



**Desarrollo de un sistema de adquisición de signos vitales con monitorización remota mediante sistema IOT**

**Autores:**

**Bairon De Jesús Arroyo Salas**

**Joel Esteban Agudelo Zuluaga**

**Trabajo de grado como prerrequisito como obtención del grado tecnólogo electromédico**

**Director:**

**ING. José Navarro**

**Facultad de Ingenierías**

**Programa de Ingeniería Biomédica**

**Barranquilla**

**2023**



**Desarrollo de un sistema de adquisición de signos vitales con monitorización remota  
mediante sistema IOT**

**Autores:**

**Bairon De Jesús Arroyo Salas**

**Joel Esteban Agudelo Zuluaga**

**Trabajo de grado como prerrequisito como obtención del tecnólogo electromédico**

**Director:**

**ING. José Navarro**

**Facultad de Ingenierías**

**Programa de Ingeniería Biomédica**

**Barranquilla**

**2023**

## Índice

Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción .....	1
Planteamiento del Problema .....	3
Objetivos.....	4
Objetivo General .....	4
Objetivos Específicos.....	4
Justificación .....	5
Marco Teórico.....	7
Sistema de Pulso oximetría.....	8
Sistema de Temperatura:.....	9
Tensiómetro: .....	9
Telemedicina:.....	10
Antecedentes .....	12
Transductor .....	14
Sensor.....	15
Sensor de Temperatura .....	16
Sensor de Luz.....	16
Sensor de Movimiento .....	16
Sensor de Presión.....	16
Sensor de Humedad .....	17
Sensor de Proximidad .....	17
Sensor de Gas.....	17
Sensor de Velocidad .....	17
Sensor de Sonido.....	17
Sensor de Imagen.....	17
Galga extensiométrica:.....	18
Microcontrolador .....	19
Oximetría .....	21
Temperatura .....	22
Presión.....	23
Arduino: .....	23

Internet de las Cosas: .....	24
Presión Arterial .....	24
Metodología .....	25
Diseño .....	26
Materiales y Métodos.....	32
Componentes seleccionados. ....	36
Procedimiento .....	42
1. Diseño del hardware .....	42
2. Programación del software: .....	42
Resultados .....	54
Conclusiones y Recomendaciones .....	57
Referencias.....	59
Anexos .....	63

## Resumen

Este proyecto está direccionado al desarrollo de un sistema de adquisición de signos vitales con monitorización remota mediante sistema IoT. El objetivo es monitorear las condiciones de salud del paciente y generar alarmas preventivas. El sistema se basa en la tecnología IoT y dispositivos inteligentes Smartphone. El proyecto se divide en tres etapas: gestión de requerimientos, diseño y verificación del sistema de monitoreo, y análisis de datos para la generación de alarmas preventivas.

Este sistema de adquisición de signos vitales es una solución innovadora que permite a los pacientes monitorear sus signos vitales desde el confort de sus hogares. El sistema utiliza dispositivos inteligentes Smartphone para recopilar datos sobre los signos vitales de las personas, como lo son la frecuencia cardíaca (Bpm), la presión arterial (mmHg) y la temperatura corporal (C°). Los datos se envían a un servidor central donde se procesan y analizan para generar alarmas preventivas en caso de que se detecten anomalías.

**Palabras clave:** *Signos vitales, Monitorización remota, IoT (Internet de las Cosas), Sensores de salud, Telemedicina*

## **Abstract**

*This project focuses on the development of a vital signs acquisition system with remote monitoring through an IoT system. The objective is to monitor the patient's health conditions and generate preventive alarms. The system is based on IoT technology and intelligent smartphone devices. The project is divided into three stages: requirements management, design and verification of the monitoring system, and data analysis for the generation of preventive alarms.*

*This vital sign acquisition system is an innovative solution that allows patients to monitor their vital signs from the comfort of their home. The system uses intelligent smartphone devices to collect data on the patient's vital signs, such as heart rate, blood pressure, and body temperature. The data is sent to a central server where it is processed and analyzed to generate preventive alarms in case anomalies are detected.*

*Keywords: Vital signs, Remote monitoring, IoT (Internet of Things), Health sensors  
Telemedicine*

## **Introducción**

El constante crecimiento de la intersección entre la ingeniería y la medicina ha abierto la puerta a avances significativos en el campo de la Ingeniería Biomédica, marcando un antes y un después en el avance de la atención médica y el proceso de monitorización de los pacientes. En este contexto, el progreso de los sistemas de adquisición de signos vitales con monitorización remota a través del internet de las cosas (IoT), se ha manifestado como una solución innovadora y muy relevante. En un mundo que está siempre evolucionando, donde la atención a la salud constantemente tiene distintas limitaciones por la distancia y la accesibilidad, estos sistemas prometen una inigualable entrega para la atención médica más eficiente y personalizada.

El sistema IoT se ha transformado en una tecnología siendo utilizada fundamentalmente en una variedad de aplicaciones, incluyendo la salud. La interconexión de dispositivos y sensores a través de la IoT permite la adquisición y transmisión al instante de los datos tomados de los signos vitales, lo que facilita el monitoreo constante del estado de salud de los individuos, incluso en entornos remotos. Este enfoque tiene la capacidad para hacer que evolucione la atención médica al mejorar el rastreo temprano de dificultades en la salud, brindar atención personalizada y reducir la necesidad de hospitalización innecesaria.

En este contexto, este proyecto está encaminado en el “Desarrollo de un sistema de adquisición de signos vitales con monitorización remota mediante sistema IoT”. El proyecto busca investigar, diseñar e implementar un sistema que integre sensores biomédicos avanzados con tecnologías IoT para la recopilación, análisis y transferencia eficiente de datos adquirida de los signos vitales, tales como lo son la frecuencia cardíaca (bpm), la presión arterial (mmHg) , la temperatura corporal (C°) y la saturación de oxígeno en la sangre (Spo2). Este sistema busca

superar las limitaciones actuales en el monitoreo de los pacientes, ofreciendo una posible solución innovadora para la atención médica remota para la mejora de la calidad de vida de los pacientes.

Enfocándose en los desafíos técnicos y clínicos que surgen al implementar un sistema IoT, para monitorear signos vitales. Estos desafíos incluyen la seguridad de los datos, la interoperabilidad, la eficacia energética y la incorporación de los sistemas de información en salud existentes.

Además, se explorarán casos de uso potenciales en entornos clínicos y domésticos para evaluar su efectividad en la práctica.

En resumen, el desarrollo de un sistema de adquisición de signos vitales con monitorización remota mediante sistema IoT es un paso significativo hacia el progreso en la atención médica y la atención continua de los pacientes. Este trabajo aborda una necesidad aprendida en la ingeniería biomédica y promete contribuir significativamente al avance de la atención médica moderna.

## **Planteamiento del Problema**

En el ámbito de la atención médica, la monitorización constante de los signos vitales en los pacientes ejerce una labor fundamental en la detección anticipada en los inconvenientes de la salud y la toma de determinaciones médicas precisas.

Este proyecto busca proporcionar una solución tecnológica eficiente y no invasiva que permita la monitorización remota en tiempo actual de los signos vitales de los pacientes, mejorando así la calidad y cuidado de la salud, facilitando la detección temprana de posibles anomalías o emergencias médicas. En base a esto surge la pregunta:

¿Cómo se puede garantizar que la ejecución de este sistema de transmisión de signos vitales WiFi no solo sea eficiente y precisa, sino también accesible, y fácil de usar para los pacientes, mejorando su calidad de vida y promoviendo un mayor compromiso en su propio cuidado de la salud?

El desarrollo exitoso de este proyecto permitiría a los profesionales encargados de la salud acceder a los datos de los signos vitales en tiempo real desde cualquier ubicación, optimizando los recursos y mejorando la eficiencia en la atención médica. Así mismo, los pacientes podrían experimentar una mayor comodidad y libertad al evitar procedimientos invasivos y al poder llevar consigo el dispositivo de monitoreo en su vida diaria.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Desarrollar un sistema de adquisición de signos vitales (presión, saturación de oxígeno y temperatura) con monitorización remota mediante sistema IOT.

### **Objetivos Específicos**

1. Seleccionar los sistemas de adquisición para medir las variables presión, saturación de Oxígeno y Temperatura.
2. Construir el dispositivo de adquisición de signos vitales (presión, saturación de Oxígeno y Temperatura) con monitorización remota mediante sistema IOT
3. Validar el dispositivo a través de la implementación de la herramienta Gold estándar.

## **Justificación**

La era de la tecnológica en la atención médica, está viviendo una evolución gracias a la transmisión de signos vitales a través de conexiones WiFi. Esta innovación no solo posibilita el proceso de monitorización remota en tiempo real de los pacientes, sino que también conlleva una serie de ventajas que están redefiniendo la atención médica en su totalidad. Desde la detección temprana de anomalías hasta la comodidad que experimentan los pacientes y la optimización de recursos y costos, esta tecnología está marcando un desarrollo significativo en el avance en la calidad de la salud.

El avance en el cuidado de la salud mediante la transmisión de signos vitales vía WiFi representa una innovación revolucionaria en la atención médica. Con esta tecnología, se puede hacer un seguimiento a distancia y en vivo de la condición de los pacientes, lo que es especialmente beneficioso para aquellos con enfermedades crónicas o en situaciones de cuidado a largo plazo. El proceso de monitoreo en tiempo real de los signos vitales brinda a los profesionales en la salud un recurso valioso para orientar las decisiones. Informadas y rápidas en el tratamiento y la atención médica. Además, posibilita la detección temprana de posibles anomalías o cambios significativos en los signos vitales, lo que, gracias a la transmisión de datos a través de WiFi, puede analizarse automáticamente o por expertos médicos, permitiendo la identificación de patrones y tendencias fuera de los rangos normales. Esto facilita la identificación de problemas médicos antes de que se conviertan en emergencias, posibilitando una intervención oportuna. Por otra parte, esta tecnología brinda comodidad y libertad al paciente, eliminando la necesidad de visitas frecuentes al hospital y permitiendo un monitoreo más cómodo desde su hogar u otros entornos familiares. Además, desde la perspectiva en el manejo de los recursos y costos en el sistema de atención médica, la transmisión de signos vitales a través del WiFi es optimizada la

labor de los expertos de la salud al permitirles supervisar a múltiples pacientes desde una ubicación centralizada, reduciendo la necesidad de personal dedicado a la toma de signos vitales manualmente. Asimismo, al detectar y tratar anomalías en etapas tempranas, se pueden evitar hospitalizaciones costosas y procedimientos médicos innecesarios, lo que no solo mejora la calidad de atención, sino que también disminuye Los gastos relacionados con la atención sanitaria. En conjunto, esta tecnología significa un progreso importante en el cuidado de la salud, ofreciendo beneficios tanto para pacientes como para profesionales y sistemas de atención médica en general.

## Marco Teórico

El sistema IoT en la atención médica es una tecnología que nos permite conectar y comunicar distintos dispositivos médicos a través de una red, lo que facilita la interacción entre ellos y el usuario. El objetivo principal es brindar experiencias más personalizadas con las personas para que ellos puedan tener más control sobre su salud. Algunas de las ventajas del sistema IoT en la medicina son: mejora de la capacidad diagnóstica, nos permite monitorizar y verificar a distancia el estado del paciente, para que puedan mejorar la condición de la vida de cada persona, aumenta la eficacia y rendimiento reduciendo los costes para las empresas sanitarias. Algunos desafíos de los sistemas IoT en la medicina son: el Inter funcionamiento de las diferentes tecnologías y dispositivos médicos, aplicación de los datos en el ciclo de vida de un paciente y el acceso seguro y privado a los datos médicos del paciente

Los signos vitales son indicadores del estado de la salud de una persona, así como lo es la presión arterial, el ritmo cardíaco, la temperatura y la frecuencia respiratoria. El IoT puede ayudar a monitorear estos signos de forma remota y continua, mediante dispositivos inteligentes que se conectan a internet y envían los datos a una plataforma en la nube. Esto facilita a los médicos obtener información al instante y brindar asistencia médica desde lejos. También permite a los pacientes tener más control sobre su propia salud y recibir alertas en caso de anomalías.

Hoy en día, existe una muy variable cantidad de dispositivos en el mercado que miden cada uno de los parámetros producidos por el cuerpo humano, estos dispositivos buscan incorporar varios sensores para poder verificar distintos parámetros o signos vitales para mayor eficacia y

disminuir el tiempo que toma utilizar distintos dispositivos para poder medir esas señales entre estos podemos encontrar:

### **Sistema de Pulso oximetría**

El dispositivo que mide el ritmo cardíaco, conocido como medidor de pulso, se clasifica como un dispositivo fotónico. Esto se debe a que utiliza fibra óptica para emitir un haz de luz, que experimenta cambios al pasar a través de los vasos sanguíneos en el dedo del paciente.

