



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CAMPUS SAN JUAN DEL RÍO



Diseño y desarrollo del dispositivo TERMOFINGER-MX basado en IOT para medición de temperatura sin contacto

T E S I S

Como parte de los requisitos para obtener el título de

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Línea Terminal

MECATRÓNICA

Presenta

FRANCISCO EMILIANO SÁNCHEZ CALLEJAS

Dirigido por:

DR. IRVING ARMANDO CRUZ ALBARRÁN

San Juan del Río, Qro. febrero 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Diseño y desarrollo del dispositivo TERMOFINGER-MX
basado en IOT para medición de temperatura sin
contacto

por

Francisco Emiliano Sánchez Callejas

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: IGLIN-265784-0123-1122



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CAMPUS SAN JUAN DEL RÍO



Diseño y desarrollo del dispositivo TERMOFINGER-MX basado en IOT para medición de temperatura sin contacto

TESIS

Como parte de los requisitos para obtener el título de

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

Línea Terminal

MECATRÓNICA

Presenta

FRANCISCO EMILIANO SÁNCHEZ CALLEJAS

Dirigido por:

DR. IRVING ARMANDO CRUZ ALBARRÁN

SINODALES:

DR. IRVING ARMANDO CRUZ ALBARRÁN (15483)
Presidente

DR. LUIS ALBERTO MORALES HERNÁNDEZ (6284)
Secretario

DR. EMMANUEL RESÉNDIZ OCHOA (17415)
Vocal

DR. CARLOS ANDRÉS PÉREZ RAMÍREZ (14209)
Suplente

San Juan del Río, Qro. febrero 2023

RESUMEN

Definido por la Organización Mundial de la Salud como “la epidemia del siglo XXI”, el estrés es una reacción fisiológica del organismo en el que diferentes mecanismos actúan para afrontar una situación que se percibe como amenazante o de demanda excesiva. El cuerpo humano reacciona a través de diferentes variables, tales como, la temperatura cutánea, la conductividad de la piel, la sudoración, entre otros. Por lo que, estas variables se conocen como biomarcadores, los cuales son indicadores que se pueden medir a través de algún proceso. Por lo que, el objetivo de este trabajo es diseñar y desarrollar un dispositivo denominado TERMOFINGER-MX basado en IoT, para la medición de temperatura sin contacto en los dedos de las manos. Por lo tanto, esta alternativa se modela como un dispositivo y una App de Android, capaz de medir la temperatura a través de un sensor infrarrojo sin contacto. Por medio de un microcontrolador y un módulo de Bluetooth, se obtienen los valores de temperatura en la App, la cual, permite seleccionar los tiempos de muestreo y generar un documento por medio de un sistema basado en el Internet de las Cosas, lo que permite recopilar información sobre el usuario sin causarle molestias y en periodos de tiempo cortos, además de visualizar los cambios de temperatura durante dicho periodo. Se generó y desarrolló el dispositivo desde su modelo en 3D, hasta su prototipo físico, además del desarrollo y programación de la App donde se obtuvo un documento de texto con las muestras de temperatura a lo largo de un tiempo especificado. Finalmente, se realizaron pruebas clínicas a un grupo de mujeres clínicas, donde se corroboró el funcionamiento del dispositivo TERMOFINGER-MX. Tanto la App como el dispositivo permiten medir la temperatura de manera sin contacto, cumpliendo las condiciones requeridas de diseño y uso de Bluetooth para cumplir el objetivo.

Palabras clave: temperatura, biomarcador, sensor sin contacto, estrés, infrarrojo, IoT.

ABSTRACT

Defined by the World Health Organization as "the epidemic of the 21st century", stress is a physiological reaction of the organism in which different mechanisms act to confront a situation perceived as threatening or of excessive demand. The human body reacts through variables such as skin temperature, conductivity, sweating, etc. These variables, known as biomarkers, are indicators that, through some process, can be measured. Therefore, this work objective is to design and develop a device called TERMOFINGER-MX based on IoT for non-contact temperature measurement in the fingers of the hands. This alternative is an Android device and App capable of measuring temperature through a contactless infrared sensor. Using a microcontroller and a Bluetooth module, the temperature values in the App, which allow the selection of the sampling times and generate a document through a system based on the Internet of Things, which allows collecting information about the user without causing discomfort and in short periods, in addition to visualizing the temperature changes during that period. The device was generated and developed from its 3D model to its physical prototype, in addition to the development and App development, obtaining a text document with the temperature samples over a specified time. Finally, experts in psychology performed tests on a group of women to corroborate the functionality of the TERMOFINGER-MX device. Both the App and the device allow contactless temperature measurement, fulfilling the required conditions of design and use of Bluetooth to meet the objective.

