de protector fácil esta con posible síntoma del Virus de Covid.

La temperatura es monitoreada por la cámara térmica AMG8833, el valor es procesado por la tarjeta Esp32, esta tarjeta posee conexión WiFi que es la comunicación utilizada para él envió de la información de la temperatura, en la pulsera se encuentra una pantalla oled para mostrar los datos censados por la cámara térmica.

Para comprobar el desempeño, confiabilidad y seguridad que brinda el sistema, se realizaron varias pruebas de funcionamiento y fueron aplicadas a distintas personas, así mismo, se efectuó un análisis comparativo del sistema propuesto con diferentes medidos de medición de temperatura electrónico para validar la efectividad y verificar la protección adicional que se quiere otorgar en el sistema propuesto.

Palabras clave: COVID-19, Temperatura, Pantalla Oled, cámara térmica

ABSTRACT

The development of this research aims to make an electronic body temperature monitoring system for a face visor to help people who have direct contact with possible infected with the COVID-19 virus, likewise, through the implementation of the facial viewer, not only will monitoring be implemented for the detection of infected, but also, greater protection will be given to the personnel who carry out this control. One of the main symptoms of this virus is fever, so high body temperatures can be a possible factor that indicates that a person is infected. The system includes a bracelet with an oled screen to visualize the sensed temperature, when monitoring a temperature there is a vibrating alert on the bracelet to alert that the person in front of the easy protector is with a possible symptom of the Covid Virus.

The temperature is monitored by the AMG8833 thermal camera, the value is processed by the Esp32 card, this card has a WiFi connection which is the communication used to send the temperature information, on the bracelet there is an oled screen so that the mirrored data

To check the performance, reliability and safety provided by the system, several performance tests were carried out and applied to different people, likewise, a comparative analysis of the proposed system was carried out with different electronic temperature measurement measures to validate the effectiveness and verify the additional protection to be granted in the proposed system.

Keywords: COVID-19, Temperature,, Oled Scree, thermal camera

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La forma de protección por medio de mascarillas faciales durante brotes de enfermedades virales como el coronavirus (COVID-19), se ha demostrado en estudios científicos que no sólo es efectivo para proteger a los trabajadores de la salud y reducir el peligro de que pacientes infecciosos diseminen la enfermedad. Con base en esa evidencia, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) recomienda el uso de máscaras faciales no solo a personas que tienen síntomas respiratorios como tos, estornudos o dificultad para respirar, y temperaturas corporales altas. Adicional indican que el monitoreo de temperatura es muy efectivo para detectar el coronavirus (OPS, 2020)

La temperatura corporal normal oscila entre 36.5° a 37° Celsius, se considera alta cuando es de 38° Celsius o superior. Tomar la temperatura corporal exacta no es fácil, pero se ha procedido con el control de temperatura corporal como medidas de seguridad por lo que el sistema propuesto será de gran ayuda para facilitar la detección temprana y casi inmediata de las personas infectadas con COVID-19, sin depender del tradicional lector de temperatura manual, que actualmente se está utilizando en todo el país y el mundo (OMS, 2020).

En razón a lo planteado anteriormente, se ha visto que las personas encargadas del control de la temperatura en espacios públicos, no alcanza a cubrir la demanda, ya sea por un flujo constante de individuos por el área o porque, no han sido instruidos eficazmente para realizar esta tarea. Por tal efecto, se ha planteado la creación de un visor de cómodo uso que cumpla con además de la protección, con la función de medir la temperatura corporal, de este modo el acceso a estos lugares será más seguro. Esta sería una solución efectiva para el control de la temperatura corporal, con esto se podrá brindar a la población espacios más seguros y evitar el contagio del virus del COVID-19.

Para lo cual se emplearán varios instrumentos y dispositivos para la elaboración de un visor facial que permita corroborar la temperatura corporal y prevenga el contagio de esta enfermedad que afecta a toda la ciudadanía. Ya que al tener una mejor captación de este factor tan importante como es la temperatura, se evitará, los casos de contagio por el mal uso de los medidores de temperatura.

El “*Vitem*” es el nombre del visor que es propuesto en el presente proyecto que, debido a la situación que el mundo actualmente se enfrenta, se convierte en un accesorio muy útil por lo siguiente:

- Aproximación de la temperatura corporal
- Posibilidad de comunicación con otras gatgets a un alcance de 200 metros
- Bajo consumo de energía

Con este trabajo se proporcionará una medida de la temperatura en entorno de mucha concurrencia.

El visor facial con monitoreo de temperatura puede llegar a ser una herramienta de gran importancia a nivel mundial, en la actualidad. La urgencióloga docente del Departamento de Salud Pública, Erika Buñay, indica que “La fiebre es un síntoma que aparecerá cuando realmente la respuesta frente al huésped adverso está afectándonos y esta respuesta se dará con temperatura elevada. Actualmente, esta sintomatología permite sospechar que estamos frente a un paciente con COVID”. (Talca, 2020). La temperatura normal está en un rango de entre 36°C a 37,8°C, pudiendo variar de acuerdo con la zona medida, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** por diferentes factores.

Tabla 1. Rangos de temperatura corporal por zona medida

Zona	Temperatura (°C)	Fiebre (°C)
Rectal	36,6 – 38,0	>38,8
Oral	35,5 – 37,5	>37,8
Axilar	34,7 – 37,2	>37,2
Timpánica	35,8 – 38,0	>38,0

(Sanz, 2017)

La fiebre puede clasificarse en base a diferentes criterios como la duración, la evolución, la intensidad o el inicio.

El alcance del proyecto es desarrollar, implementar y desplegar una aplicación que permite que la temperatura captada por el visor facial se visualice en el dispositivo de mano (pulsera), de tal forma que se garantice la eficiencia de la información presentada sobre la toma temperatura.

Estado del arte, en cuanto a esto se puede decir que:

La salud se caracteriza como un estado pleno de bienestar físico, mental y social y no simplemente como la ausencia de enfermedad. La salud es un elemento fundamental de la necesidad de las personas de una vida mejor. Desafortunadamente, el problema de la salud mundial ha creado un dilema debido a ciertos factores, como los servicios de salud deficientes, la presencia de grandes brechas entre las áreas rurales y urbanas, la falta de disponibilidad de médicos y enfermeras durante los momentos más difíciles. (Islam & Rahaman, 2020)

Se han realizado algunos trabajos importantes en el campo de la ciencia médica para monitorear la salud del paciente. Los trabajos asociados en este campo se describen a continuación.

Se desarrolló un sistema de monitoreo de la salud que puede monitorear los síntomas básicos de un paciente, como la frecuencia cardíaca, el porcentaje de saturación de oxígeno, la temperatura corporal y el movimiento ocular en la red IoT. Para ello, el sistema utilizó Heartbeat, SpO2, Sensores de temperatura y parpadeo como elementos de captura y Arduino-UNO como dispositivo de procesamiento. El sistema desarrollado fue implementado, pero no se describen medidas específicas de desempeño para ningún paciente. (Tamilselvi, Sribalaji, Vigneshwaran, Vinu, & GeethaRamani, 2020)

Se presentó un kit de monitoreo de atención médica. El sistema desarrollado monitoreó algunos parámetros básicos de la salud humana como el latido del corazón, el ECG, la temperatura corporal y la respiración. Los principales componentes de hardware que se utilizan aquí son el sensor de pulso, el sensor de temperatura, el sensor de presión arterial, el sensor de ECG y la Raspberry pi. Los datos se recopilaron de los sensores y se enviaron a la Raspberry pi para su procesamiento. El principal inconveniente del sistema es que no se desarrollan interfaces para la visualización de datos. (Acharya & Patil, 2020)

- Sistemas de medición de temperatura corporal

La forma más práctica de realizar la medición de temperatura en el área de la medicina es a través del termómetro clínico de mercurio en vidrio, esta técnica de medición resulta fácil y precisa, pero también presenta falencias como su lentitud al presentar la información requerida, no dispone de un monitoreo continuo de la temperatura, así mismo, otro inconveniente que presenta este sistema es la contaminación por mercurio que se maneja en los hospitales, sin embargo en la actualidad no existe algún dispositivo de medición de temperatura que pueda sustituirlo por completo.