Un sensor en el otro extremo del dispositivo recibe e interpreta la luz láser, convirtiendo una señal luminosa en una señal eléctrica. Esta señal luego pasa por un proceso en el que este es amplificado y filtrado antes de ser amplificado (Abarca & Abril, 2002).

El sistema de pulsioximetría está cimentado en dos principios fundamentales: la espectrofotometría y también la pletismografía. La espectrofotometría establece que la oxihemoglobina y la hemoglobina reducida absorben la luz roja e infrarroja de manera distinta. La pletismografía sostiene que el volumen de la sangre arterial y la absorción de luz a causa del volumen cambia con el pulso arterial (Osinos, 2010).

Gómez y Suntasig (2011) describen que la oximetría de pulso se usa para medir la saturación de oxígeno en la sangre mediante la absorción de luz. Al colocar el dedo entre la fuente de luz y el sensor de detección, la luz pasa por varios tejidos. Una parte de esta luz es absorbida por el dedo, mientras que el resto llega al sensor de detección. La cantidad de luz absorbida por el dedo depende principalmente de tres factores:

La cantidad de sangre que absorbe la luz; a mayor cantidad de sangre, mayor será la absorción de luz. La distancia que la luz debe atravesar por la sangre. La composición del material absorbente, ya que la hemoglobina en su forma reducida y la oxihemoglobina tienen diferentes capacidades

de absorción de luz. En relación con los primeros dispositivos para medir la saturación de oxígeno en sangre, Karl Matthes creó en 1935 un dispositivo que usaba luz roja y verde. En 1949, Wood propuso un sistema que extraía sangre del oído para verificar la saturación de oxígeno cuando la sangre volvía a su estado normal, pero resultó ser poco práctico debido a problemas con las fotoceldas y las fuentes de luz. En 1964, Shaw usó ocho longitudes de onda en un dispositivo diseñado principalmente para evaluar funciones pulmonares, pero era voluminoso y costoso. Finalmente, en 2009, se desarrolló el primer dispositivo de pulsioximetría con conectividad Bluetooth, lo que permitía la monitorización del pulso y los niveles de saturación de oxígeno en los pacientes utilizando solo la punta del dedo.

### **Sistema de Temperatura:**

El termómetro es un aparato que se usa para determinar la temperatura. Se utilizan termómetros infrarrojos, como el MLX90614, que pueden medir la temperatura sin contacto directo con la superficie. Funcionan según la Ley de Stefan-Boltzmann, que establece que los cuerpos emiten radiación infrarroja proporcional a su temperatura. Sin embargo, la precisión del instrumento se ve afectada por la distancia y el campo de visión del objeto a medir (Melexis, 2006).

### **Tensiómetro:**

Este dispositivo, también conocido Como aparato para medir la presión, se usa para determinar la tensión. Sanguínea del paciente. Esta presión es el resultado de los latidos del corazón, que empujan la sangre hacia las arterias y permiten que fluya por todo el cuerpo. Durante este proceso, se genera fricción en las arterias, lo que a su vez crea presión dentro de ellas (Hiraoka, 2020).

Al medir la presión, se obtienen dos valores: la presión sistólica y la presión diastólica. La presión sistólica, que es el primer valor, se mide en el momento en que la presión es máxima (durante el latido del corazón). La presión diastólica, por otro lado, se mide cuando la presión es mínima, Esto es lo que sucede en el intervalo entre los latidos del corazón. La manera adecuada de documentar la medición es escribiendo primero la presión sistólica y después la diastólica, tal como 120/90. Esta variable fisiológica se expresa en milímetros de mercurio (mmHg) y un valor alto puede provocar condiciones serias como infartos o accidentes cerebrovasculares (Banerjee, 2006).

A través de esta medición, es posible establecer un diagnóstico para la hipertensión arterial. A continuación, se muestra una tabla con los valores de presión y su diagnóstico más común (2006).

### **Telemedicina:**

En 2017, Barathram Ramkumar y M. Sabarimalai Manikandan publicaron un artículo titulado “Real-Time Signal Quality-Aware ECG Telemetry System for IoT-Based Health Care Monitoring” en la revista IEEE Internet of Things Journal. En este trabajo, presentaron un sistema de monitoreo de salud y bienestar basado en el Internet de las Cosas (IoT), que permite la supervisión A distancia y de forma continua, se vigila a personas con enfermedades crónicas como obesidad, hipertensión, diabetes, hiperlipidemia, insuficiencia cardíaca, entre otras. Utilizaron un sistema de telemetría de ECG (Electrocardiograma) compatible con IoT para aplicaciones de monitoreo continuo de la salud cardíaca utilizando sensores de ECG, junto con otras tecnologías como Arduino, Android, Bluetooth y un servidor en la nube (2017).

En 2019, en Florianópolis, Brasil, Aldo Von Wangenheim y Daniule Holzhausen Nunes presentaron su trabajo titulado "Desarrollo de una infraestructura basada en web para mejorar los protocolos clínicos y la gestión médica: un ejemplo en tele dermatología". En esta investigación, detallaron una infraestructura médica especializada como parte de un ambicioso despliegue de telemedicina, diseñada para ofrecer un amplio respaldo mediante tele diagnóstico. Este sistema fue implementado a través de una plataforma web y aplicaciones móviles que brindan apoyo tanto a los pacientes como a los médicos especialistas, mejorando de esta forma la accesibilidad y la interacción entre médico y paciente. Durante el proceso de implementación, se realizaron a cabo numerosas evaluaciones de tele dermatología en pacientes, la mayoría de los cuales fueron derivados a la atención primaria en el año 2019.

## Antecedentes

En la actualidad el IoT ha evolucionado tanto que prácticamente abarca cualquier campo de la vida, entre los que es posible mencionar:

- Habitacional (postscales, 2018): Se han desarrollado edificios de viviendas, sistemas de seguridad y control autónomo del hogar.
- Económico (Meola, 2018): cualquier lugar donde los consumidores compren; sistemas de pago automático, formas de compra actual y optimización de inventarios, entre otros.
- Laboral (Wesson, 2018): Lugares donde hay trabajadores, dispositivos para el desempeño automático de funciones repetitivas, mejora de la productividad y bienestar del trabajador, y sistemas de seguridad para el trabajo.
- Industrial (Abdulla, 2017): sistemas IoT para la operación y control de trabajos repetitivos, como fábricas, hospitales y granjas; entre otros
- Automotriz (Meola, 2018): Sistemas de IoT instalados en vehículos en movimiento (sensores y actuadores empotrados) (Salas Arriarán, 2015).
- Servicios públicos (Fischione, 2016) abarcan la infraestructura de áreas públicas, vehículos autónomos, y la navegación aérea, junto con la capacidad de realizar enrutamiento en tiempo real, navegación conectada y seguimiento de envíos, entre otros servicios.
- Crista Vega, C., Sanmartin, & Samir Agudelo, S., Cardenas. (2022). *Diseño de un Prototipo de Monitoreo de Signos Vitales y Masa Corporal para el Laboratorio de Ingeniería Biomédica de la Corporación Universitaria Reformada* [Trabajo de grado

como prerequisite como obtención del grado de Ingeniero biomédico]. Corporación Universitaria Reformada.

- Jose Mannsbach, J., Ospina, & Omar Esteban Ubarnes, O., Vidal. (2019). *DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE FACTORES DE RIESGO EN SALUD PARA USO PREVENTIVO EN LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA*. [TRABAJO DE GRADO COMO PRE-REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO BIOMÉDICO.]. CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA.
- Juan Benavides, J., Segura, & Jorge Gonzales, J., Gomez. (2023). *SISTEMA EN ELECTRÓNICA IMPRESA PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA CORPORAL, RITMO CARDIACO, FRECUENCIA RESPIRATORIA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS* [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD EL BOSQUE.
- Lorena Solarte, L., Fajardo. (2013). *DISPOSITIVO INALÁMBRICO PARA LA MEDICIÓN DE FRECUENCIA RESPIRATORIA* [Tesis de grado]. ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA UNIVERSIDAD CES.

Por otro lado, en el ámbito de la salud (Farooq, Waseem, Mazhar, Anjum y Kamal, 2015), se están desarrollando dispositivos destinados a supervisar, mejorar El nivel de salud y de satisfacción de las personas, además de aumentar la condición física y la productividad humana.

Los orígenes de la Internet de las Cosas (IoT) en la industria médica se remontan a la década de los 90, cuando se empezaron a crear dispositivos médicos capaces de conectarse a Internet y transferir información relacionada con los pacientes. Estos dispositivos, conocidos como Internet de las Cosas Médicas (IoMT), representan una aplicación específica de la IoT en el campo de la atención médica. Tenemos como ejemplo de dispositivos IoMT incluyen:

- Equipos médicos utilizados en hospitales y centros de salud, como máquinas de rayos X, nebulizadores, desfibriladores, sillas de ruedas y otros dispositivos similares. Dispositivos de seguimiento y monitorización para uso en el hogar, como pulseras inteligentes, termómetros digitales, sensores de pulso y oximetría, entre otros. Sistemas de telemedicina que permiten la prestación de servicios médicos y de salud de manera remota a través de plataformas digitales y aplicaciones móviles.

La adopción de dispositivos IoMT Ha experimentado un notable incremento en los años recientes, impulsada por avances tecnológicos como smartphones, redes wifi, almacenamiento en la nube y sensores. Se estima que, para el año 2020, existen aproximadamente 600 millones de dispositivos médicos conectados.

Para facilitar la comprensión de este proyecto, es crucial considerar diversos conceptos fundamentales, sensor, oximetría, temperatura, presión, microcontrolador, transductor entre otros. Estos términos desempeñan un papel esencial en el desarrollo eficiente de este proyecto.

### **Transductor**

Un transductor es un instrumento que cambia una forma de energía por otra. Los transductores tienen la capacidad de cambiar magnitudes físicas como la presión, la temperatura, la humedad, entre otras, en una señal eléctrica. Son fundamentales en los sistemas de control de medidores eléctricos y se utilizan ampliamente En los sistemas para la automatización y control para medir grandes cantidades. Hay dos categorías principales de transductores: los detectores y los actuadores. Los detectores perciben formas de energía, como la luz o la presión, y las transforman en una salida de datos que puede ser interpretada por un sistema electrónico. Los actuadores también procesan una entrada y producen una salida, pero su funcionamiento es

inverso al de un detector. Un actuador es un tipo de transductor que recibe datos y genera una salida, que se manifiesta como alguna forma de energía física.

En cuanto a la historia de los transductores, se remonta a principios del siglo XX. Durante la Batalla del Atlántico (1942-1944), Paul Langevin y Constantin Chilowsky patentaron un par de dispositivos para detectar submarinos. Estos dispositivos, conocidos como sonares, utilizaban transductores para convertir las ondas sonoras en señales eléctricas y viceversa. Desde entonces, los transductores han evolucionado y se han vuelto indispensables en muchas áreas, desde la medicina hasta la ingeniería y la ciencia.

### **Sensor**

Un sensor es un artefacto capaz de percibir acciones o estímulos del exterior y reaccionar en función de ello. Estos dispositivos pueden convertir las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. Los sensores son instrumentos que facilitan la recopilación de datos del ambiente e interactuar con él. Al igual que los humanos utilizan su sistema sensorial para esta función, las máquinas y los robots necesitan de sensores para interactuar con el entorno en el que se hallan. Respecto a la historia de los sensores, el primer sensor conectado data de 1874, con la colaboración de científicos franceses. El progreso de los sensores inteligentes, también conocidos como sensores inteligentes, ha sido un tema de gran interés, desde el modesto sensor inicial desarrollado por Honeywell en 1969, hasta los actuales dispositivos de alta tecnología altamente deseables. Los antiguos termómetros de mercurio, además de servir como sensores, constituyen un ejemplo clásico tanto de un indicador como de un sensor.

### **Sensor de Temperatura**

Estos son sensores que han sido calibrados con láser para ofrecer una medición de temperatura precisa, estable y rápida. Su resistencia cambia con la temperatura, proporcionando respuestas rápidas y estables. Se presentan en forma de una delgada película en dos series diferentes: HEL/HRTS y TD (Escomez, 2022).

### **Sensor de Luz**

Capaz de medir la intensidad de la luz en su entorno. Los sensores de luz pueden ser fotoresistores, fototransistores, fotodiodos o células solares, dependiendo de sus aplicaciones específicas.