Keywords: temperature, biomarker, non-contact sensor, stress, infrared, IoT.

“Una única oportunidad es una galaxia de esperanza”

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi yo del pasado, que a lo largo de la licenciatura pensaba que no sabía nada sobre la carrera, y este trabajo es la prueba de que definitivamente estaba equivocado.

A mi mamá, Ma. del Rosario Callejas Ríos, y a mi papá, Francisco Joel Sánchez Sánchez; quienes con su amor, cariño y trabajo me han apoyado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Leonardo y Diego, y a mi hermana Helena.

A mi novia Jimena quien, con su amor, cariño, su tiempo y su atención; me motiva a seguir y que junto conmigo se emociona por mis logros.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por la educación que tengo, tanto académica como personal, ya que con su esfuerzo y trabajo tuve la oportunidad de elegir una carrera que me motivara.

A mis hermanos por dejarme utilizarlos como sujetos de pruebas en el prototipo de este proyecto.

A mi novia, por su tiempo escuchándome hablar de este proyecto.

Agradezco a mis docentes por transmitirme los conocimientos necesarios que me permitieron desarrollarme a lo largo de la licenciatura y para la realización de este proyecto.

Al Dr. Irving Armando Cruz Albarrán por su apoyo a lo largo de este proceso, por su amistad y sus consejos, y por ver algo en mí que me permitiera ser parte de su grupo de trabajo. Además de su tiempo en la realización y revisión de este proyecto.

Al Dr. Luis Alberto Morales Hernández por su apoyo a lo largo de la licenciatura y en el proceso de titulación. Así como por creer en mí y permitirme ser parte de su grupo de trabajo.

A mis sinodales, el Dr. Emmanuel y el Dr. Carlos por su tiempo y comentarios en la revisión de este proyecto.

A mis amigos, quienes al pasar del tiempo hicieron de la licenciatura algo más sencillo.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por permitirme ser parte de esta institución y a la Facultad de Ingeniería por brindarme las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional y académico.

Al Dr. Benjamín Domínguez Trejo, líder del grupo de investigación Mente-Cuerpo de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a sus colaboradores, por el apoyo brindado a través del proyecto PAPIIT3003232.

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------|-----------|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | II |
| AGRADECIMIENTOS | V |
| DEDICATORIA | IV |
| ÍNDICE | VI |
| ÍNDICE DE FIGURAS | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS | XI |

CAPÍTULO 1

| | |
|---|----------|
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 ANTECEDENTES | 3 |
| 1.2 OBJETIVOS | 7 |
| 1.2.1 Objetivo general | 7 |
| 1.2.2 Objetivos particulares | 7 |
| 1.3 HIPÓTESIS..... | 7 |
| 1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 7 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN | 8 |
| 1.6 RESTRICCIONES DE DISEÑO..... | 9 |
| 1.7 NORMAS Y ESTÁNDARES INDUSTRIALES | 9 |
| 1.7.1 NORMA Oficial Mexicana NOM-241-SSA1-2021, Buenas prácticas de fabricación de dispositivos médicos..... | 9 |
| 1.7.2 NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos..... | 10 |