Existen muchos tipos de sensores de temperatura para la termometría médica y, por tanto, siempre hay opciones de sensores. La medida en que los sensores disponibles satisfacen los requisitos clínicos y fisiológicos de la medición de la temperatura corporal depende de las características fundamentales de estos sensores.

- Técnicas prácticas de medición de la temperatura corporal

Medición de la temperatura central del cuerpo, se han desarrollado muchas técnicas diferentes para medir la temperatura en la parte central del cuerpo. Aunque las temperaturas varían según la ubicación, las medidas en la parte central del cuerpo se consideran un índice de la temperatura central. En situaciones clínicas, las temperaturas de diferentes partes del cuerpo deben utilizarse como temperatura central por conveniencia y, al hablar de la temperatura corporal, debe hacerse una comparación entre las lecturas de temperatura obtenidas de varias regiones. Por lo tanto, un estudio comparativo de las diferentes técnicas también es importante para establecer un método de medición preciso en cada parte.

Temperatura oral; la boca es el lugar más conveniente para la medición rutinaria de la temperatura central. La temperatura oral es siempre más baja que la de los lugares más profundos, se puede medir colocando la punta del termómetro por vía sublingual durante unos 3 minutos.

Temperatura nasal; la cavidad nasal es un orificio natural en el que se puede colocar fácilmente una sonda termométrica. Cuando se administra anestesia local, o durante la anestesia general.

Monitorización de la temperatura corporal; el examen de las constantes vitales es una medición de las funciones más básicas del cuerpo para averiguar los signos clínicos y es útil para reforzar el diagnóstico de una enfermedad y para determinar la planificación de una acción médica adecuada. (Saputro, 2017)

Los signos vitales de la salud humana pueden identificarse a partir de la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la respiración y la presión arterial. De estos signos vitales, la temperatura corporal es el signo que requiere más atención. La temperatura corporal es la diferencia entre la cantidad de calor producida por los procesos corporales y la cantidad de calor que se pierde hacia el exterior. La temperatura normal en los adultos oscila entre 36,5 °C y 37,5 °C. (Damayanti, 2015)

Si la temperatura corporal es inferior a 36 °C, se indica una hipotermia, pero si la temperatura corporal es superior a 37 °C, se indica que se sufre una hipertermia. La temperatura corporal es un parámetro igualmente importante para comprobar el estado del cuerpo. Unas condiciones físicas poco

saludables se reflejan en una mala temperatura corporal. Muchas personas no son conscientes de la importancia de mantener una temperatura corporal normal. Cualquier cambio en la temperatura ambiental provocará cambios en la temperatura corporal. (Jones, 2016)

La importancia de comprobar la temperatura corporal hace que todo el mundo sea consciente de su estado corporal. Sin embargo, el equipo médico que se utiliza en los hospitales para controlar o comprobar la temperatura corporal es un termómetro que resulta menos eficaz para las enfermeras y los médicos, ya que se tarda en llegar a la habitación del paciente para recoger los datos de la temperatura corporal. Además, cuando el estado del paciente se deteriora repentinamente, también necesita tiempo para procesarlo, por lo que se necesita un dispositivo que pueda mostrar inmediatamente los datos del paciente sin tener que ir a su habitación (Kim & Min, 2019).

La temperatura de la superficie de la frente indirecta (sin contacto) se mide utilizando un terminal de reconocimiento facial de detección de temperatura de la frente de siete pulgadas SEK-SVBFF07, con un rango de medición de la temperatura corporal de 34-42°C (Sullivan, et al., 2021).

El sensor de la cámara termográfica MLX90640ESF calibrado de fábrica. Un conjunto de infrarrojos térmicos de 24 píxeles con un paquete TO39 de 4 conductores e interfaz digital. Para calcular la temperatura de la frente, se integra un sensor ambiental para medir la temperatura ambiente del chip y un sensor de suministro separado utiliza la matriz de píxeles IR para calcular la temperatura de la frente. El dispositivo en su modo predeterminado trabaja a la velocidad de cuadro de medición de 2 Hz, y el patrón de ajedrez de análisis de píxeles. Una vez que se completa la medición con el algoritmo de matriz de píxeles IR, la temperatura de la frente se muestra en la pantalla y una voz automatizada anuncia la temperatura (Carpenè, Henry, Mattiuzzi, & Lippi, 2021).

El termómetro láser infrarrojo (IR) FLIR TG54 de FLIR Systems Inc con una relación de distancia al punto de 24:1 (pulgadas) a distancias de 0,61, 1,22 y 1,83 m, como se indica en el manual del usuario. La temperatura de la membrana timpánica derecha se mide utilizando una sonda de contacto digital combinada de IR timpánica y de frente. La temperatura de la superficie de la frente directa (contacto) se mide utilizando la sonda de contacto digital de la frente y el tímpano IR sin el accesorio de la sonda timpánica y un iButton asegurado directamente en la frente con cinta médica (Shajkofci, 2021).

El termómetro láser FLIR TG54 es calibrado en un laboratorio ISO 17025 mediante técnicas de cuerpos negros de ITM Instruments Inc. Con una tolerancia de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ o 1%, lo que sea mayor. Se utilizaron cuatro cuerpos

diferentes (50, 100, 200, 400°C), y el dispositivo pasó con una lectura de 50.7, 100.6, 200.4 y 399.8°C para cada cuerpo correspondiente. Todos los demás equipos tienen calibraciones estándar de fábrica con los rangos de medición de temperatura, precisión y resoluciones mencionados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** (Dzien, Halder, Winner, & Lechleitner, 2021).

Tabla 2. Rango, precisión y resolución de mediciones de temperatura

Equipo	Rango de medición °C	Exactitud °C	Resolución °C
Sonda de contacto IR digital	32 a 42.89	±0.2	0.1
iBotón	-40 a 85	±0.5	0.5
Termómetro láser IR	-30 a 650	±1	0.1
Cámara de imagen térmica	34 a 42	±0.3	0.1

(Dzien, Halder, Winner, & Lechleitner, 2021)

A partir de los problemas expuestos anteriormente, se pretende diseñar un dispositivo que pueda ser utilizado en un visor facial para ayudar a monitorizar la temperatura corporal en el caso de que sea elevada como síntoma de COVID-19.

- El Objetivo general planteado para este trabajo de titulación fue diseñar un sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal para un visor facial.

Para lograr esto:

- Recopilar información bibliográfica para el sistema electrónico de monitoreo de temperatura corporal.
- Recopilar los datos de temperatura mediante sensores confiables.
- Implementar el sistema de monitoreo utilizando un microcontrolador.
- Diseñar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura, que permita el envío de datos hacia un dispositivo de visualización y señal no sonora.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos específicos se llevó a cabo una serie de pasos descritos a continuación:

Para la selección de la cámara que permita obtener las imágenes de calor se basó en la tecnología de algoritmo de cuerpo en vivo: con detección monocular 2D con una cámara de color, 2.5D con binocular (color + infrarrojo). Este tipo de tecnología de contraste de rostros múltiples puede reconocer y buscar el rostro del individuo sin la necesidad de una conexión a internet. (Palermo, 2017)

El diseño del sistema inteligente permite el control, monitoreo y protección a través del escaneo de la temperatura al sujeto y su imagen térmica, previo a la adquisición, análisis y proceso de los datos de la persona que se analizará.