### **Sensor de Movimiento**

Detecta movimientos o cambios de posición. Algunos ejemplos son los sensores de infrarrojos pasivos (PIR) utilizados en sistemas de seguridad y los acelerómetros utilizados en dispositivos móviles.

### **Sensor de Presión**

Estos son sensores económicos que funcionan con tecnología piezoresistiva y se emplean para ejercer presión constante sobre un objeto. Al integrarse con microcontroladores, estos sensores ofrecen una alta precisión, independientemente de la temperatura, y tienen la capacidad de comunicarse digitalmente con las computadoras de manera directa (Escomez en 2022). Se distinguen por su tamaño compacto, precio económico, y su destacada exactitud y consistencia. Son utilizados en una amplia gama de aplicaciones, que incluyen el control de quemadores, uso en laboratorios, equipos de aviación y sistemas de frenos., entre otros (2022).

**Sensor de Humedad**

Mide el contenido de humedad en el aire o en materiales. Los sensores de humedad se basan en tecnologías como la capacitancia, resistencia o transmisión de microondas.

**Sensor de Proximidad**

Detecta la cercanía de objetos sin necesidad de contacto físico. Pueden ser capacitivos, inductivos, ultrasónicos o basados en infrarrojos.

**Sensor de Gas**

Detecta la concentración de gases específicos en el aire. Los tipos incluyen sensores electroquímicos, de semiconductor y de infrarrojos.

**Sensor de Velocidad**

Mide la velocidad de un objeto en movimiento. Se utilizan en aplicaciones como sistemas de navegación y control de motores.

**Sensor de Sonido**

Capta señales acústicas y las convierte en señales eléctricas. Se utilizan en micrófonos y aplicaciones de procesamiento de audio.

**Sensor de Imagen**

Convierte la luz en señales eléctricas para capturar imágenes, como en cámaras digitales y sistemas de visión artificial.

Proximidad



Temperatura



Magnéticos



Sonido



Presión



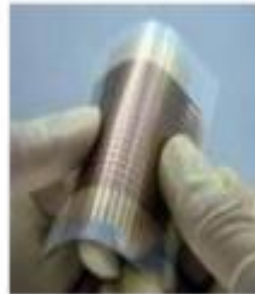
Iluminación



Inclinación



Táctil, piel robótica



Microinterruptores



### **Galga extensiométrica:**

Según lo expuesto por Luis Del Valle en su blog del 2021 sobre la “Creación de una báscula digital con Arduino utilizando el amplificador HX711”, las galgas extensiométricas son sensores que cambian su resistencia eléctrica que depende de la presión que aplicada sobre ellas por el efecto piezorresistivo. Asimismo, hay otros sensores que alteran su resistencia por otros factores físicos, como las fotorresistencias o LDR, que se adaptan a la cantidad de luz que reciben. En el caso de las galgas extensiométricas, la resistencia varía por la presión, el peso o la deformación del material. En pocas palabras, cuando se alarga una franja de metal conductor, esta se hace más fina y larga, lo que hace que la resistencia eléctrica aumente. Por el contrario, cuando la franja de

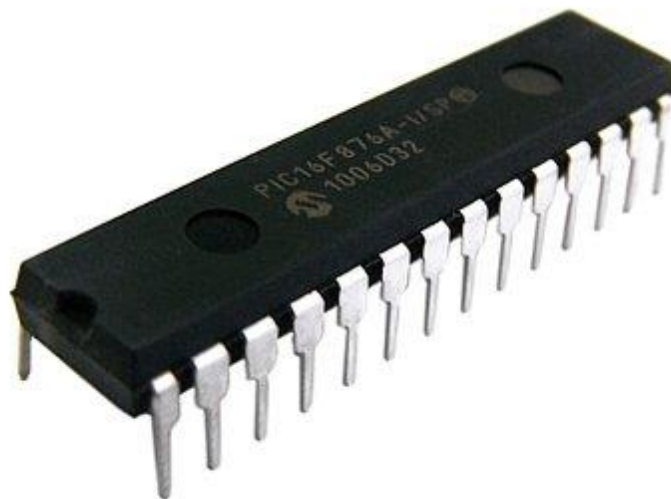
metal se encoge por una fuerza, la resistencia se reduce. Hay distintas células de carga que usan galgas extensiométricas como fundamento, pero pueden diferir en tamaño, material y diseño mecánico, lo que implica diferencias en sensibilidades, valores máximos y mínimos entre ellas. (Luis Del Valle, 2021).

## **Microcontrolador**

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico que se puede programar para realizar diferentes operaciones según las instrucciones que tiene guardadas en su memoria. Está formado por varios componentes, cada uno con una tarea específica. Un microcontrolador tiene los tres elementos principales de una computadora: el procesador (CPU), la memoria y los dispositivos de entrada/salida. Estos microcontroladores pueden manejar datos de cuatro bits y funcionar a velocidades de reloj muy bajas, como 4 kHz, lo que los hace ideales para aplicaciones que consumen poca energía, con requerimientos de energía en el orden de milivatios (mW) o microwatts ( $\mu$ W). Además, pueden entrar en modos de bajo consumo para ahorrar energía cuando no están realizando ninguna actividad, reduciendo el consumo de energía en estado de reposo (incluyendo la CPU y la mayoría de los dispositivos) a niveles de nanowatts (nW). Esto los hace muy adecuados para aplicaciones que necesitan baterías de larga duración. Para usar un microcontrolador en el control de un proceso específico, es necesario crear y programar un software, que se guarda en la memoria del microcontrolador (generalmente en una EEPROM o área equivalente). Este software puede estar escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje creado exclusivamente para los microcontroladores, permitiendo al microcontrolador realizar las acciones deseadas de manera precisa y controlada. En términos históricos, el primer En la década de 1970, Texas Instruments fue pionera en el desarrollo del microcontrolador, un logro que coincidió en el tiempo con los primeros avances en microprocesadores de Intel. En sus inicios,

los microcontroladores eran esencialmente microprocesadores equipados con funciones de memoria, incluyendo memoria RAM y ROM. En 1971, los ingenieros Gary Boone y Michael Cochran de Texas Instruments crearon el TMS 1000, el primer microcontrolador de 4 bits con capacidad de ROM y RAM. El TMS 1000 estaba disponible en diversas configuraciones de RAM y ROM, y para 1983, se había vendido aproximadamente un millón de unidades.

No obstante, Intel, conocido por su papel en la invención del microprocesador, también se destacó en el desarrollo de microcontroladores. Dos de sus notables contribuciones en este campo fueron el 8048 y el 8051. El 8048, presentado en 1976, fue uno de los primeros microcontroladores de Intel y se empleó como procesador en el teclado de la computadora personal de IBM. Se estima que se vendieron más de mil millones de dispositivos 8048. Luego, en 1980, se lanzó el 8051, que se transformó en una de las familias de microcontroladores más populares. La arquitectura del 8051 ha seguido evolucionando, y aún hoy en día, sigue siendo un diseño electrónico de larga trayectoria en la historia.



## **Oximetría**

La oximetría es un procedimiento médico que se enfoca en la medición de la saturación de oxígeno en la sangre, específicamente la cantidad de oxígeno que la hemoglobina, una proteína que se presenta en los glóbulos rojos, conduce desde los pulmones al resto del cuerpo. Esta técnica es muy importante en la práctica médica y se utiliza ampliamente en la atención de la salud.

Para llevar a cabo la oximetría, se emplea un dispositivo llamado pulsioxímetro, que se coloca en una parte del cuerpo con buen flujo sanguíneo y cierta translucidez, como los dedos de las manos o de los pies, o el lóbulo de la oreja. El pulsioxímetro emite luces de diferentes longitudes de onda, incluyendo roja e infrarroja, que atraviesan el tejido del paciente y llegan a un fotodetector. Se mide la absorción de cada longitud de onda, que es causada principalmente por la sangre arterial pulsátil, excluyendo otros tejidos como venas, piel, huesos, músculos y grasa. A partir de estos datos, es posible calcular la saturación de oxígeno en la sangre.

Desde una perspectiva histórica, la oximetría tiene sus raíces en 1862, cuando el profesor alemán Félix Hoppe Seyler acuñó el término "hemoglobina" y reconoció la diferencia entre la sangre oxigenada y la no oxigenada. En 1935, Karl Matthes desarrolló el primer dispositivo que utilizaba diferentes longitudes de onda para medir la saturación de oxígeno, utilizando filtros rojos y verdes. La técnica de la pulsioximetría fue desarrollada en 1972 por Takuo Aoyagi y Michio Kishi, bioingenieros de Nihon Kohden, quienes utilizaron la proporción de la absorción de luz roja en comparación con la luz infrarroja de los componentes pulsátiles en el lugar de medición.

## Temperatura

La temperatura se refiere a una propiedad física que evalúa la energía cinética interna de un cuerpo, un objeto o el entorno en general, determinada por la velocidad, vibración u oscilación de las partículas que lo componen. A medida que estas partículas se mueven más rápido, la temperatura aumenta. Esta energía interna se interpreta en términos de calor y frío, donde el calor se relaciona con temperaturas más elevadas, mientras que el frío se asocia con temperaturas más bajas.

La medición de la temperatura se lleva a cabo utilizando magnitudes termométricas, que son unidades de medida que representan la temperatura en diversas escalas. Esto se realiza a través de un dispositivo llamado "termómetro", que puede variar en su diseño según el fenómeno que se desee medir.

En cuanto a la historia, el primer termómetro se atribuye a Galileo, quien creó uno en 1592 que consistía en un bulbo de vidrio de tamaño considerable, abierto a la atmósfera a través de un tubo delgado. En el siglo XVII, Robert Boyle descubrió dos leyes fundamentales relacionadas con la temperatura: la primera establece que, a temperatura ambiente constante, el producto de la presión y el volumen de un gas encerrado permanece constante, y la segunda indica que la temperatura de ebullición disminuye con la presión. A lo largo de la historia, se han desarrollado numerosos intentos para medir la temperatura, pero en la actualidad, predominan dos sistemas principales: el creado por Anders Celsius en 1742 y el propuesto por William Thomson, conocido como lord Kelvin, en 1848.

## **Presión**

La presión es una cantidad física que cuantifica la fuerza proyectada en dirección perpendicular en relación con la superficie en cuestión. Su función es describir cómo una fuerza específica se distribuye sobre una línea dada. En el marco del Sistema Internacional de Unidades, la presión se cuantifica utilizando una unidad derivada llamada pascal (Pa), que equivale a una fuerza total de un newton (N) aplicada de manera uniforme sobre un área de un metro cuadrado (m<sup>2</sup>). En el sistema de medidas anglosajón, la presión se expresa en libra por pulgada cuadrada (libra por pulgada cuadrada o psi), que corresponde a una fuerza total de una libra distribuida sobre una superficie de una pulgada cuadrada.

En cuanto a su historia, los primeros intentos de medir la presión se remontan a la antigüedad, cuando se utilizaban técnicas como la acupuntura y la flebotomía controlada (sangría) para tratar lo que se conocía como "enfermedad del pulso duro". Sin embargo, no fue hasta 1643 cuando el físico italiano Evangelista Torricelli ideó un procedimiento para medir la presión atmosférica. Con el tiempo, El progreso en la reducción de tamaño de los componentes electrónicos y su constante disminución de costos permitieron que, a finales del siglo XX, se pudiera adquirir un instrumento de medición y realizar las mediciones sin la necesidad de personal especializado.

## **Arduino:**

Arduino es una plataforma enfocada al desarrollo de placas de hardware de código abierto, que funcionan con microcontroladores programables y cuentan con un conjunto de bibliotecas predefinidas que facilitan el trabajo de los creadores. Estas placas de hardware tienen una serie de Conectores tipo hembra que facilitan las conexiones y la comunicación entre sensores, actuadores y el microcontrolador a través de diversas entradas y salidas, ya sean analógicas o

digitales. Las placas de circuito impreso (PCB) son superficies planas fabricadas con materiales no conductores, que incorporan una o varias capas de material conductor dispuestas en forma de pistas. Estas pistas conectan componentes electrónicos activos y pasivos para formar circuitos diseñados para cumplir una función o tarea específica. Para que cada placa o PCB pueda desempeñar su función de manera efectiva, es necesario diseñar el circuito específico y disponer los componentes en sus ubicaciones correspondientes, de acuerdo al diseño previamente establecido (Arduino, 2019a).

### **Internet de las Cosas:**

La idea de conectar objetos cotidianos a la red digital se conoce como “Internet de las Cosas”.