CAPÍTULO 2

| | |
|---|-----------|
| 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 11 |
| 2.1 TEMPERATURA CORPORAL..... | 11 |
| 2.2 INTERNET DE LAS COSAS (IOT)..... | 11 |
| 2.3 SENSOR DE TEMPERATURA INFRARROJO SIN CONTACTO | 12 |
| 2.4 ARDUINO PRO MINI | 14 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 2.5 | MÓDULO BLUETOOTH HC-06 | 14 |
| 2.6 | APLICACIÓN ANDROID | 15 |
| 2.7 | IMPRESIÓN 3D | 16 |
| CAPÍTULO 3 | | |
| 3 | METODOLOGÍA | 17 |
| 3.1 | ÉTICA DEL ESTUDIO | 17 |
| 3.2 | DESARROLLO DEL DISPOSITIVO DE MUESTREO | 18 |
| 3.2.1 | Diseño previo de la carcasa | 21 |
| 3.2.2 | Diseño actual de la carcasa | 23 |
| 3.3 | DESARROLLO DE LA APP | 25 |
| 3.3.1 | Diseño previo de la App | 25 |
| 3.3.2 | Diseño actual de la App | 26 |
| 3.4 | PRUEBAS DEL SISTEMA | 29 |
| CAPÍTULO 4 | | |
| 4 | RESULTADOS | 31 |
| 4.1 | DEL DISPOSITIVO | 31 |
| 4.2 | DE LA APP | 36 |
| 4.3 | DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA | 40 |
| CAPÍTULO 5 | | |
| 5 | CONCLUSIONES | 42 |
| 5.1 | PROSPECTIVAS | 43 |
| 6 | REFERENCIAS | 44 |
| 7 | ANEXOS | 48 |
| 7.1 | DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APP TERMOFINGER-MX | 48 |
| 7.1.1 | Diagrama general | 48 |
| 7.1.2 | Para la pantalla “Introducir datos” | 49 |
| 7.1.3 | Para la pantalla “Toma de temperatura” | 50 |
| 7.2 | USO DE LA APP Y DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX: MANUAL DE USUARIO | 51 |
| 7.2.1 | Diagrama | 51 |
| 7.2.2 | Uso del dispositivo | 51 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.2.3 | Carga de la batería | 52 |
| 7.2.4 | Instalación..... | 52 |
| 7.2.5 | Generación de datos..... | 54 |
| 7.2.6 | Muestreo | 57 |
| 7.2.7 | Selección de los rangos de medición..... | 58 |
| 7.2.8 | Envío de los datos..... | 60 |
| 7.2.9 | Salir de la App. | 62 |
| 7.3 | CÓDIGO DE LA APP TERMOFINGER-MX EN APP INVENTOR 2..... | 63 |
| 7.3.1 | Pantalla principal | 63 |
| 7.3.2 | Pantalla “Introducir los datos” | 63 |
| 7.3.3 | Pantalla “Toma de temperatura” | 67 |
| 7.4 | CÓDIGO DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX | 72 |
| 7.5 | CIRCUITO DEL DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX | 73 |
| 7.5.1 | Circuito general | 73 |
| 7.5.2 | Circuito de alimentación..... | 73 |
| 7.5.3 | Circuito de monitoreo..... | 74 |
| 7.5.4 | Circuito de comunicación..... | 74 |
| 7.6 | CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO | 75 |
| 7.7 | CARTA DE CONFIDENCIALIDAD | 77 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2-1: Sistema IoT..... | 12 |
| Figura 2-2: Sensor MLX90614..... | 13 |
| Figura 2-3: Precisión del sensor a diferentes temperaturas ambiente (MLX90614, s. f.) | 13 |
| Figura 2-4: Arduino Pro Mini..... | 14 |
| Figura 2-5: Modulo Bluetooth HC-06..... | 15 |
| Figura 2-6: Logo de Android. (Android logo, s. f.)..... | 15 |
| Figura 3-1: Metodología del proyecto | 17 |
| Figura 3-2: Componentes del dispositivo..... | 19 |
| Figura 3-3: Ciclo de carga de la batería (WooCommerce, s. f.)..... | 20 |
| Figura 3-4: Diseño previo del dispositivo | 21 |
| Figura 3-5: Componentes del dispositivo..... | 22 |
| Figura 3-6: Ubicación de los componentes | 22 |
| Figura 3-7: Modelo cerrado del dispositivo | 23 |
| Figura 3-8: Posición de la mano..... | 23 |
| Figura 3-9: Dimensiones del dispositivo en metros | 24 |
| Figura 3-10: Diseño final del dispositivo | 24 |
| Figura 3-11: Pantalla principal (Primer versión de la app) | 25 |
| Figura 3-12: Pantalla de datos (primera versión de la app)..... | 26 |
| Figura 3-13: Pantalla de inicio..... | 26 |
| Figura 3-14: Ventana "Introducir datos" | 27 |
| Figura 3-15: Ventana: "Toma de temperatura" | 29 |
| Figura 4-1: Circuito en la placa de pruebas | 31 |
| Figura 4-2: Impresión en 3D de la tapa del dispositivo..... | 33 |
| Figura 4-3: Impresión en 3D de la base del dispositivo | 33 |
| Figura 4-4: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista superior) | 34 |
| Figura 4-5: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista lateral) | 34 |
| Figura 4-6: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista en isométrico)..... | 35 |
| Figura 4-7: Posición de la mano..... | 35 |
| Figura 4-8: Posición de muestreo | 36 |
| Figura 4-9: App instalada en Smartphone de 6.6 in | 37 |