Posteriormente se procede al diseño de la aplicación para la clasificación de sujetos a partir de las mediciones de la cámara, en donde se añade la detección automática de la temperatura corporal sin necesidad del contacto, solo con escanear el cuerpo o rostro humano realiza la toma de temperatura humana infrarroja de alta precisión. En caso de encontrar una temperatura mayor a 37,3° el dispositivo emitirá una alarma automáticamente. (Viñas, 2017).

Para integrar el sistema de monitoreo de temperatura al visor facial se utilizó un sensor electrónico, en donde su funcionamiento se basa en las propiedades electrónicas de los materiales que están fabricados. La banda de temperaturas a medir en el proyecto se determinó por las temperaturas corporales; siendo el rango realmente estrecho, lo cual hace adecuado el uso de un sensor basado en semiconductores. El más adecuado es el denominado sensor de circuito integrado: los sensores de circuitos integrados son muy lineales, ofrecen altos niveles de rendimiento, son relativamente económicos y bastante precisos en temperaturas cercanas a la temperatura ambiente a pesar de requerir de una fuente de alimentación. Por sus características, el sensor seleccionado fue el LM35D, ya que es fácil de adquirir en el mercado nacional. (Martínez, 2004)

Para validar el funcionamiento del sistema se realizó pruebas del prototipo en varios espacios por medio del monitoreo de la temperatura corporal con el fin de evitar el contagio de COVID-19, de esta forma se comprobó que el visor puede ser usado fácilmente en espacios públicos como centros comerciales, supermercados, bancos, terminales, aeropuertos y mercados donde el

personal encargado de la bioseguridad suele utilizar termómetros digitales para medir la temperatura de cada visitante exponiéndose a cantidades excesivas de gente, que a su vez por el nivel de afluencia genera aglomeraciones. Muchas veces este personal no logra cubrir la demanda con un dispositivo como el mencionado anteriormente. (Alcívar, 2021)

Otra aplicación donde puede entrar este proyecto es en el campo de la medicina, con el visor, el especialista de medicina logra captar la temperatura del individuo y resolver la situación actual del mismo mediante un diagnóstico temprano.

2.1 MÉTODOS

Para la elaboración del proyecto, se realizará el siguiente proceso:

1. Determinar los sistemas para monitorear la temperatura corporal
2. Identificar las características de los sistemas de monitoreo corporal que existen en el Ecuador.
3. Analizar los protocolos de bioseguridad existentes y las condiciones que deben cumplir.
4. Determinar los requerimientos técnicos para garantizar un sistema robusto.
5. Seleccionar sensores adecuados para el monitoreo de temperatura corporal.
6. Diseñar los circuitos electrónicos del sistema de monitoreo corporal
7. Generar las alertas de variables de temperatura corporal para un dispositivo móvil.
8. Montar un prototipo de sistema de monitoreo corporal para un visor fácil.
9. Realizar pruebas de funcionamiento del sistema.
10. Elaborar un informe final del proyecto.

2.2 MODELO EN V

Se podrá realizar una verificación visual de las actividades a desarrollar y las respectivas pruebas a lo largo del proyecto, así mismo se puede tener un control paso a paso para su validación respectiva.

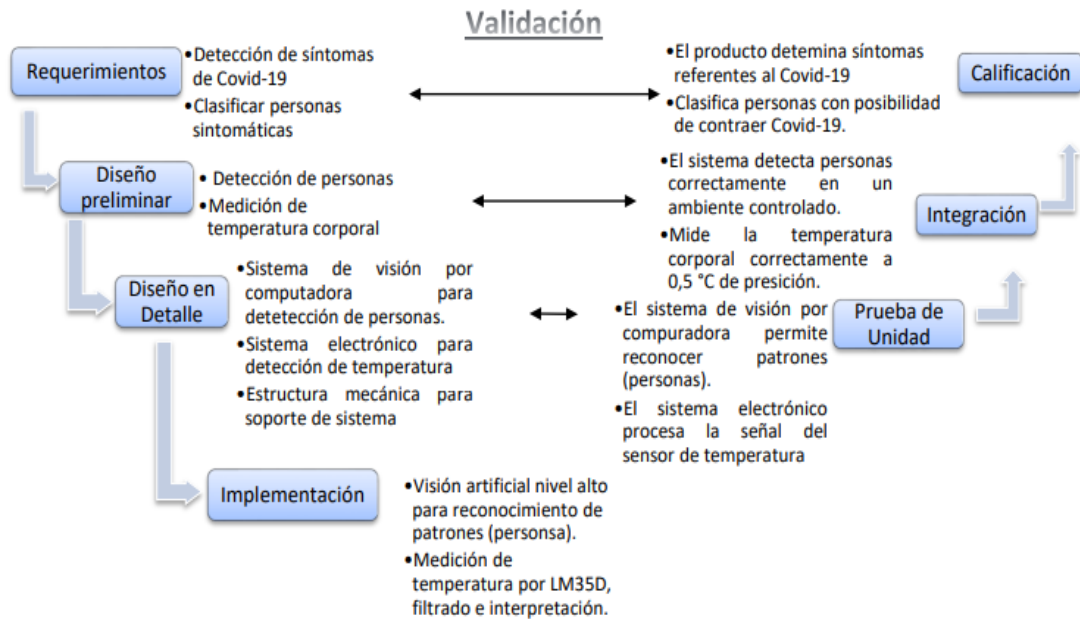


Figura 1. Metodología modelo en V

2.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Para la elaboración del proyecto se debe de considerar varios requisitos, los mismos que deben cumplir con características únicas que permitan la integración entre sí.

2.3.1 Requerimientos de Hardware

En el desarrollo del proyecto se establece como requerimiento en la parte de hardware para el desarrollo del prototipo.

Tabla 3. Parámetros físicos considerados en el desarrollo del proyecto

Parámetros	Características	Justificación
Case	Impermeable Resistente	El protector del prototipo debe tener de un material resistente al paso de cualquier bacteria o líquido.
Tarjeta controladora	Tamaño	Compacta, diseño robusto, bajo consumo de energía.
Interfaz	Visualización en OLED	Se requiere tener una interfaz para visualizar los datos de temperatura.

2.3.2 Requerimientos de software

En el desarrollo del proyecto se establece como requerimiento la formulación de parámetros técnicos y un análisis de dispositivos ocupados en la investigación.

Tabla 4. Parámetros técnicos considerados en el desarrollo del proyecto

Parámetros	Características	Justificación
Comunicación SPI	Maestro a esclavo a 10 MBbps	El manejo de pantallas Oled se realiza con el protocolo SPI que permite dibujar las gráficas de forma rápida y sencilla
Interfaz	En pantalla Oled 128 x 64	Estas pantallas incorporan son muy pequeñas que trabajan con el controlador SDD1306 para mejorar la visibilidad en ambientes luminosos y evitar usar el back light.
Frecuencia de trabajo	Full Duplex	Alta velocidad de trasmisión hasta 8 Mhz, de esta manera enviar secuencias de bit de cualquier tamaño, sin dividir y sin interrupciones.

2.4 CONCEPCIÓN DE LA ARQUITECTURA

La arquitectura del sistema electrónico de detección de temperaturas corporales altas, que son síntomas de Covid-19, la visualización de la información capturada por la cámara.