Piensa que los objetos que utilizamos todos los días tuvieran tecnología de comunicación incorporada, lo que haría que pudieran ser identificados y manejados por otros dispositivos de la misma manera que lo hacen los seres humanos. (Bondia Condori, HO 2019).

### **Presión Arterial**

La presión arterial es la fuerza que aplica la sangre al circular por el sistema circulatorio del cuerpo. Este fenómeno es vital para el correcto abastecimiento de oxígeno y nutrientes a todos los órganos del organismo al permitir que la sangre fluya por los vasos sanguíneos y garantizando su funcionamiento óptimo. La presión arterial sistólica se refiere al valor más alto de la presión sanguínea que se produce durante la contracción del corazón, mientras que la presión arterial diastólica corresponde al valor más bajo de la presión arterial cuando el corazón está en su fase de relajación. La diferencia entre estos dos valores se llama presión de pulso.

En términos históricos, los primeros registros documentados sobre la hipertensión arterial datan del año 2600 a.C., y se muestra que el tratamiento para lo que se llamaba la “enfermedad del

pulso duro” se realizaba mediante métodos como la acupuntura, procedimientos de sangrado controlado conocidos como flebotomía, o incluso el uso de sanguijuelas para provocar sangrado. Los fundamentos para una medición objetiva de la presión arterial se establecieron en 1733 gracias a los trabajos pioneros de Hales. Sin embargo, no sería hasta el comienzo del siglo XX que se consiguió medir la presión arterial con fines clínicos, gracias a la creación del esfigmomanómetro y la detección indirecta y simple de la presión arterial mediante los sonidos de Korotkov, usando un estetoscopio. Fue en las primeras décadas del siglo XX cuando la hipertensión empezó a ser reconocida como una enfermedad en lugar de ser considerada como una consecuencia del envejecimiento, en parte debido a su tendencia a ser asintomática en la mayoría de los casos.

### **Metodología**

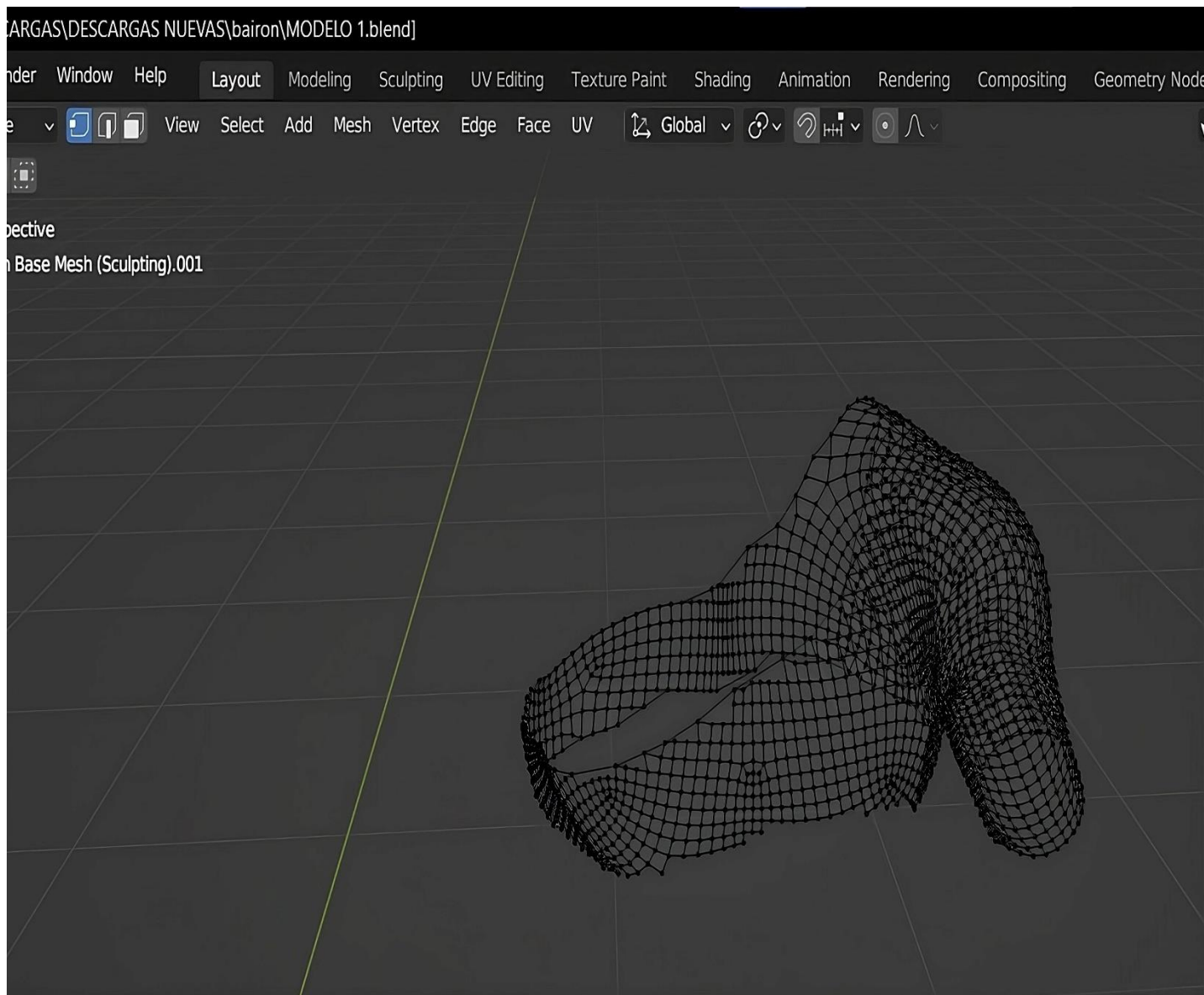
El proyecto se enmarca como una investigación de tipo aplicado, ya que se usaron conocimientos existentes para elaborar y poner en práctica el prototipo, utilizando la teoría para resolver problemas prácticos y ofrecer una solución útil para la sociedad.

El prototipo multifuncional tiene un enfoque descriptivo y su objetivo principal es medir varias señales biomédicas, incluyendo la temperatura corporal, la saturación de oxígeno y la presión arterial.

En términos metodológicos, este proyecto se ajusta al enfoque cuantitativo, ya que se realizaron mediciones de variables relacionadas con los signos vitales del cuerpo humano, las cuales se contrastaron con valores de referencia en el campo de la salud para evaluar el estado vital del paciente.

## Diseño

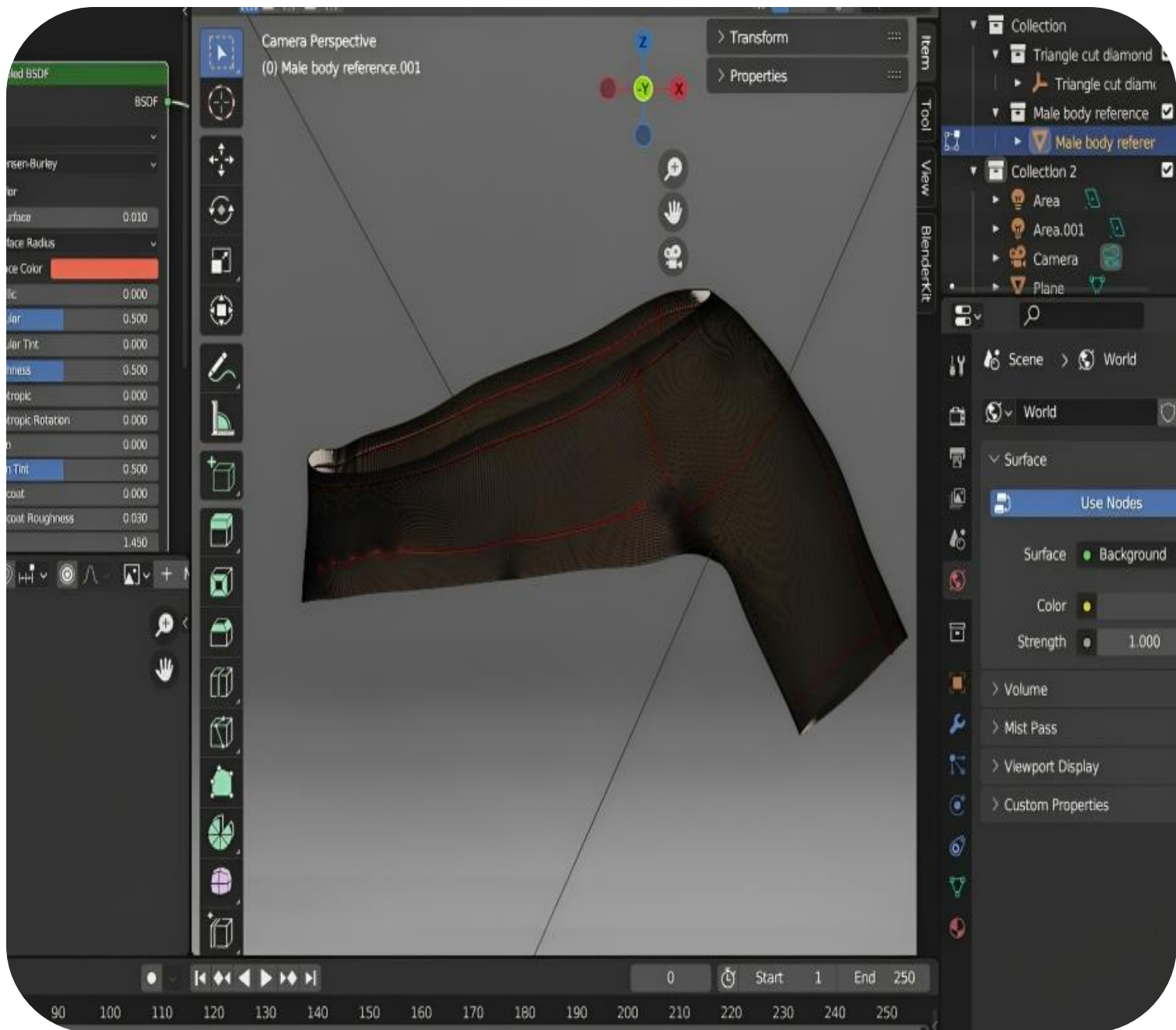
El proyecto fue realizado bajo un estudio descriptivo experimental con enfoque cuantitativo de tipo transversal.