| | |
|--|----|
| Figura 4-10: App instalada en Tablet de 8.7 in | 37 |
| Figura 4-11: Pantalla de la app..... | 38 |
| Figura 4-12: Datos a compartir..... | 39 |
| Figura 4-13: Documento de texto generado por la app | 40 |
| Figura 4-14: Gráfica de temperatura P1.1 | 41 |
| Figura 4-15: Gráfica de temperatura P1.2 | 41 |
| Figura 7-1: Diagrama de elementos del dispositivo TERMOFINGER-MX | 51 |
| Figura 7-2: Instalación, Conexión a Bluetooth..... | 52 |
| Figura 7-3: Conexión al dispositivo | 52 |
| Figura 7-4: Vinculación al dispositivo | 53 |
| Figura 7-5: Instalación de la App A | 53 |
| Figura 7-6: Instalación de la App B..... | 53 |
| Figura 7-7: Abrir la App..... | 54 |
| Figura 7-8: Botón "Introducir datos" | 55 |
| Figura 7-9: Pantalla "Introducir datos" | 55 |
| Figura 7-10: Botón "Guardar datos" | 56 |
| Figura 7-11: Botón "Toma de temperatura" | 57 |
| Figura 7-12: Conexión al dispositivo desde la App | 57 |
| Figura 7-13: Recopilación de temperatura ambiente..... | 58 |
| Figura 7-14: Selección de los rangos de medición..... | 58 |
| Figura 7-15: Botón "Iniciar" | 59 |
| Figura 7-16: Botón "Detener"..... | 59 |
| Figura 7-17: Muestreo finalizado | 60 |
| Figura 7-18: Compartir datos | 61 |
| Figura 7-19: Método de compartir los datos | 61 |
| Figura 7-20: Visualización de los datos | 62 |
| Figura 7-21: Botón "Salir" | 62 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Comparación de los dispositivos similares en el mercado | 3 |
| Tabla 2: Comparación de temperaturas | 32 |
| Tabla 3: Características principales del sensor TERMOFINGER-MX..... | 36 |

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha concentrado más atención en el estrés y sus efectos sobre el cuerpo humano, observando el comportamiento y las reacciones de este ante situaciones estimulantes. Para tratar de entender su comportamiento fisiológico se ha hecho de los biomarcadores tales como, la temperatura cutánea, la conductividad de la piel, la sudoración, entre otros; que permiten tener conocimiento y funcionamiento del cuerpo con parámetros cuantificables.

Actualmente, la temperatura cutánea ha sido usada como biomarcador, ya que puede visualizar el comportamiento del organismo ante diferentes situaciones, además, de que se pueden tomar en diferentes zonas del cuerpo. Con esto en mente es posible desarrollar diversos medios para tomar y documentar estos cambios de temperatura.

A lo largo de este documento se presenta el diseño, desarrollo y pruebas del dispositivo y App TERMOFINGER-MX basado en IoT, para la medición de temperatura en los dedos de las manos. Donde los contenidos que aborda el presente documento están organizados de la siguiente manera: en el Capítulo 1 se mencionan los objetivos, el planteamiento y justificación del problema, así como restricciones de diseño, que, dan pauta al desarrollo de este proyecto de tesis. En el Capítulo 2, se describe la fundamentación teórica que, con base en estos conceptos importantes para el entendimiento de este documento, se desarrolla el mismo. Mientras que, en el Capítulo 3, se muestra la metodología seguida en el diseño desarrollo del dispositivo, la App y las pruebas necesarias para validar los mismos. Por otra parte, en el Capítulo 4, se presentan los resultados del desarrollo del dispositivo y la App, así como los datos obtenidos por los mismos. Finalmente, en el Capítulo 5, se discuten las conclusiones del desarrollo de la tesis y además se comentan diferentes perspectivas para la mejora tanto del dispositivo como de la App.

Es importante mencionar que el presente trabajo se desarrolló en conjunto con un grupo de investigación multidisciplinario e interinstitucional donde los requerimientos son determinados por representantes de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM),

el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma de Metropolitana (UAM), la Universidad de Colima y el Hospital Zaragoza de la Ciudad de México. Mientras que el desarrollo de una App de nombre TERMOFINGER-MX así como un dispositivo sensor para dicha App está a cargo de los representantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro.