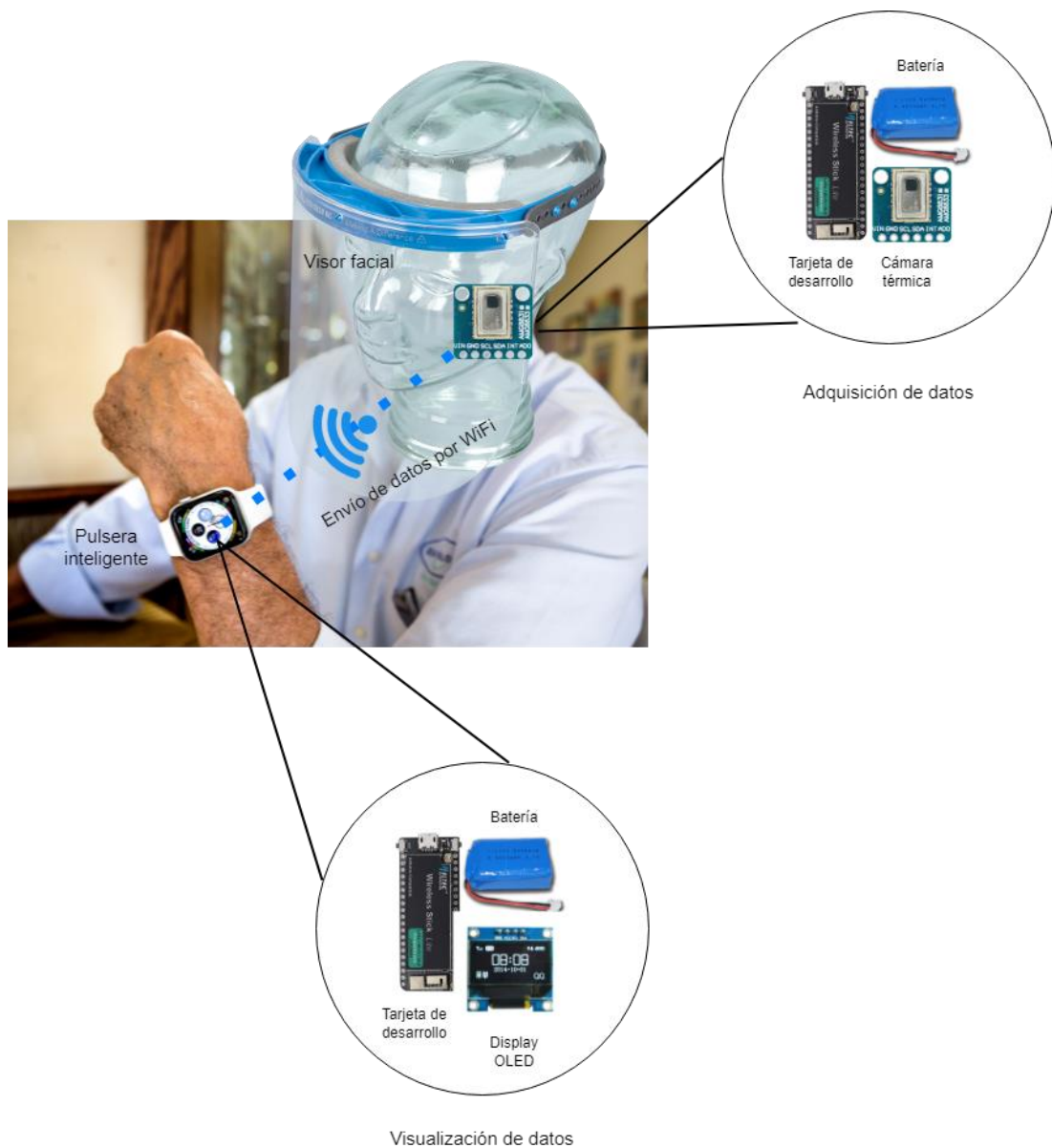


Figura 2. Concepción de la arquitectura del sistema

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa un diagrama pictórico de la arquitectura del sistema en el cual el sistema trabaja con la tarjeta controladora ESP32. La tarjeta es programada para que se encarga de procesar la información de la cámara térmica, y envía los datos a la pulsera.

2.5 DIAGRAMAS DE BLOQUES

El presente proyecto de investigación está basado en la arquitectura de la Figura 3.

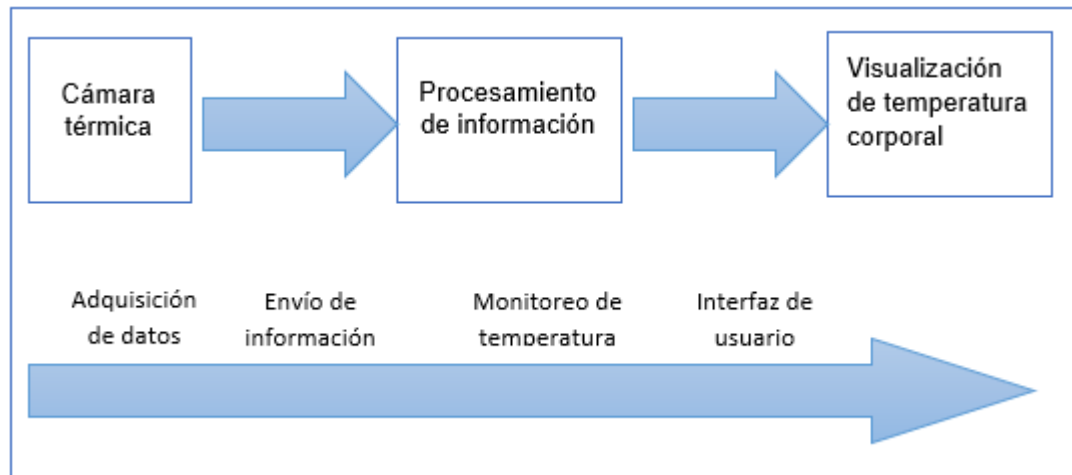


Figura 3. Diagrama de bloques empleado en el sistema de estimulación

El diagrama de bloques del sistema inicia con la adquisición de temperatura, estas señales son enviadas a la tarjeta controladora. La segunda etapa se encarga de procesar la información de la cámara térmica mediante software. La tercera etapa es la visualización de los datos monitoreados por la cámara térmica.




2.5.1 Selección de los elementos que conforman el prototipo

Son varias las consideraciones a la hora de seleccionar una tarjeta de desarrollo, todo se basa en los objetivos y de los proyectos a realizar. Al final el objetivo es evaluar cuál tiene las características y funciones que más se adaptan al proyecto.

2.5.2 Tarjeta de desarrollo

Una vez identificadas las tarjetas y los microcontroladores que se puede considerar usar en el proyecto debido a su costo y tamaño, el siguiente paso es elegir el correcto, el mismo deberá de cubrir los requisitos de hardware de la aplicación, (procesador, requisitos de memoria) así garantizar un rendimiento adecuado de la aplicación. En cuanto a la memoria, existe una regla general que establece que una aplicación no debe ocupar más del 80% de la memoria. (Guzmán, y otros, 2016)

Tabla 5. Cuadro comparativo tarjetas controladoras

Parámetros de los microcontroladores			
Características	ESP32	STM32 Nucleo-32	Arduino Nano
			
Peso	12gr	45 gr	7 gr
Dimensiones (mm)	26 alto 13 ancho 5 profundidad	51 largo 21 ancho	18 ancho 45 largo 8 profundidad
Procesador	ESP32	STM32 microcontroller	ATmega328
Memoria RAM	520KB	4 KB	2KB
Puerto PWM	Si	Si	Si
Pines digitales I/O	16	32	22
Pines analógicos I/O	3	1	8
Frecuencia de reloj	240MHz	24 MHz	16MHz
Fuente de alimentación	5V	5V	5 V
Corriente de operación	70mA	500mA	40Ma
Costo	\$35.00	\$ 40.00	\$ 12.00

(Arduino, 2022), (Espressif, 2022)



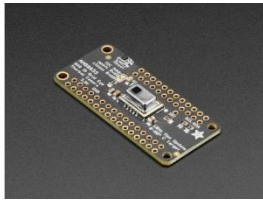
Nota: El conversor A/D de las tarjetas tienen una resolución de 10 bits.