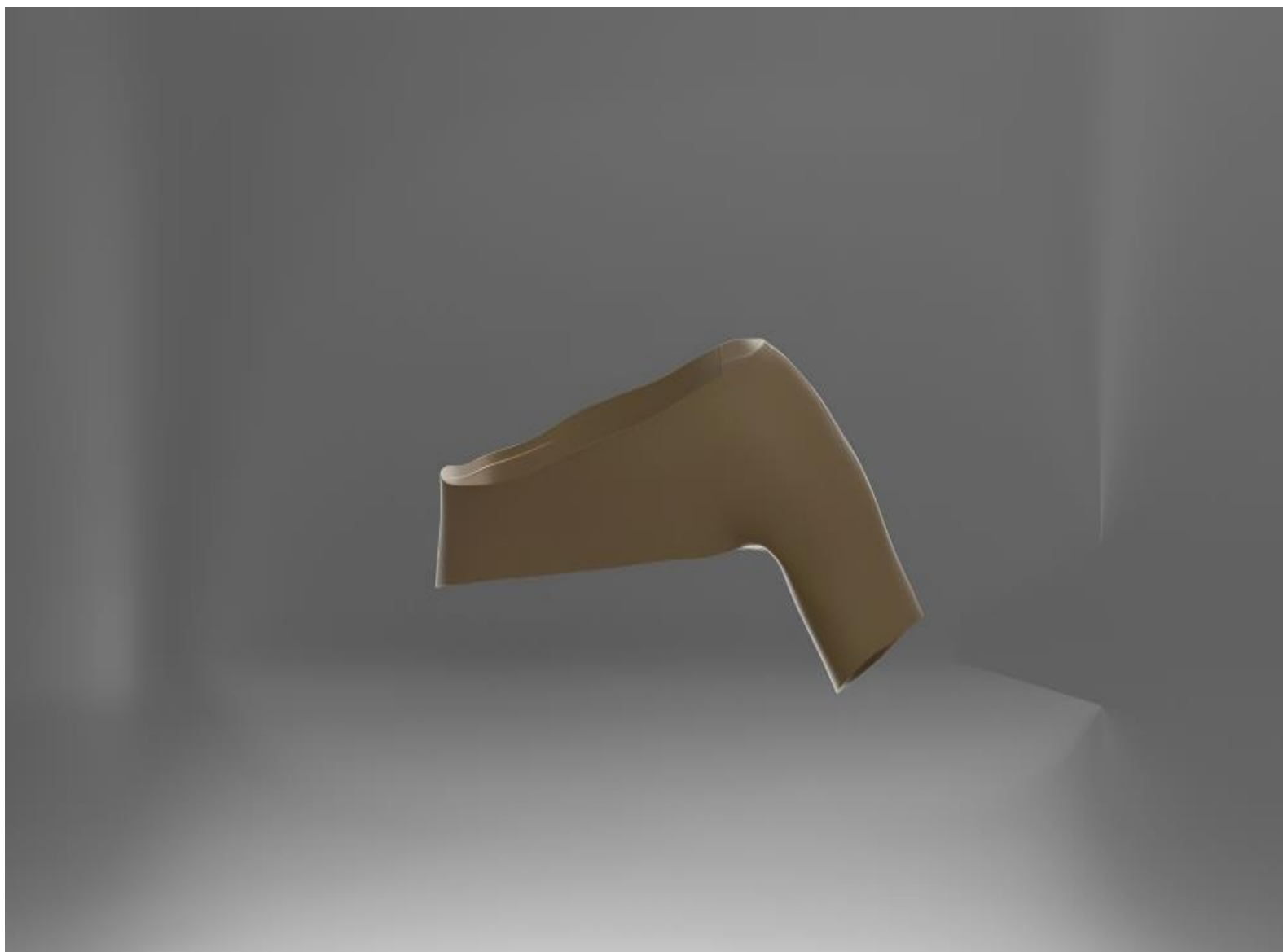





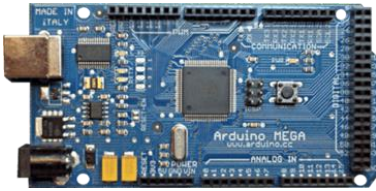











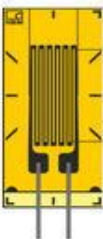


## Materiales y Métodos

Arduino Uno R3	Especificaciones técnicas	
 <p>Es posiblemente la placa más utilizada y robusta. Es una buena opción para iniciarse en la programación de microcontroladores.</p>	Microcontrolador:	ATMega328P.
	Velocidad de reloj:	16 MHz.
	Voltaje de trabajo:	5V.
	Voltaje de entrada:	7,5 a 12 voltios.
	Pinout:	14 pines digitales (6 PWM) y 6 pines analógicos.
	Memoria:	32 KB Flash (0,5 para bootloader), 2KB RAM y 1KB Eeprom.
Arduino Mega	Especificaciones técnicas	
 <p>Es usada para proyectos con necesidad de mayor cantidad de pines.</p>	Microcontrolador:	ATMega2560.
	Velocidad de reloj:	16 MHz.
	Voltaje de trabajo:	5V.
	Voltaje de entrada:	7,5 a 12 voltios.
	Pinout:	54 pines digitales (15 PWM) y 16 pines analógicos.
	Memoria:	256 KB Flash (8KB para bootloader), 8KB RAM y 4KB Eeprom.

<p><b>Sensor de oximetría MAX30100</b></p> 	<p><b>Especificaciones técnicas</b></p>	
<p><b>Sensor De Concentración De Oxígeno Max30102</b></p> 	<p><b>Especificaciones técnicas</b></p>	
	<p>Interfaz</p>	<p>I2C-bus con hasta 8 dispositivos en el mismo bus.</p>
	<p>Voltaje de Operación</p>	<p>2.8 V a 5.5 V</p>
	<p>Temperatura de trabajo</p>	<p>-55 ° C y +125 ° C</p>
	<p>Precisión de temperatura</p>	<p>± 2 ° C desde -25 ° C hasta +100 ° C ± 3 ° C desde -55 ° C a +125 ° C</p>
	<p>ADC</p>	<p>11 bit</p>
	<p>Corriente de alimentación</p>	<p>3.5 µA</p>
<p><b>Sensor De Temperatura MAX6675</b></p> 	<p><b>Especificaciones técnicas</b></p>	
	<p>Voltaje de Operación:</p>	<p>3.3V a 5.5V.</p>
	<p>Precisión:</p>	<p>± 0,5°C</p>
	<p>Temperatura mínima:</p>	<p>-200°C.</p>
	<p>Temperatura máxima:</p>	<p>+1372°C.</p>
	<p>Resolución seleccionable:</p>	<p>12 Bit</p>
	<p>Tiempo de respuesta:</p>	<p>200-250.</p>
<p><b>Sensor Temperatura Lm35 Lm35dz 0°c A 100°c</b></p>	<p><b>Especificaciones técnicas</b></p>	

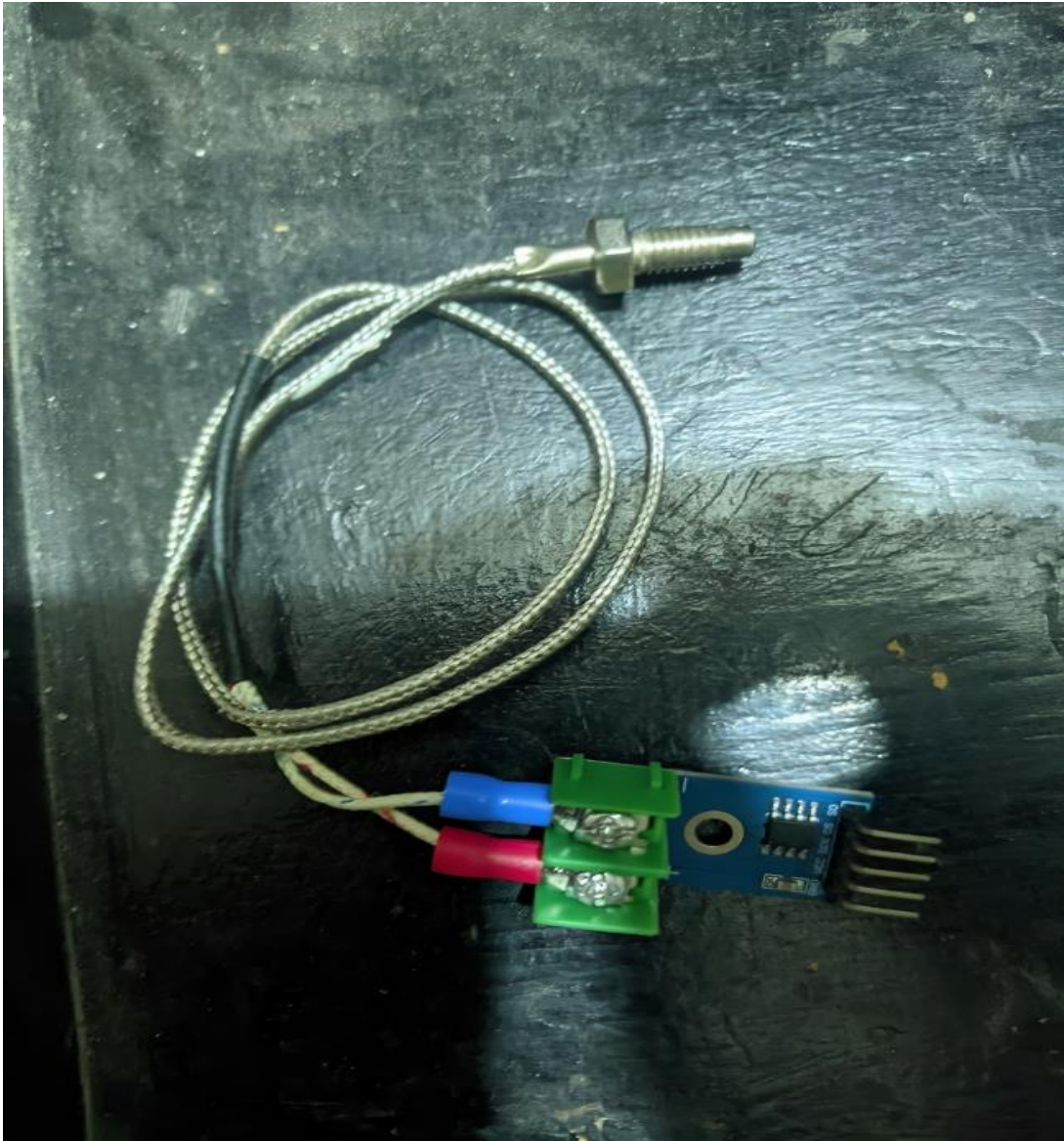
	Tipo de salida:	Analogo
	Precisión:	+/- 1.5°C.
	Tensión del suministro:	Máx 30V.
	Tensión del suministro:	Mín 4V.
	Temperatura operativa máxima:	+ 10°C.
	Temperatura operativa mínima:	0°C.
	Ganancia:	9.8mV / °C
	Corriente de salida	10 mA

<b>Sensor Fuerza/peso Original Interlink Fsr 400</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>	
	Area Sensible	0.25
	Tiempo de respuesta	3 US
	Resistencia en estado de reposo	10M ohmios.
	Rango de fuerza:	0.2N a 20N (20gf a 2Kgf=0.04lbs a 4.5lbs).
	Rango de temperatura de operación	-40°C a +85°C.
<b>Galga Extensiométrica</b>	<b>Especificaciones técnicas</b>	
	Rango de Deformación	0 a 5000 microstrain.
	Sensibilidad	2.1 ± 0.1%
	Resistencia	120 ohmios a temperatura ambiente (20°C) sin deformación aplicada.
	Factor de Calibración (Gauge Factor)	Factor de calibración de 2.2 para galgas de aleación de constante k.
	Temperatura de Operación	-50°C a +200°C.

Sensor De Gas MQ3	Especificaciones Tecnicas	
 A photograph of an MQ3 gas sensor. It consists of a blue printed circuit board (PCB) with a circular metal mesh sensor element mounted on top. The PCB has four pins extending from the bottom left corner and two mounting holes on the right side.	Area Sensible	10 mm <sup>2</sup> .
	Tiempo de respuesta	Generalmente en el rango de segundos a minutos, dependiendo de la concentración del gas.
	Resistencia en estado de reposo	20 kΩ a 100 kΩ
	Rango de temperatura de operación	-10°C a 50°C



### *Sensor De Temperatura MAX6675*



*Nota. Fuente:* [Autor]

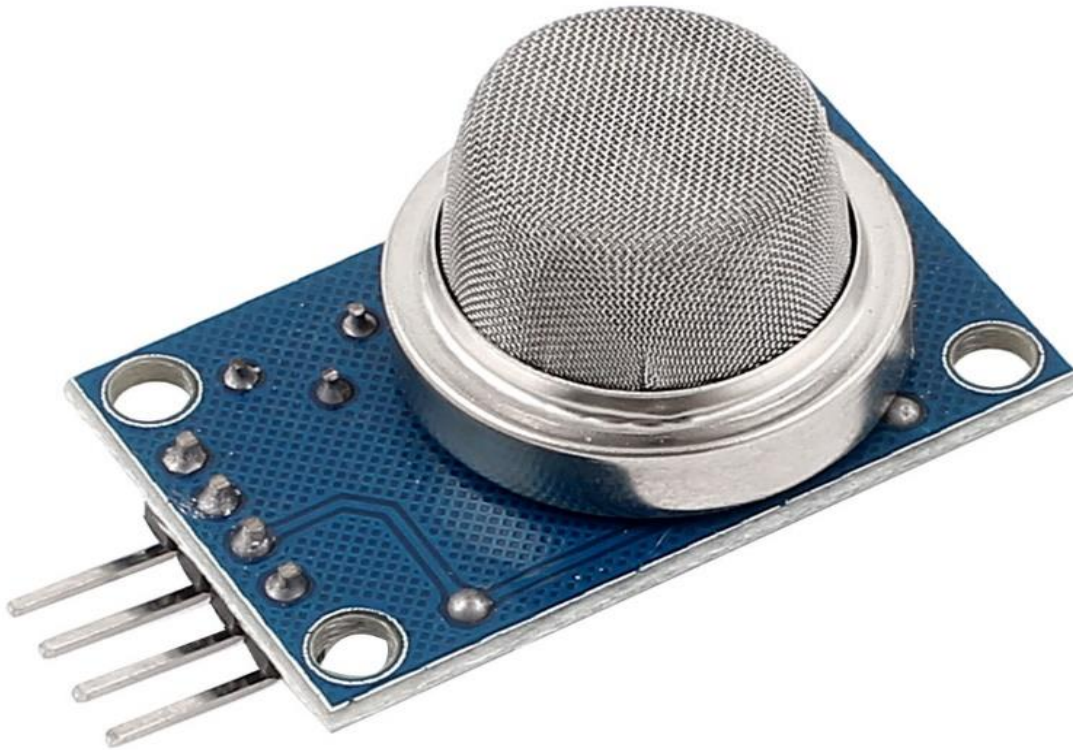
- ✓ Sensor De Temperatura MAX6675: S Se optó por este sensor de temperatura por su configuración digital de medición de señal de temperatura, además de que el prototipo a exhibir se ajusta completamente a la experiencia que se pretende llevar a cabo.