1.1 ANTECEDENTES

Al interactuar con un entorno, un organismo tiende a regular sus constantes biológicas, lo cual es llamado equilibrio homeostático (Franco, 2015), pero de presentarse una situación de demanda, este equilibrio llega a romperse lo cual genera una respuesta por parte del sistema nervioso que, a través de neurotransmisores, alerta a cada parte del cuerpo, y el sistema endocrino, que genera en diferentes secciones, respuestas por medio de glándulas endocrinas y hormonas. Dichas respuestas en conjunto generan un cambio fisiológico en el organismo, produciendo biomarcadores que se representan con mediciones anatómicas, eléctricas, térmicas, endocrinas, entre otras. Teniendo así, datos más objetivos, sin embargo, algunas de éstas suelen ser invasivas, afectando directamente al sujeto.

El estrés negativo, puede provocar daños al individuo, desde una desestabilización de su organismo, hasta enfermedades como la diabetes, la hipertensión, el asma, afecciones estomacales, dolores musculares, dolores de cabeza, entre otros (Ocaña-Méndez, 1998); donde si no es la causa directa, si tiende a generar un estado de debilitamiento y vulnerabilidad. Actualmente, el estrés es una de las afecciones más comunes en los seres humanos, por lo cual se han realizado múltiples estudios para poder cuantificar los cambios que provoca en un organismo ya que las consecuencias del estrés pueden ser muy variadas, por lo que se necesitan datos más objetivos para tener una mejor comprensión de sus efectos, además de múltiples propuestas para generar situaciones de estrés controladas.

Existen diferentes maneras de realizar una medición del nivel de estrés de un individuo, las cuales son: la medición del estímulo estresante, la medición de la percepción del estímulo y la medición de los cambios fisiológicos en el sujeto (Regueiro, 2018). Por ejemplo, se han realizado estudios por parte de Sedano, et al. (2012), utilizando como variable la conductividad eléctrica de la piel, donde se utilizan electrodos galvánicos para medir la resistencia de la piel, encontrando que existe una variación de conductividad al someterse ante un estímulo de estrés.

Sin embargo, al realizar estudios no invasivos, la temperatura cutánea suele ser un parámetro fisiológico comúnmente utilizado para realizar estudios sobre el estrés, ya que, cualquier cambio en el individuo está regulado por su mismo sistema, lo que genera una respuesta diferente antes y después de algún estímulo estresante (Garzón-Rey y Aguiló, 2017).

Gómez (2020) menciona que, se ha utilizado la termografía para determinar las respuestas fisiológicas de las personas al mentir, generando una relación entre el cambio de temperatura en zonas de la cara, con el estado mental y los sentimientos de una persona, ahora bien, de acuerdo con Rodríguez et al. (2018), existen pruebas realizadas en seres humanos donde se registra que la temperatura en la nariz aumenta al recibir un estímulo agradable, mientras que disminuye al recibir un estímulo desagradable, en donde se utilizaron sensores infrarrojos de temperatura sin contacto para realizar las lecturas correspondientes, así como el método TSST (Tier Social Stress Test), que, como menciona Allen et al. (2017), es una prueba de estrés social donde se prepara y estimula al participante a una situación de estrés la cual consta de realizar una presentación frente a un grupo de gente que no da una retroalimentación de modo que se evalúa el efecto y respuesta del estrés en diferentes biomarcadores.

Del mismo modo, Cruz-Albarrán et al. (2018) registra el cambio de temperatura de las manos de los participantes por medio del análisis de imágenes termográficas, las cuales permiten trabajar de forma no invasiva, apoyándose en el método TSST para generar el estímulo de estrés, y utilizando procesos matemáticos y de identificación de imágenes para determinar las zonas de interés de los pacientes, encontrando que hay una variación de temperatura en las palma de las manos y la punta de los dedos, donde influyen factores como el sexo del participante para determinar esta diferencia entre antes y después del estímulo.

Varios dispositivos desarrollados por investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro para el área de la salud se han enfocado en resolver problemas similares, donde el costo y funcionamiento de los dispositivos utilizados comúnmente en las investigaciones no son óptimos para satisfacer completamente los objetivos de estas. Un ejemplo de ello es el sistema desarrollado para análisis y diagnóstico de alteraciones de la marcha por Cedeño-Moreno, (2021) por medio de un sistema basado en machine learning. En esta investigación, pese a que lograron sus resultados esperados, mencionan la dificultad de realizar pruebas físicas debido a la pandemia de COVID-19 lo cual redujo la posibilidad de obtener una mayor cantidad de datos de interés.