En la Tabla 5 se realiza la comparación de los microcontroladores más utilizados y disponibles en el mercado, además se puede observar la similitud en sus características, cualquiera de los 3 modelos comparados serviría para el proyecto, sin embargo se decidió utilizar la tarjeta ESP32, ya que permite una comunicación adecuada y el número de entradas y salidas analógicas y digitales son suficientes para el prototipo, las dimensiones permiten crear un dispositivo de volumen pequeño, así como también sus características cumplen con los requerimientos necesarios para el proyecto (procesador, requisitos de memoria) para el sistema de protección facial para prevenir el contagio el COVID-19, además el costo y tamaño son accesibles para la realización del proyecto.

2.5.3 Cámara térmica

El prototipo por medio de la cámara se encarga de capturar señales de video que son convertidas en señales eléctricas y son reproducidas en una pantalla, existen diferentes tipos de cámaras como se observa a continuación.

Tabla 6. Cuadro comparativo de las cámaras térmicas.

Cámaras térmicas			
	AMG8833	MLX90640	INA219 FeatherWing
			
Comunicación	I2C	I2C	I2C
Alimentación	3V – 5V	3.3 V – 5V	3.3 V – 5V
Temperatura	0 ° C y 80 ° C	-40 ° C a 300 ° C	0 ° C y 80 ° C
Precisión	±0.3 ° C	1 ° C	± 5 ° C
Costo	\$ 75.00	\$ 91.00	\$ 80.00

(Adafruit, 2022), (Gotcher, 2022)

Nota: Las cámaras termografías aumentan de valor según el rango de temperatura medible.

Para monitorear la temperatura se decide utilizar la cámara térmica AMG8833 debido a que el rango de temperatura que puede censer cubre el rango de la temperatura corporal, adicional la comunicación I2C de la cámara con el Arduino evita tener una complejidad al momento de conectar los elementos electrónicos, el costo de la cámara es el más económico a comparación de los otros sensores y es el único que puede encontrar en el mercado nacional.

La cámara trabaja con un sensor de infrarrojo que trabaja con una matriz 8x8 de sensores térmicos IR. El sensor debe ser conectado a una tarjeta controladora o microcontrolador el cual procesa los valores de la matriz de 64 lecturas individuales de temperatura infrarrojas. Las cámaras térmicas se comunican sobre I2C, compactas y simples para una fácil integración.

La detección de la temperatura de un humano debe ser mayor a dos metros, con una velocidad de fotogramas de 10Hz y con un voltaje de trabajo de 3.3 voltios.

Tabla 7. Datos requeridos en las cámaras térmicas.

Cámara Térmica	AMG8833/ AMG8831
Temperatura (°C)	0 - 80
Alimentación (V)	3 - 5
Comunicación	I2C
Sensores IR	8x8
Frecuencia	10

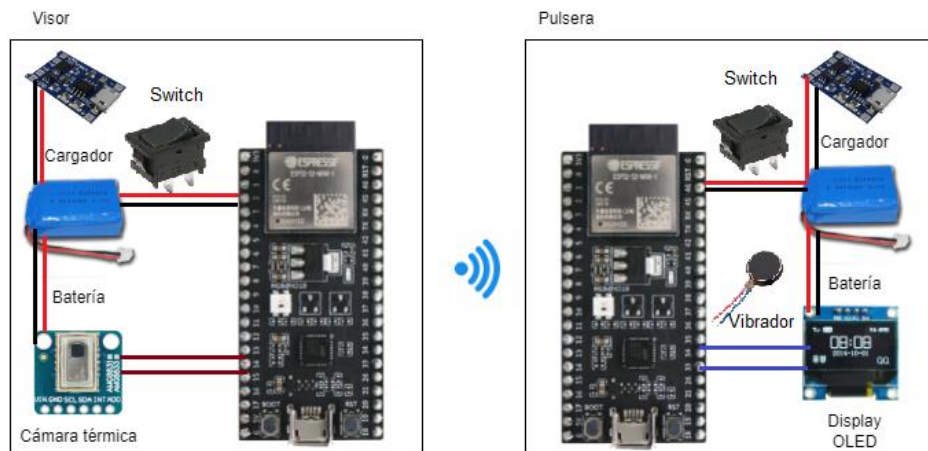
(Electronilab, 2020)

Para el envío de datos entre el visor y la pulsera se escoge la tarjeta de desarrollo ESP32, en base a los parámetros mencionados.

2.3 Esquema de conexión del prototipo

El esquema por implementar se basa en la arquitectura de la tarjeta de desarrollo ESP32, tanto para el procesamiento de datos, envío y recepción de estos desde el visor hacia la pulsera.

Figura 4. Esquema de conexión del prototipo



El módulo de carga y alimentación provee de energía a todo el prototipo, a cada uno de sus componentes; está compuesto por un controlador de carga para la batería de LIPO, el cual permite el uso de la batería, y su posterior recarga, sus terminales de salida se conectan directamente al terminal de Voltaje de entrada (Vin) y Tierra (GND) respectivamente.

Para la adquisición de datos se obtiene los valores de la cámara térmica, conectando los terminales analógicos A4 y A5.

En la pulsera se utiliza una pantalla de cristal líquido (LCD) Diodo orgánico emisor de luz (OLED), para visualizar las variables de temperatura, en los cuales intervienen los terminales de señal de datos (SDA) y señal de reloj (SCL).

Como una señal motora se utiliza el vibrador que se activa desde el terminal digital D6.

2.4 Diseño de la estructura del prototipo

Para realizar el prototipo se utilizó un visor de acrílico en donde se adhirieron todos los elementos electrónicos.

El diseño del visor se realizó en el software SolidWorks



Figura 5. Estructura protectora facial

La lámina de acrílico mide 200 milímetros x 150 milímetros, para su forma de ovoide tiene una circunferencia con un radio de 80 milímetros.

Para la lámina curvada de soporte para la cabeza del usuario de color negro en la Figura 5. Tiene un peso de 23 gramos, alto 15 milímetros, ancho 199,87 milímetros y largo de 147,04 milímetros.

2.5 Diseño del software a desarrollar

Una vez revisada la información de los entornos de programación en el apartado de software, se escoge Arduino IDE, ya que posee las librerías, para los sensores seleccionados, el lenguaje de programación es C++, la versión actual del entorno es la Arduino IDE 1.8.13.