*Sensor de oximetría MAX30100*



*Nota. Fuente:* [Autor].

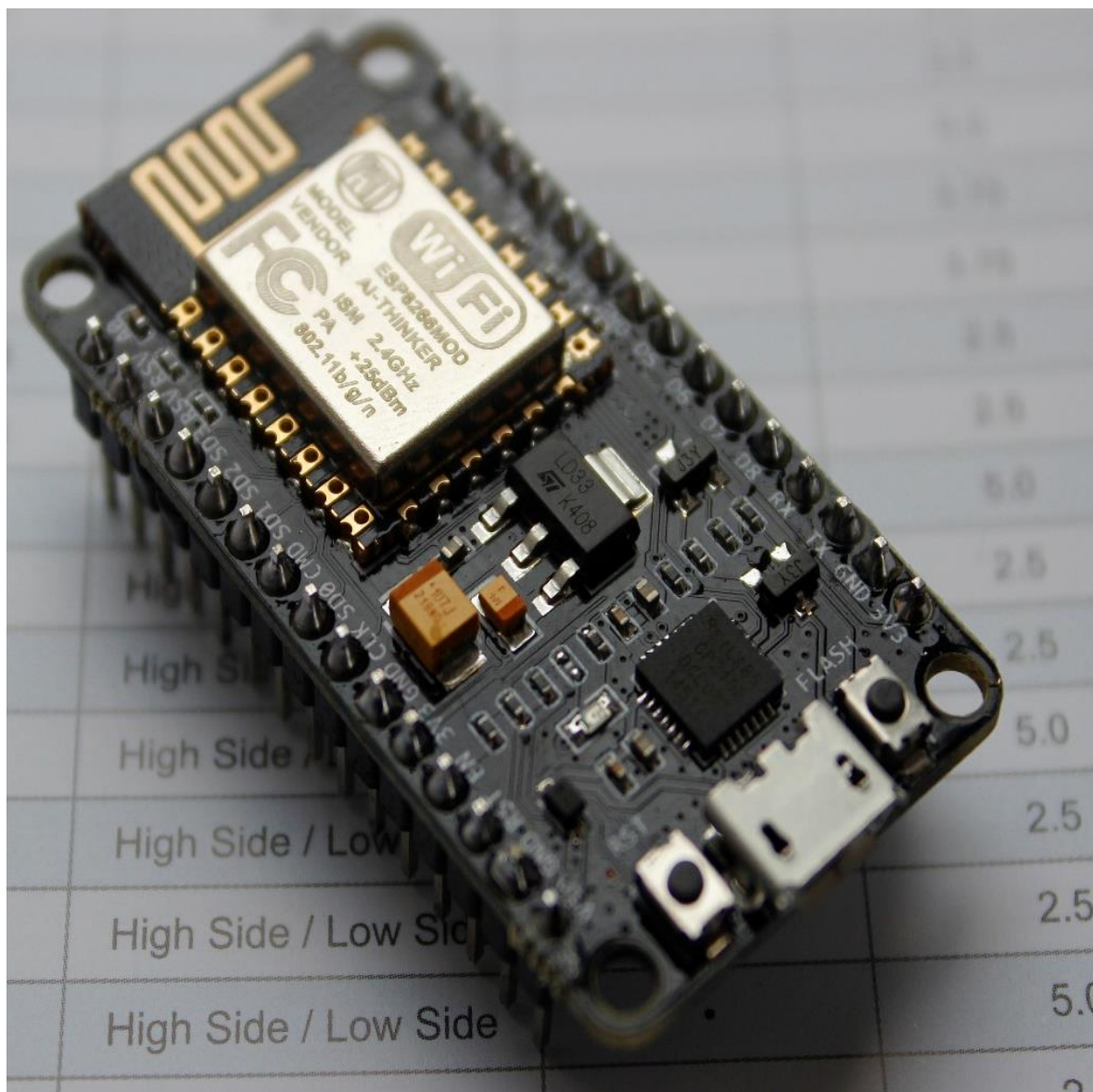
- ✓ Sensor de oximetría MAX30100: Se seleccionó este sensor porque ya existe una trazabilidad con la configuración de este además de que su funcionalidad es más exacta al momento de obtener la adquisición de datos requeridos ya comprobado en experiencias previas en un laboratorio de calibración.



### *Sensor De Gas MQ-5*

El sensor de gas MQ-5 se escogió sobre otros debido a la experiencia previa que hemos acumulado con su amplia disponibilidad, su asequible precio y su versátil utilidad en múltiples aplicaciones. Esta elección nos proporciona confianza en la disponibilidad de componentes, ahorro en costos y un sensor capaz de adaptarse a diversas necesidades de nuestro proyecto.

### Módulo Inalámbrico Wifi Esp8266



*Nota. Fuente:* [Autor].

- ✓ **Módulo Inalámbrico Wifi Esp8266:** Este módulo de internet se escogió sobre otros por la experiencia previa obtenida con su uso. Además, su precio resultó ser la opción más económica para comprarlo. La velocidad de transmisión de datos de este dispositivo fue evaluada en varias experiencias educativas y proyectos realizados en la universidad, lo que mostró que tenía una capacidad superior para captar y enviar información de un dispositivo a un servidor mediante una conexión wifi.

- ✓ Además de escoger los componentes antes nombrados, se decidió utilizar un tensiómetro digital específico llamado “Kardyo100 Tensiómetro Digital” con el modelo “GMD-BPM” para la captura de la señal de presión arterial. La elección de este modelo se fundamentó en su precio económico, y también se consideraron sus características y diseño, los cuales se ajustaban al modelo del prototipo desarrollado.

*kardyo100 tensiómetro digital.*



*Nota. Fuente:* [Autor].

## Procedimiento

Una vez que contábamos con el diseño tridimensional del prototipo y habíamos adquirido todos los componentes necesarios, comenzamos la fase de construcción del prototipo. Se seleccionaron diversos componentes para ensamblar el dispositivo, entre ellos, se incorporó el monitoreo de la presión arterial, que se integraría a nuestro prototipo junto con un sensor de oximetría, sensor de gas que será el encargado de la frecuencia respiratoria y sensor de temperatura, en conjunto con el Arduino Mega.

### 1. Diseño del hardware

Se desarrollará un dispositivo que incluya los sensores seleccionados, una unidad de procesamiento (Arduino) y un módulo Wi-Fi para la transmisión de datos.

### 2. Programación del software:

```

3. #include <Wire.h>
4. #include "MAX30100_PulseOximeter.h"
5. #include <SPI.h>
6.
7. #define MAX6675_SO 2
8. #define MAX6675_CS 3
9. #define MAX6675_SCK 4
10.
11. #define REPORTING_PERIOD_MS      1000
12.
13. PulseOximeter pox;
14. uint32_t tsLastReport = 0;
15.
16. void onBeatDetected()
17. {
18.     Serial.println("Beat!");
19. }
20.

```

```

21. void setup()
22. {
23.     Serial.begin(115200);
24.     Serial1.begin(9600);
25.     Serial.print("Initializing pulse oximeter..");
26.
27.     // Initialize the PulseOximeter instance
28.     // Failures are generally due to an improper I2C wiring, missing
power supply
29.     // or wrong target chip
30.     if (!pox.begin()) {
31.         Serial.println("FAILED");
32.         for(;;);
33.     } else {
34.         Serial.println("SUCCESS");
35.     }
36.     pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);
37.
38.     // Register a callback for the beat detection
39.     pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
40. }
41.

42. void loop()
43. {
44.     pox.update();
45.     if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
46.         Serial.print("Heart rate:");
47.         Serial.print(pox.getHeartRate());
48.         Serial.print("bpm / SpO2:");
49.         Serial.print(pox.getSpO2());
50.         Serial.println("%");
51.
52.
53.
54.
55.         tsLastReport = millis();
56.     }
57.     if (Serial.available()) // monitoreo el estado del puerto serial
58.     {char mensaje=0;
59.     mensaje=Serial.read();
60.     if (mensaje=="B"){
61.     float temperatura = leer_termopar();
62.     Serial.print("Termopar tipo K: " );
63.     Serial.println(temperatura, 2);
64.
65.     Serial1.println(temperatura, 2);
66.     delay(300);
67.
68. }
69. }

```

```

70. }
71.
72. double leer_termopar()
73. {
74.
75.     uint16_t v;
76.     pinMode(MAX6675_CS, OUTPUT);
77.     pinMode(MAX6675_SO, INPUT);
78.     pinMode(MAX6675_SCK, OUTPUT);
79.     digitalWrite(MAX6675_CS, LOW);
80.     delay(1);
81.
82.     // Read in 16 bits,
83.     // 15      = 0 always
84.     // 14..2  = 0.25 degree counts MSB First
85.     // 2      = 1 if thermocouple is open circuit
86.     // 1..0   = uninteresting status
87.
88.     v = shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);
89.     v <<= 8;
90.     v |= shiftIn(MAX6675_SO, MAX6675_SCK, MSBFIRST);
91.
92.     digitalWrite(MAX6675_CS, HIGH);
93.     if (v & 0x4)
94.     {
95.         // Bit 2 indicates if the thermocouple is disconnected
96.         return NAN;
97.     }
98.
99.     // The lower three bits (0,1,2) are discarded status bits
100.    v >>= 3;
101.
102.    // The remaining bits are the number of 0.25 degree (C) counts
103.    return v * 0.25;
104. }

```

## Descripción del Código

*Las líneas 3 a 5 incluyen las bibliotecas necesarias, como Wire para la comunicación I2C, MAX30100\_PulseOximeter para el sensor MAX30100 y SPI para la comunicación con el sensor MAX6675.*

*7 a 9: Se definen pines para la conexión con el sensor MAX6675 y se asigna un período de informe de 1000 ms (1 segundo).*

*13: Se declara una instancia del objeto PulseOximeter llamado "pox" para interactuar con el sensor MAX30100.*

*14: Se inicializa una variable "tsLastReport" para llevar un seguimiento del tiempo de la última actualización de datos.*

*16 a 19: Se define una función "onBeatDetected" que se llama cuando se detecta un latido cardíaco. Esta función imprime "Beat!" en el puerto serie.*

*21 a 40: La función "setup" se ejecuta una vez al inicio del programa. Configura la comunicación serial, inicializa el sensor MAX30100 y configura la corriente del LED infrarrojo.*

*42 a 70: La función "loop" se ejecuta continuamente en un bucle. En cada iteración, se actualizan los datos del sensor MAX30100 y se verifica si ha pasado el tiempo especificado en "REPORTING\_PERIOD\_MS" desde la última vez que se informaron los datos. Si ha pasado el tiempo, se imprime la frecuencia cardíaca y la SpO2 en el puerto serie. Además, se monitorea el puerto serial para recibir comandos.*

*57 a 68: Se verifica si hay datos disponibles en el puerto serial. Si se recibe el carácter 'B', se llama a la función "leer\_termopar" para medir la temperatura del termopar tipo K. Los resultados se imprimen en el puerto serie y se envían a través de otro puerto serie (Serial1).*

*72 a 104: La función "leer\_termopar" se encarga de leer la temperatura del termopar tipo K conectado al sensor MAX6675. Se configuran los pines, se lee el valor del sensor y se realiza el cálculo para obtener la temperatura en grados Celsius. Si el termopar está desconectado, se devuelve un valor "NaN" (no es un número).*

```

NodeMCU y monitorización en la plataforma www.thinger.io
105.
106. #include <ESP8266WiFi.h>           //Librería de conexión WiFi del módulo
    ESP8266
107. #include <ThingerESP8266.h>       //Librería de la plataforma thinger.io
108. #include <SoftwareSerial.h>
109. #include <Wire.h>
110. #include "MAX30100_PulseOximeter.h"
111. #include <SPI.h>
112.
113. #define REPORTING_PERIOD_MS      1000
114.
115. SoftwareSerial BT1(D5, D6); // RX | TX
116.
117.
118. // Parámetros del conexión con thinger.io
119. #define usuario "jnavarro413"
120. #define device_Id "Monitor_iot"