Dentro del mercado se encuentran diferentes tecnologías capaces de medir la temperatura por medio de sensores infrarrojos. Una de estas son las cámaras termográficas, los cuales son

instrumentos que muestran en una pantalla, una imagen de radiación calorífica en el espectro que capta (Cámaras de Termografía, s. f.-a), por lo que estos dispositivos tienen una alta gama de utilidad en diversos sectores, además de presentar una gran cantidad de ventajas al tener rangos de medición de entre -20 y 350°C (Cámaras de Termografía, s. f.-b) y permitir inspeccionar áreas sin la necesidad de detener un proceso.

Algunos ejemplos de las cámaras termográficas dentro del mercado son las desarrolladas por las marcas Fluke, Flir y Testo, las cuales proveen diferentes opciones de equipos según las necesidades del usuario, sin embargo, el funcionamiento general es similar. Sin embargo, estos dispositivos son de un uso más profesional por lo que se requiere un mayor presupuesto con precios de \$5,000 MXN en adelante; y una capacitación mayor para utilizarlos.

Por otro lado, dentro de las tecnologías más comunes, existen los smartwatch o relojes inteligentes, que, al ser desarrollados en un enfoque al deporte, cuentan con tecnologías que permiten la medición de la temperatura, así como otras variables de interés dentro dicho enfoque. Algunas marcas de estos dispositivos son: Amazfit o Fitbit, con sus diferentes modelos respectivamente; estos relojes inteligentes permiten el seguimiento de diferentes variables como son el nivel de oxígeno de la sangre, la variabilidad de la frecuencia cardiaca, monitoreo de sueño y la variación de temperatura que, detecta cambios en la temperatura cutánea que pueden estar relacionados con la actividad, alguna enfermedad, el ciclo menstrual y otras cosas. Sin embargo, como menciona la página oficial de la marca Fitbit, “esta función no está diseñada con fines médicos; los cambios significativos en la temperatura ambiente pueden afectar negativamente el monitoreo de la temperatura cutánea” (Smartwatch de salud avanzado Fitbit Sense, s. f.).

Además de estas tecnologías previamente mencionadas, también se cuentan con dispositivos como los termómetros láser, los cuales cuentan con un sensor óptico que, por medio del espectro infrarrojo, captan la temperatura del objeto al que se le apunta (Termómetro láser, 2022). Dentro del mercado, estos dispositivos cuentan con una gran variedad de marcas y modelos, lo cual permite seleccionar el que mejor se adapte a la necesidad del usuario, existen diferentes marcas como Fluke, Bosch y Testo. Pese a que cuentan con un gran rango de medición, la principal desventaja de estos dispositivos es que son mediciones únicas y solamente obtienen la temperatura de un objeto en específico, además de que la medición

puede verse afectada por las condiciones ambientales de la zona en la que se realice la medición. Finalmente se presenta la Tabla 1, la cual condensa la información previamente mencionada en los puntos de interés para este desarrollo.

Tabla 1: Comparación de los dispositivos similares en el mercado

| DISPOSITIVOS EN EL MERCADO | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------------|-------------------|----------------|----------|----------------------|-----------------|
| Producto | Bajo costo | Fácil transporte | IoT | Precisión alta | Invasivo | Complejo de utilizar | Tipo de sensor |
| Cámaras termográficas | NO | NO | Depende el modelo | SI | NO | SI | infrarrojo |
| Smartwatch | NO | SI | SI | NO | SI | NO | electro dérmico |
| Termómetros láser | SI | NO | NO | NO | NO | NO | infrarrojo |

En este proyecto se propone un sensor de temperatura infrarrojo sin contacto para medir el estrés utilizando una aplicación móvil conectada por medio de Bluetooth al microcontrolador que recibe los datos del sensor. Esto permite almacenar datos en diferentes periodos de tiempo, una identificación de los datos por edad y sexo de los sujetos, así como un seguimiento de la evolución de los datos de cada uno de ellos por el tiempo que se proponga en el estudio, aplicando las ventajas de un sistema basado en IoT.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un sensor sin contacto de temperatura basado en el IoT para medición de estrés, capaz de enviar información por medio de Bluetooth a una app de Android.

1.2.2 Objetivos particulares

Construir un circuito que permita el muestreo de los datos de temperatura y su envío a partir de un sensor de temperatura infrarrojo y el uso de Bluetooth.

Desarrollar una aplicación móvil denominada TERMOFINGER-MX que permita conectarse con el dispositivo de muestreo, obtener datos sobre el usuario y enviar dichos datos a través de aplicaciones externas, finalmente, utilizar métodos gráficos que permitan al usuario observar los cambios de temperatura.