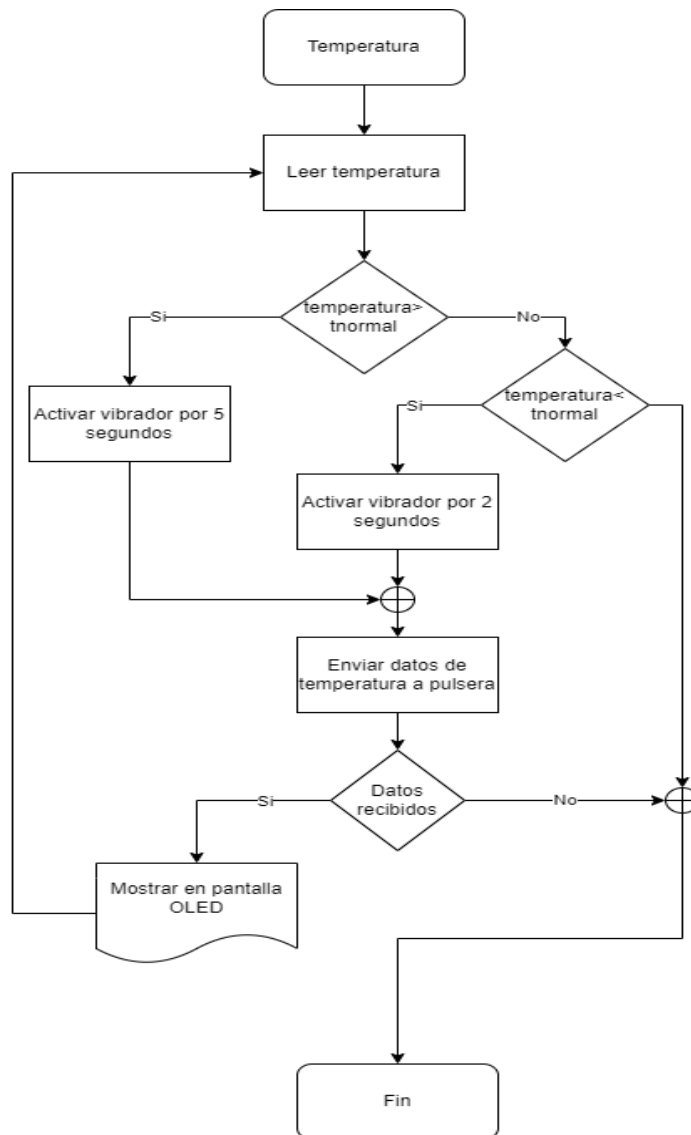


Figura 6. Diagrama de flujo del programa principal

Este diagrama de flujo indica el bucle repetitivo de programación en el cual se maneja variables para almacenar los valores de los sensores antes mencionados.

Inicialización

Se define las librerías Adafruit_GFX.h, Adafruit_ST7735.h, SPI.h, Wire.h, Adafruit_AMG88xx.h; las cuales son necesarias para el uso de la cámara térmica.

Asignación de entradas analógicas A5, A4 para obtener los valores de la cámara térmica.

Se declara las variables de tipo enteras para la temperatura máxima y mínima.

Se inicializa el puerto serial con una velocidad de 9600 baudios por segundo.

Bucle repetitivo

Se inicia con la lectura de temperatura del termistor de la cámara.

Mediante la variable de temperatura se activa a través de una condición de valor máximo y mínimo, rango para determinar si se encuentra en un valor alto o bajo.

Se envía los valores de temperatura hacia la pulsera y se visualiza en el display OLED.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA

3.1.1 Calibración de sensores

Inicialmente se realizaron las conexiones del circuito con todos los componentes electrónicos en una protoboard Figura 7, con el fin de realizar las pruebas de funcionamiento necesarias Figura 10, se procedió a corregir las fallas encontradas y una vez comprobado el perfecto funcionamiento del circuito se trasladó las conexiones de la protoboard directamente al prototipo.

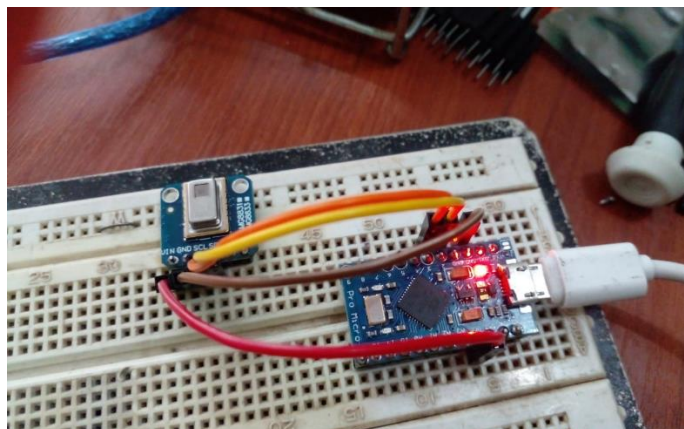


Figura 7. Conexiones del circuito

En la Figura 8, se muestra el prototipo colocado en el visor de acrílico, todas las conexiones y los elementos electrónicos se encuentran en la parte lateral de visor para evitar que incomoden a la persona que se coloque el protector facial.



Figura 8. Pruebas de funcionamiento de la pantalla OLED

En la parte interna del visor están ubicados los componentes del sistema de envío de datos como la tarjeta de desarrollo ESP32 y la cámara térmica.

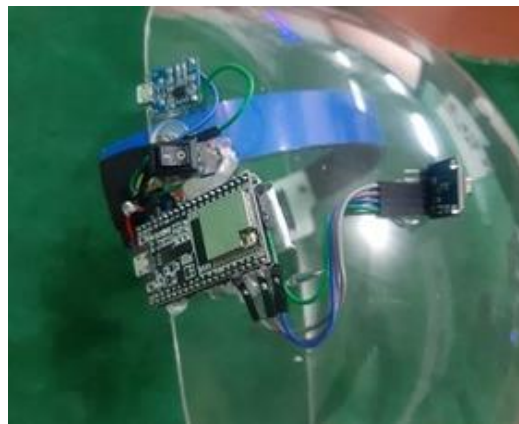


Figura 9. Visor de acrílico

La recepción de datos de temperatura, lo realiza otra tarjeta ESP32, la cual se ubica en la pulsera, que permite visualizar la temperatura corporal de la persona que se encuentra frente a la cámara, brindando mayor seguridad frente a la prevención de contagio y propagación del virus.

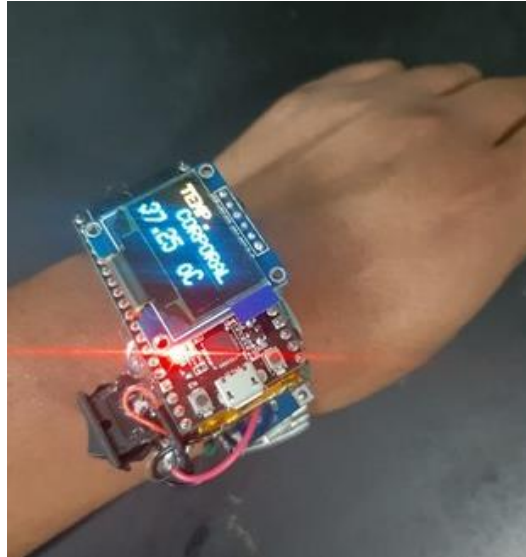


Figura 10. Pulsera de temperatura corporal

En la Figura 11, se muestra el prototipo (visor de acrílico), el mismo que lleva todas las conexiones y los elementos electrónicos estas se las ubica parte lateral de visor para evitar que incomoden a la persona que hara uso de esta herramienta.

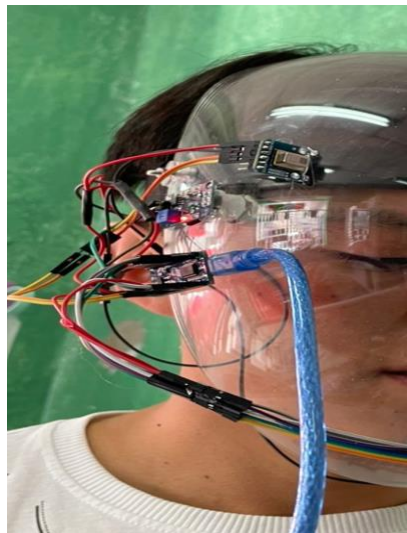


Figura 11. Prueba de funcionamiento del sistema (visor).

En la Figura 12, se muestra los valores adquiridos por la cámara térmica, el resultado se puede observar en la función de monitor serial del software Arduino IDE, la cámara está diseñada para captar la energía térmica a una distancia de 2 metros, por lo que los valores presentados son los captados a dicha distancia.