```

```

121. #define device_credentials "xyyzzqg"
122.
123. ThingyESP8266 thing(usuario, device_Id, device_credentials);
124.
125. // Parámetros de conexión WiFi
126. const char WiFi_ssid[]="jose"; //Nombre de red
127. const char WiFi_password[]="12345678"; //Clave de red
128.
129.
130. int lectura=0;
131.
132. PulseOximeter pox;
133. uint32_t tsLastReport = 0;
134.
135. void onBeatDetected()
136. {
137.     Serial.println("Beat!");
138. }
139.
140. void setup() {
141.
142.     BT1.begin(9600);
143.     Serial.begin(9600);
144.
145.     Serial.print("Initializing pulse oximeter..");
146.
147.     // Initialize the PulseOximeter instance
148.     // Failures are generally due to an improper I2C wiring, missing
power supply
149.     // or wrong target chip
150.     if (!pox.begin()) {
151.         Serial.println("FAILED");
152.         for(;;);
153.     } else {
154.         Serial.println("SUCCESS");
155.     }
156.     pox.setIRLedCurrent(MAX30100_LED_CURR_7_6MA);
157.
158.     // Register a callback for the beat detection
159.     pox.setOnBeatDetectedCallback(onBeatDetected);
160.     // Inicialización de la WiFi para comunicarse con la API
161.     thing.add_wifi(WiFi_ssid, WiFi_password);
162.     // Inicialización de la lectura de datos desde la API
163.     thing["MONITOR IOT"] >> [](pson& out){
164.         int lectura=BT1.parseInt();
165.         out["SPO2"] = pox.getSpO2();
166.         out["PULSO"] = pox.getHeartRate();
167.         out["FR"] = lectura;
168.         out["TEMPERATURA"] = lectura;
169.     };
170.     }
171.
172. void loop() {
173.     pox.update();
174.     if (millis() - tsLastReport > REPORTING_PERIOD_MS) {
175.         Serial.print("Heart rate:");
176.         Serial.print(pox.getHeartRate());

```

```

177.         Serial.print("bpm / SpO2:");
178.         Serial.print(pox.getSpO2());
179.         Serial.println("%");
180.
181.         tsLastReport = millis();
182.     }
183.
184.     thing.handle();
185.
186.     }

```

## Descripción Del Código

*Inclusión de bibliotecas (líneas 106-112):*

*Se incluyen varias bibliotecas necesarias para el proyecto, como ESP8266WiFi para la conexión Wi-Fi, ThingerESP8266 para la comunicación con thinger.io, SoftwareSerial para la comunicación Bluetooth, Wire para la comunicación I2C, MAX30100\_PulseOximeter para el sensor de pulso oxímetro y SPI para comunicación SPI.*

*Definición de constantes y variables (líneas 113-133):*

*Se define un valor constante REPORTING\_PERIOD\_MS para determinar cada cuánto tiempo se informarán los datos.*

*Se crea un objeto SoftwareSerial llamado BT1 para la comunicación serie con un dispositivo Bluetooth.*

*Se declaran variables para almacenar información de usuario, dispositivo y credenciales de thinger.io.*

*Se crea un objeto PulseOximeter llamado pox para interactuar con el sensor MAX30100.*

*Se declara una variable tsLastReport para llevar un registro del tiempo de la última transmisión de datos.*

*Funciones callback (líneas 135-139):*

*La función `onBeatDetected` se llama cuando se detecta un latido del corazón y simplemente imprime "Beat!" en el monitor serie.*

*Función `setup()` (líneas 140-170):*

*Se inicializa la comunicación serie tanto para el módulo Bluetooth (BT1) como para la depuración (Serial).*

*Se inicializa el sensor MAX30100 utilizando la biblioteca `PulseOximeter` y se configura para usar un LED infrarrojo (IRLed) con una corriente de 7.6 mA.*

*Se registra la función `onBeatDetected` como un callback para la detección de latidos del sensor.*

*Se configura la conexión Wi-Fi con las credenciales proporcionadas.*

*Se establece una función lambda que se ejecutará cuando `thinger.io` solicite datos. En esta función, se lee un valor desde el módulo Bluetooth (lectura) y se obtienen los valores de saturación de oxígeno en sangre (`SpO2`) y la frecuencia cardíaca del sensor, así como un valor de temperatura (`TEMPERATURA`) que parece estar vinculado a lectura pero no se utiliza actualmente.*

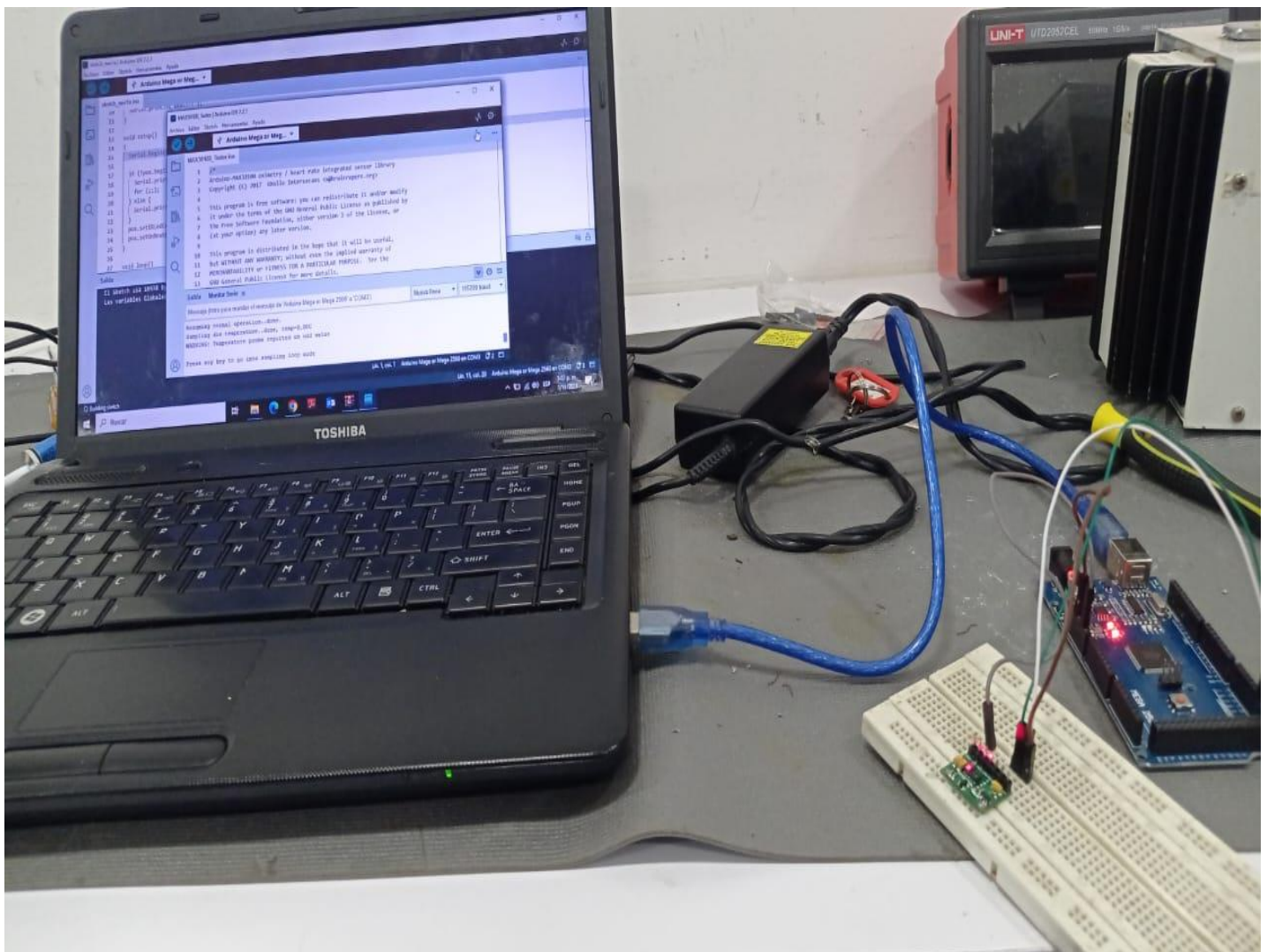
*Función `loop()` (líneas 172-186):*

*En el bucle principal, se actualiza el sensor `PulseOximeter` (`pox`) para capturar datos de pulso y oxígeno en sangre.*

*Se verifica si ha pasado suficiente tiempo desde la última transmisión de datos (según el valor `REPORTING_PERIOD_MS`) y, en caso afirmativo, se envían los valores de frecuencia cardíaca y SpO2 a través de la conexión Wi-Fi a `thinger.io`.*

*Se maneja la comunicación con `thinger.io` llamando a `thing.handle()` para garantizar que los datos se envíen correctamente.*

Lo primero que realizamos fue la programación del sensor Max 3100 que es el encargado de la lectura de lo Bpm y la saturación de oxígeno.





*Nota. Fuente: [Autor]*

*Aquí podemos evidenciar el primer montaje para obtener datos del max30100, se realizó una modificación en el circuito electrónico del max30100 para su correcto funcionamiento*



**Nota. Fuente:** [Autor]

*Se llevó a cabo el desmontaje del esfigmomanómetro digital con el fin de evaluar el correcto funcionamiento de sus componentes y realizar una serie de pruebas de presión.*

The screenshot displays the Arduino IDE interface with three windows open: 'Oxmetro\_Samir', 'Prueba\_Spo2 Arduino 1.8.13', and 'COM6'. The 'Oxmetro\_Samir' window shows the following code:

```
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000

PulseOximeter pox;
uint32_t tsLastReport = 0;

void onBeatDetected()
{
  Serial.println("Beat!");
}

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.print("Initializing pulse oximeter...");
  // Initialize the PulseOximeter instance
  // Failures are generally due to an improper
  // or wrong target chip
  if (!pox.begin()) {
    Serial.println("Pulse Oximeter failed to initialize");
  }
}
```

The 'COM6' window shows the serial output:

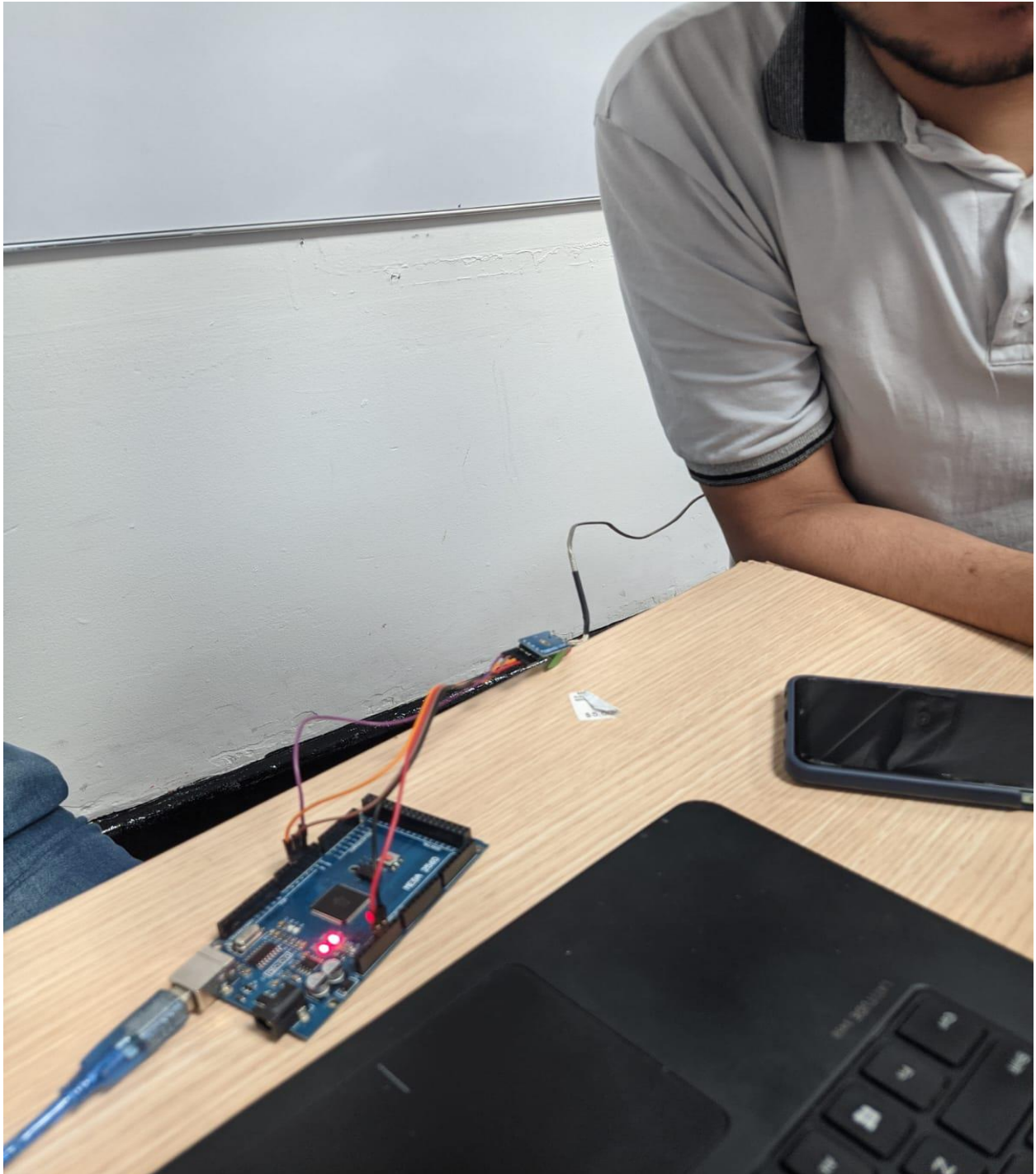
```
Beat!
Heart rate:151.33bpm / SpO2:93%
Beat!
Heart rate:124.05bpm / SpO2:93%
Beat!
Heart rate:181.00bpm / SpO2:0%
Beat!
Heart rate:135.98bpm / SpO2:0%
Beat!
Heart rate:115.63bpm / SpO2:1%
```

At the bottom, a status bar indicates memory usage: 'El Sketch usa 9946 bytes (30%) del espacio de almacenamiento' and 'Las variables Globales usan 735 bytes (35%) de la memoria'. The system tray shows the temperature as 26°C in Chubascos and the date as 01/11/2023.