Diseñar e imprimir una carcasa ergonómica que tenga la capacidad de contener todos los elementos del dispositivo y, además, permita que este sea inalámbrico gracias al uso de una batería.

Unificar el sensor sin contacto de temperatura con la App TERMOFINGER-MX por medio de Bluetooth de modo que, se cierre el sistema basado en IoT.

Realizar pruebas de usabilidad y experiencia del usuario tanto del sensor no invasivo como de la app TERMOFINGER-MX.

1.3 HIPÓTESIS

Con base en un sistema IoT se puede desarrollar un dispositivo sin contacto capaz de generar registros de temperatura en la punta de los dedos de las manos, en intervalos de tiempo a través de un sensor infrarrojo y una App.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del estudio del comportamiento del cuerpo humano ante un estímulo, se requieren tecnologías capaces de cuantificar estas reacciones. Dichas tecnologías como las cámaras termográficas, los termómetros laser o los termómetros infrarrojos, suelen ser de altos costos, invasivos, no lo suficientemente precisos, o tienen limitaciones al transportarse o instalarse

en los lugares de estudio, además de, requerir un nivel de conocimientos específicos para utilizarlos.

A pesar de que existen dispositivos capaces de generar muestreos de temperatura de forma correcta, estos sistemas presentan una complejidad, debido a que limitan al usuario, teniendo como dependencia al personal capacitado para el manejo de los equipos.

Otro de los problemas que genera el uso de estos equipos es su alto costo, ya que, al ser equipo especializado, el usuario requiere un presupuesto mayor, lo cual puede limitar el alcance de los estudios. Actualmente, un factor diferente que complica realizar estudios de manera presencial es el realizar pruebas a varios individuos, ya que las medidas tomadas por la pandemia de COVID-19 limitan el espacio de aplicación, el grupo de estudio y el tiempo para realizarlo.

Al realizarse estudios, los documentos utilizados para recabar la información, usualmente no permiten mostrar una evolución de las temperaturas de los individuos, evitando que el usuario conozca el comportamiento a lo largo del estudio, además de que al no contar con algún respaldo inmediato, los datos pueden perderse, y al no contar con un sistema que permita identificar a los individuos a lo largo de todo el estudio, normalmente se utilizan diferentes equipos y herramientas para la identificación del individuo por lo que el usuario puede confundirse al comparar y concatenar la información y los datos.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Se plantea el diseño y desarrollo de un dispositivo inalámbrico y portátil capaz de medir la temperatura de la punta de los dedos basándose en el uso de un sensor infrarrojo de temperatura sin contacto y el desarrollo de una aplicación móvil para dispositivos Android, utilizando tecnologías de bajo costo y permitiendo muestrear y recopilar los datos de temperatura.

El sistema desarrollado permite ser utilizado por el usuario para seguir con un protocolo de forma remota, además de tener un bajo costo. Al finalizar el estudio, la información pueda ser compartida al especialista; además, al optar por el uso de herramientas comunes, como lo es un smartphone y una App, donde el usuario no requiere una capacitación más allá de un manual de uso para poder cumplir con el objetivo, y se puede reducir el costo del estudio

donde el único material adicional que se requiere es el dispositivo. Por otra parte, el lugar de aplicación del estudio puede ser definido por el especialista y el usuario al no ser necesario salir de casa y ya que el dispositivo es inalámbrico y cuenta con una batería, permite un fácil transporte de este. En caso de que el estudio se haga en una modalidad presencial, se respetan los lineamientos de sanidad determinados como es la distancia entre el experto y el usuario.

Otra de las ventajas de este proyecto es que al generar un documento que condensa toda la información del usuario, así como los datos recabados a lo largo de todo el estudio, permite al especialista conocer específicamente las condiciones de la intervención, así como datos de interés del usuario y además observar y analizar la evolución de los datos.

1.6 RESTRICCIONES DE DISEÑO

Obtener la temperatura del cuerpo de manera precisa por medio de un dispositivo sensor que sea ergonómico.

Guardar los datos recibidos por medio de Bluetooth en un archivo de texto generado por el usuario. Además, éste podrá seleccionar el rango, así como el intervalo del muestreo por medio de una interfaz amigable.

1.7 NORMAS Y ESTÁNDARES INDUSTRIALES

Las normativas y estándares industriales que se consideraron al realizar este proyecto se muestran a continuación, donde se consideran como relevantes las cuestiones de la fabricación de dispositivos médicos y el uso de estos durante investigaciones.