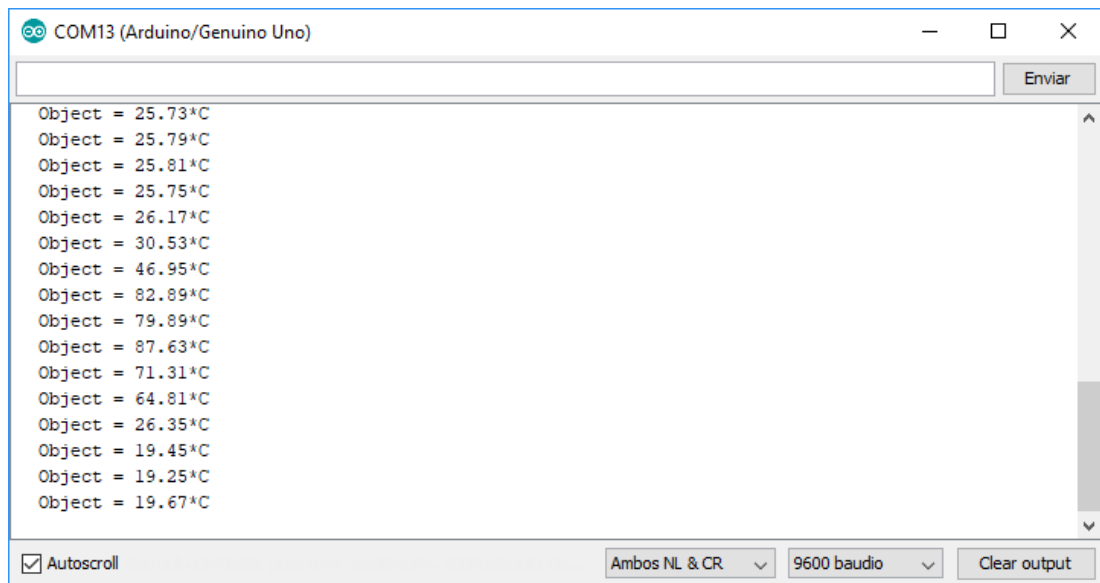


Figura 12. Valores adquiridos en la prueba de funcionamiento.

En la Figura 13, se muestra un ejemplo de la temperatura registrada por la cámara térmica la cual esta visualizada en la Display OLED que esta sobre una pulsera.



Figura 13. Visualización de parámetros Display OLED

Para la respectiva comparación de mediciones se utilizó el Termómetro infrarrojo (IR) frontal sin contacto, de la compañía FLIR; mide la temperatura corporal de 32,0°C a 42,5°C sin contacto, a una distancia de medición óptima de 5 a 15 cm, con una respuesta rápida (0,5 segundos) y precisión de 0,01 °C.

En la Tabla 8 se indica la edad de los sujetos a los que se tomó la temperatura corporal en el intervalo de un día.

Tabla 8. Edad de personas examinadas

Sujeto	Edad
1	23
2	24
3	24
4	23
5	22
6	10
7	8
8	13
9	9

Para realizar las pruebas de funcionamiento respectivas, se realiza pruebas con 9 sujetos de diferentes edades, en un ambiente que simula la entrada de un local, se realiza las pruebas individualmente y en conjunto para verificar la posibilidad de una medición múltiple y simular la afluencia de gente al entrar a un local, restaurante, o centro comercial.

Los primeros 5 sujetos de análisis tienen la edad entre 22 y 24 años siendo categorizados como adultos y los siguientes 4 sujetos entre 8 y 13 que se categorizan en el intervalo de niñez y pubertad.

Los sujetos a los que se tomó la temperatura, ninguno presentó temperatura elevada manteniéndose en el rango de 36 y 37°C.

En la tabla 9 se indica la hora y el dispositivo que se utilizó para la toma de temperatura corporal, en esta columna se encuentra el termómetro FLIR y el prototipo implementado, el intervalo de tiempo inicia desde las 7h00 hasta las 21h00, al registrar los valores obtenidos se calcula el promedio de cada columna para determinar el error de medición existente.

El valor de error medido en cada sujeto es desde 0,008°C hasta 0,021°C como pico máximo, siendo el primer valor perteneciente al sujeto 5 y el final al sujeto 4.

Dando como resultado un error promedio de 0,014°C por el prototipo propuesto, siendo un valor muy bajo en términos de error, lo que garantiza una medición fiable por parte de la cámara térmica AMG8833.

Tabla 9. Comparativa de medición

SUJETO		7:00 15:00	8:00 16:00	9:00 17:00	10:00 18:00	11:00 19:00	12:00 20:00	13:00 21:00	14:00 22:00	Temp. Promedio	Valor Error
1	FLIR	36,4	37,7	36,8	36,3	37,4	37	36,7	37,7	37,020	0,014
		37,1	37,2	36,2	37,6	37,9	36,2	36,3	37,7		
	Prototipo	36,5	37,7	36,8	36,3	37,4	37	36,7	37,7	37,034	
		37,1	37,2	36,3	37,6	37,9	36,2	36,4	37,7		
2	FLIR	36,8	36,2	36,7	36,9	37	36,4	36,9	36,1	36,733	0,013
		37,8	36,4	36,3	37	36,1	37,6	37,1	36,3		
	Prototipo	36,8	36,2	36,8	36,9	37	36,4	37	36,1	36,746	
		37,8	36,4	36,3	37,1	36,1	37,6	37,1	36,3		
3	FLIR	36,7	36,8	36,4	37,2	36,2	36,3	36,6	36,3	36,618	0,013
		37,1	36,9	36,2	36,6	37,2	37,3	36,1	36,2		
	Prototipo	36,7	36,8	36,5	37,2	36,2	36,3	36,6	36,3	36,631	
		37,1	36,9	36,2	36,6	37,2	37,3	36,1	36,2		
4	FLIR	37,8	36,6	36,8	37,1	36,5	36,2	36,2	37,3	36,949	0,021
		36,8	37,4	37,6	37,1	36,7	37,2	37,7	36,6		
	Prototipo	37,8	36,6	36,8	37,1	36,5	36,3	36,2	37,3	36,970	
		36,8	37,4	37,6	37,1	36,7	37,2	37,7	36,6		
5	FLIR	36,7	37,1	36,4	37	37,7	37,5	37,9	37,7	37,054	0,008
		37,4	37,5	36,6	36,4	36,5	37,8	36,5	36,3		
	Prototipo	36,7	37,1	36,4	37	37,7	37,5	37,9	37,7	37,061	
		37,4	37,5	36,6	36,4	36,5	37,8	36,5	36,3		
6	FLIR	36,9	36	36,2	37	37,8	37,9	37	37,1	37,046	0,013
		37,6	36,9	36,4	36,6	37,8	37,5	37,2	36,8		
	Prototipo	37	36	36,2	37	37,8	37,9	37,1	37,1	37,059	
		37,6	36,9	36,4	36,6	37,8	37,5	37,3	36,8		
7	FLIR	37,8	36,6	37,8	36,2	36,5	37	37	36,2	36,833	0,016
		36,7	36,7	36,8	36,9	37,1	36,5	37,3	36,3		
	Prototipo	37,8	36,7	37,8	36,2	36,6	37	37	36,3	36,848	
		36,7	36,7	36,8	36,9	37,1	36,5	37,3	36,4		
8	FLIR	37,1	37,7	36,9	37,6	37,1	37,4	37,9	37,2	37,076	0,014
		37,1	37,2	36,1	37,2	36,9	36,5	37,1	36,2		
	Prototipo	37,1	37,7	36,9	37,6	37,1	37,5	37,9	37,2	37,089	
		37,1	37,2	36,1	37,2	37	36,5	37,2	36,2		
9	FLIR	36,6	36,5	38	37	37,5	37,1	36,9	36,9	37,009	0,015
		36,2	36,6	37,5	36,3	37,6	37,6	36,9	37		
	Prototipo	36,6	36,6	38	37	37,5	37,2	36,9	36,9	37,024	
		36,3	36,7	37,5	36,3	37,6	37,6	36,9	37		
		36,5	37,9	36,6	37,8	36,2	37,3	36,3	36,6		