**Nota. Fuente:** [Autor]

*Se visualiza la primera prueba y resultados del max30100 tomando medidas de SpO2 y*

*Bpm*



*Nota. Fuente:* [Autor]

*En esta imagen podemos notar la implementación y prueba del sensor utilizado para la toma de datos y lectura de la temperatura corporal.*

## Resultados

```

Spo2__temp Arduino 1.8.13
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Spo2__temp
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include <SPI.h>

#define MAX6675_SO 2
#define MAX6675_CS 3
#define MAX6675_SCK 4

#define REPORTING_PERIOD_MS 1000

PulseOximeter pox;
uint32_t tsLastReport = 0;

void onBeatDetected()
{
  Serial.println("Beat!");
}

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.print("Initializing pulse oximeter..");

  // Initialize the PulseOximeter instance
}

Subido
El Sketch usa 11322 bytes (4%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 253952 bytes.
Las variables Globales usan 755 bytes (9%) de la memoria dinámica, dejando 7437 bytes para las variables locales. El máximo es 8192 bytes.

64 Arduino Mega or Mega 2560 en COM5
26°C
Prac. despejado
Búsqueda
ESP LAA
20:24
03/11/2023

```

**Nota. Fuente** [Autor]

*Con la implementación de la programación ajustada, se logró mejorar la precisión en la lectura del sensor 30100, lo que resultó en una mayor estabilidad del sensor. Este ajuste permitió obtener mediciones más precisas y confiables, lo que es fundamental en aplicaciones donde la exactitud de los datos del sensor es crucial.*

console.thinger.io/console/buckets/Monitor\_iot/data

Buckets > Monitor\_iot > Data

Refresh Last 24 hours

Date	FR	PULSO	SPO2	TEMPERATURA	PESO
4/11/2023, 10:29:09	NC	90	97	50	
4/11/2023, 10:28:09	NC	90	97	50	
4/11/2023, 10:27:10	NC	90	97	0	
4/11/2023, 10:26:10	NC	90	97	0	
4/11/2023, 10:25:10	NC	90	97	0	
4/11/2023, 10:24:10	NC	90	97	0	
4/11/2023, 10:23:10	NC	90	97	0	
4/11/2023, 10:21:42	0	0	0	0	
4/11/2023, 10:20:42	0	0	0	0	
4/11/2023, 10:18:33	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:17:33	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:16:31	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:15:31	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:14:30	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:13:31	45	45	45	45	
4/11/2023, 10:12:11	45	45	45	45	

THINGER.IO © 2023 5.3.6-beta

### ***Nota. Fuente [Autor]***

*Mediante la implementación de una conexión inalámbrica WiFi, logramos exitosamente transmitir los datos adquiridos por los sensores Max30100 y Max6657 a la plataforma de Thinger. Esto permite la visualización en tiempo real y el registro de los datos obtenidos de manera remota, lo que facilita el monitoreo y análisis de información crítica de los sensores en un entorno profesional. Esta solución posibilita la captura y gestión eficiente de datos de sensores, lo que puede ser de gran utilidad en aplicaciones médicas.*

<i>Tabla 2 Resultados de validación de SpO2 con el simulador</i>		
Sensor Max30100 (%)	Patro Fluke Prosim 8 SpO2 (%)	Error relativo (%)
75	76	1.33
80	81	1.25
85	84	1.18
90	89	1.11
95	94	1.05
100	100	0.00

<i>Tabla 3 Resultados de validación de temperatura con el simulador</i>		
Sensor de Temperatura Max6657	Patron de Temperatura RTC Ametek Jofra	Error relativo (C°)
36	35,7	0,3
36	35,7	0,3
37	36,8	0,2
37	36,8	0,2
40	39,7	0,3
40	39,7	0,3

**Tabla 4** Resultados de validación de presión arterial no invasiva con el simulador

Esfigmomanómetro Digital	Patron de Temperatura RTC Ametek Jofra	Desviación
50	49,8	0,2
100	101,0	-1
150	149,8	0,2
200	199,8	0,2
220	218,9	1,1
250	249,8	0,2

## **Conclusiones y Recomendaciones**

La experiencia de utilizar el dispositivo cumplió satisfactoriamente con los objetivos previamente establecidos para el propósito específico de nuestro proyecto. Los resultados obtenidos estuvieron en línea con las expectativas, confirmadas a través de rigurosas pruebas de funcionamiento realizadas durante el desarrollo del proyecto.

Una recomendación valiosa para mejorar este proyecto sería la inclusión de la capacidad de transmitir datos de presión arterial. Esto ampliaría la funcionalidad del sistema al permitir la monitorización de la presión arterial, lo que podría ser de gran utilidad en aplicaciones médicas y de salud. La integración de esta característica en el sistema mejoraría su versatilidad y proporcionaría datos de salud adicionales para un análisis más completo y preciso sistema.

## Referencias

1. Arduino. (27 de septiembre de 2018). Arduino. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-mkr-wifi-1010>
2. Aplicación del Internet de las Cosas al Monitoreo de Signos Vitales para Enfermedades Crónicas (23/Diciembre/2020) GESLEY TARAZONA CHRISTIAN ACOSTA XIOMARA GONZÁLEZ
3. ALEJANDRO PIZANO  
[http://cinergiaug.org/Revista/VI\\_2020/RIE\\_VIII\\_N1\\_Dic2020\\_9.pdf](http://cinergiaug.org/Revista/VI_2020/RIE_VIII_N1_Dic2020_9.pdf)
4. Becerra-Tapia, V., Téllez-Victoria, V., Peñalosa-Mendoza, G. R., & Castro-Zenil, M. S. (2023). Asistente de signos vitales para la atención prehospitalaria. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 11(Especial2), 152-160.  
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/10720/10536>
5. José Ignacio Vega Mario Alberto Lagos Acosta Francisco Javier Sánchez Rangel José Francisco Cosme Aceves (23/noviembre/2019) MONITOREO DE SIGNOS VITALES USANDO IoT  
<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2100/1660>
6. González-Lorence, A. (2020, February). SISTEMA DE IOT PARA TELE-ASISTENCIA MÉDICA ESPECIALIZADA EN TIEMPO REAL. In [GKA TECHNO 2020] Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad <http://hdl.handle.net/123456789/34970>
7. Ramos, E. A. M., & Reyes, M. A. B. (2021). Implementación de un Sistema de Monitoreo a nivel de prototipo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes. *Interfases*, (14), 17-40.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8357729>

8. Crista Vega, C., Sanmartin, & Samir Agudelo, S., Cardenas. (2022). *Diseño de un Prototipo de Monitoreo de Signos Vitales y Masa Corporal para el Laboratorio de Ingeniería Biomédica de la Corporación Universitaria Reformada* [Trabajo de grado como prerequisite como obtención del grado de Ingeniero biomédico]. Corporación Universitaria Reformada.
9. Jose Mannsbach, J., Ospina, & Omar Esteban Ubarnes, O., Vidal. (2019). *DISEÑO DE UN DISPOSITIVO DE FACTORES DE RIESGO EN SALUD PARA USO PREVENTIVO EN LA CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REFORMADA*. [TRABAJO DE GRADO COMO PRE-REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO BIOMÉDICO.]. CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA.
10. *C21 CM22 EQ1-microcontroladores*. (s. f.). PDF.  
<https://www.slideshare.net/TaichiYagami1/c21-cm22-eq1microcontroladores>
11. Escomez, R. I. (2022). *Clases de sensores*. (Revista educativa). Cursos Online Web.  
Recuperado de: <https://cursosonlineweb.com/sensores.html#ixzz7igBMB3GZ>
12. GSL industrias. (2021). *QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR* (Blog). Industrias GSL.  
recuperado de:  
[https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que\\_es\\_un\\_microcontrolador](https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que_es_un_microcontrolador)  
[23/10/2022]
13. Del Valle, L. (2021). *Amplificador HX711 con Arduino para crear una báscula digital*. (Blog). Recuperado de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/hx711-arduino-bascula-digital/>

14. Del Valle, L. (2021). *Termómetro infrarrojo con Arduino MLX90614*. (Blog).  
Recuperado de: <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/termometro-infrarrojo-conarduino-mlx90614/>
15. Reyes, M. A. B., & Manzano, E. A. (2021). Implementación de un sistema de monitoreo a nivel de prototipo de signos vitales: pulso, temperatura y saturación de oxígeno para pacientes. *Interfases*, 014. <https://doi.org/10.26439/interfases2021.n014.5168>
16. Iat, & Iat. (2023, 30 mayo). *IoT en medicina. Qué es y ejemplos de aplicaciones*. IAT. <https://iat.es/tecnologias/internet-de-las-cosas-iot/medicina/>
17. *INGENIERÍA DE DETALLE DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA y OTRO DE NIVEL*. (s. f.). PDF.  
<https://es.slideshare.net/santiagoescruciariadelpino/primera-asignacin-finis>
18. *¿Dónde se utilizan los transductores?* (s. f.). <https://todosloshechos.es/donde-se-utilizan-los-transductores>
19. *C21 CM22 EQ1-microcontroladores*. (s. f.). PDF.  
<https://es.slideshare.net/TaichiYagami1/c21-cm22-eq1microcontroladores>
20. *RUIDERA :: Login*. (s. f.).  
<https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/4222/TFG%20Juan%20Manuel%20Pu%c3%b1al%20Bargue%c3%b1o%202014.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
21. *Física (5)*. (2023, 16 mayo). Significados. <https://www.significados.com/categoria-fisica/5/>
22. Jo\_c. (s. f.). *Calor y temperatura*. <https://calortemperatura1.blogspot.com/>

23. *4 Principales variables de control de procesos, temp, nivel, flujo y presion.* (s. f.). PDF. <https://es.slideshare.net/josejoaqui/4-principales-variables-de-control-de-procesos-temp-nivel-flujo-y-presion>
24. Juan Benavides, J., Segura, & Jorge Gonzales, J., Gomez. (2023). *SISTEMA EN ELECTRÓNICA IMPRESA PARA EL MONITOREO DE TEMPERATURA CORPORAL, RITMO CARDIACO, FRECUENCIA RESPIRATORIA Y SATURACIÓN DE OXÍGENO EN RECIÉN NACIDOS* [Tesis de grado]. UNIVERSIDAD EL BOSQUE.
25. Lorena Solarte, L., Fajardo. (2013). *DISPOSITIVO INALÁMBRICO PARA LA MEDICIÓN DE FRECUENCIA RESPIRATORIA* [Tesis de grado]. ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA UNIVERSIDAD CES.

## Anexos

*Tabla de Gastos*

Arduino mega	\$71.000	\$75.000\$
Módulo Inalámbrico Wifi Esp8266	\$20.000	\$30.000\$
Max6675 sensor	\$17.000	\$25.000\$
Max30100	\$21.000	\$34.000\$
Esfigmomanómetro Digital	\$100.000	\$217.000\$
Sensor MQ-3	\$14.000	20.000
<b>TOTAL</b>	<b>\$243.000</b>	<b>\$401.000</b>