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Una vez, que se analizó los mecanismos de medición de temperatura corporales en base a sensores y cámaras termográficas mencionadas en los documentos revisados en el estado del arte; se concluye y verifica la importancia de la fiabilidad del sensor a utilizar así continuar con el procesador de información que permitirá la adquisición y envío de datos hacia un dispositivo de visualización. De esta manera se pudo definir los requerimientos y arquitectura del sistema.
- Para verificar la medición de temperatura se comparó con el Sensor FLIR, el cual tiene un error de 0,1 y un tiempo de respuesta de 0,5 segundos. Comúnmente es usado en las áreas cotidianas para detección de síntoma de COVID-19. La Tabla 9 evidencia el promedio de la medición de temperatura de 9 sujetos en el intervalo de un día utilizando el prototipo implementado y el sensor FLIR. El error en la medición de 0,015°C garantizando la fiabilidad del prototipo implementado.
- La selección del microcontrolador se realizó mediante la comparación de propuestas de los desarrolladores Texas Instrument y Espressif, en base de los ciclos de trabajo, terminales de entrada y salidas, y capacidad de memoria y comunicación se seleccionó a integrado ESP32. Adicional un factor importante es la comunicación inalámbrica que permite entre el visor y la pulsera.
- El sistema electrónico de monitoreo de temperatura se centra en el microprocesador ESP32, el cual obtiene los valores de la cámara térmica AMG8833 a través de los terminales de señal de reloj y señal de datos en el caso del visor; y en la pulsera obtiene los valores para activar el vibrador y los muestra en el display OLED mediante una conexión maestro esclavo entre los dos microprocesadores, conociendo los datos de dirección de acceso a los medios de comunicación (MAC) y la dirección IP de cada una, permitiendo una comunicación inalámbrica de hasta 45 metros en interiores y 90 metros en exteriores según el fabricante.

4.2 RECOMENDACIONES

- En los sistemas de monitoreo de signos vitales se debe garantizar la exactitud de la variable medida, al seleccionar los sensores se debe tomar en cuenta la precisión y confiabilidad de este, para el correcto desarrollo del sistema.
- El sistema diseñado se caracteriza por su exactitud y portabilidad, el cual al ser compacto tanto en la parte del visor y pulsera, pueden ser adaptados a visores faciales y manillas de pulseras comerciales.
- Para reducir el consumo de energía del prototipo, se puede editar en el código el nivel de brillo utilizado en el Display OLED SSD1306 o añadir una interfaz que permita al usuario controlar la intensidad del display.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- Acharya, A., & Patil, S. (2020). Kit de monitoreo de atención médica basado en IoT. En: 2020 Cuarta conferencia internacional sobre metodologías informáticas y comunicación (ICCMC).
- Alcívar, E. (2021). Diseño e implementación de un sistema de control de ingreso a las aulas con verificación del correcto uso de mascarilla mediante reconocimiento facial y medición de temperatura corporal usando hardware libre.
- Banerjee, S., & Roy, S. (2016). Diseño de un detector de frecuencia de pulso basado en fotopleletismografía.
- Cámara de Comercio de Quito. (2020). *Protocolo de bioseguridad en centros comerciales: post cuarentena*. Quito: Cámara de Comercio de Quito.
- Carpenè, G., Henry, B., Mattiuzzi, C., & Lippi, G. (2021). Comparison of forehead temperature screening with infra-red thermometer and thermal imaging scanner.
- Damayanti, N. (2015). Wireles Monitoring BPM dan Suhu Dilengkapi Nurse Call Berbasis PC (Poltekes Kemenkes Surabaya).
- DIMED. (2013). Guatemala: DIMED.
- Dzien, C., Halder, W., Winner, H., & Lechleitner, M. (2021). Covid-19 screening: are forehead temperature measurements during cold outdoor temperatures really helpful?
- Electronilab. (2020). <https://electronilab.co/>. Obtenido de <https://electronilab.co/tienda/adafruit-amg8833-camara-termica-ir-para-arduino-y-raspberry-pi/>
- Farell, N. (2020). *Implementación adecuada de equipos de proteccion contra el COVID-19*. Educación Médica.
- Flores, O., & Larico, Y. (2020). *Diseño e implementación de un prototipo de protector facial con una mascarilla electrónica para la protección del COVID19*.
- Gregoski, M., Mueller, M., Vertegel, A., Shaporev, A., Jackson, B., Frenzel, R., . . . Treiber, F. (2012). Desarrollo y validación de una aplicación de adquisición de frecuencia cardíaca para teléfonos inteligentes para aplicaciones de telesalud de promoción de la salud y bienestar.

- Haines, W. (2017). Wireless system for continuous monitoring of core body temperature IEEE MTT-S Int.
- Horace, D. (2019). Global smartphone penetration nearing 10%.
- Islam, M., & Rahaman, A. (2020). Development of smart healthcare monitoring system in IoT environment.
- Jones, W. (2016). Taking body temperature, inside out IEEE Spectr.
- Kim, H., & Min, Y. (2019). Real-time temperature monitoring for the early detection of mastitis in dairy cattle: Methods and case researches Comput.
- Martínez, J. (2004). Diseño de un termómetro para animales de trabajo.
- OMS. (2020). *Organización Mundial de la Salud*.
- OPS. (2020). *Organización Panamericana de la Salud*.
- Palermo, N. (2017). SysconFace: pantalla de reconocimiento facial y detección de temperatura para instalaciones. *Revista digital AV*, 16.
- Pascua, M. (2020). *Protección de los profesionales sanitarios en nefrología*. Nefrología.
- Santillán, A., & Palacios, E. (2020). Caracterización epidemiológica de Covid-19 en Ecuador Epidemiological characterization of Covid-19 in Ecuador. *Internacional Journal of medicine and health*, 3.
- Sanz, S. (2017). *Fiebre*. Obtenido de Farmaceutica del Centro de Informacion del Medicamento del Colegio Oficial de Farmaceuticos de Bizkaia: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-fiebre-X0213932417620584>
- Saputro, A. (2017). Implementasi sistem monitoring detak jantung dan suhu tubuh manusia secara wireless.
- Shajkofci, A. (2021). Correction of human forehead temperature variations measured by non-contact infrared thermometer.
- Sullivan, S., Seay, N., Zhu, L., Rinaldi, J., Hariharan, P., Vesnovsky, O., & Topoleski, L. (2021). Performance characterization of non-contact infrared thermometers (NCITs) for forehead temperature measurement.
- Talca. (2020). *¿Por qué la toma de temperatura es fundamental en el control del Coronavirus?* Obtenido de Campus TVHD:

<https://www.otalca.cl/noticias/explican-por-que-la-toma-de-temperatura-es-fundamental-en-el-control-del-coronavirus/>

Tamilselvi, V., Sribalaji, S., Vigneshwaran, P., Vinu, P., & GeethaRamani, J. (2020). Sistema de monitoreo de salud basado en IoT. En: 2020 6ª Conferencia internacional sobre sistemas avanzados de computación y comunicación (ICACCS).

Velasteguí, H. (2015). *Estudio de sistema de refrigeración*. Ambato: Sistema de refrigeración.

Vergara, M. (2020). Medición de temperatura corporal humana mediante cámaras térmicas. *Revista innovación y seguridad*, 3.

Villegas, D. (2016). *Sistema de ventilación con efecto ciclón*. SVEC.

Viñas, I. (2017). Tecnología digital frente al COVID. *Health and Service*, 64.