1.7.1 NORMA Oficial Mexicana NOM-241-SSA1-2021, Buenas prácticas de fabricación de dispositivos médicos

Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para los procesos de diseño, desarrollo, fabricación, almacenamiento y distribución de dispositivos médicos, con base en su nivel de riesgo; con la finalidad de asegurar que éstos cumplan consistentemente con los requerimientos de calidad, seguridad y funcionalidad para ser utilizados por el consumidor final o paciente.

Esta Norma es de observancia obligatoria en el territorio nacional, para todos los establecimientos dedicados a la fabricación de dispositivos médicos, almacenes de acondicionamiento, depósito y distribución de dispositivos médicos.

Conforme a la norma el dispositivo desarrollado se clasifica dentro de la categoría de equipo médico definidos como los aparatos, accesorios e instrumental para uso específico, destinados a la atención médica, quirúrgica o a procedimientos de exploración, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de pacientes, así como aquellos para efectuar actividades de investigación biomédica, ya que solo se pretende tomar muestras de temperatura para una investigación relacionada al estrés, además de que se realiza de forma no invasiva y se considera el realizar mejoras continuamente para obtener resultados más precisos.

1.7.2 NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos

Esta norma establece los criterios normativos de carácter administrativo, ético y metodológico, que en correspondencia con la Ley General de Salud y el Reglamento en materia de investigación para la salud, son de observancia obligatoria para solicitar la autorización de proyectos o protocolos con fines de investigación, para el empleo en seres humanos de medicamentos o materiales, respecto de los cuales aún no se tenga evidencia científica suficiente de su eficacia terapéutica o rehabilitatoria o se pretenda la modificación de las indicaciones terapéuticas de productos ya conocidos, así como para la ejecución y seguimiento de dichos proyectos.

Conforme a la norma, en el desarrollo de este proyecto no se expone a ningún riesgo a los sujetos al considerar métodos no invasivos para la toma de muestras con una duración no mayor a los 10 minutos donde el sujeto en cualquier momento puede detener la prueba.

CAPÍTULO 2

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 TEMPERATURA CORPORAL

Las reacciones del cuerpo ante diferentes estímulos se denominan biomarcadores, los cuales, permiten contabilizar e interpretar sus mediciones para conocer el comportamiento del cuerpo en diferentes situaciones.

La temperatura del cuerpo es uno de estos biomarcadores, ya que al aumentar o disminuir, se puede interpretar la diferencia de temperatura como un indicador de un cambio del organismo ante un estímulo. Sin embargo, la temperatura corporal varía según la persona, la edad, las actividades físicas realizadas, la hora de muestra, la zona de medición, entre otros., sin embargo, en promedio esta temperatura se encuentra en el rango de 36.1°C a 37.2°C, donde al encontrar temperaturas mayores a los 38°C, esto se considera como fiebre, y como hipotermia a una temperatura menor a los 35°C (MedlinePlus, s. f.). Además, acorde con Kistler, et al. (1998), la temperatura en las manos está directamente relacionada con el flujo sanguíneo en las mismas, donde al aumentar el flujo, se aumenta la temperatura y viceversa, que, a su vez, la temperatura en la punta de los dedos disminuye considerablemente ante un estímulo de estrés.

2.2 INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

El Internet de las Cosas o IoT (Internet of Things) es el proceso a través de internet u otra red de comunicación donde diferentes objetos con capacidad de procesamiento de datos, uso de sensores o uso de software interaccionan (Kaspersky, 2022). Esto incluye el uso de aplicaciones móviles, dispositivos inteligentes, uso de protocolos de comunicación, entre otros. los cuales permiten en tiempo real tener el resultado de un proceso sin interacción humana en él.

Un sistema basado en el IoT se confirma, como se muestra en la Figura 2-1, por los siguientes elementos.

- **Sensores:** Recopilan los datos del entorno, por lo que, un mismo dispositivo puede tener varios sensores.
- **Conectividad:** Los datos recopilados son enviados a la nube por medio de algún tipo de conexión, como, Bluetooth, Wifi, Ethernet, entre otros.
- **Procesamiento de datos:** Una vez recibidos los datos el software los procesa según la finalidad de estos.
- **Interfaz de usuario:** Permite al usuario controlar e intervenir en el sistema, recibiendo y enviando datos a través del sistema IoT para realizar una acción.

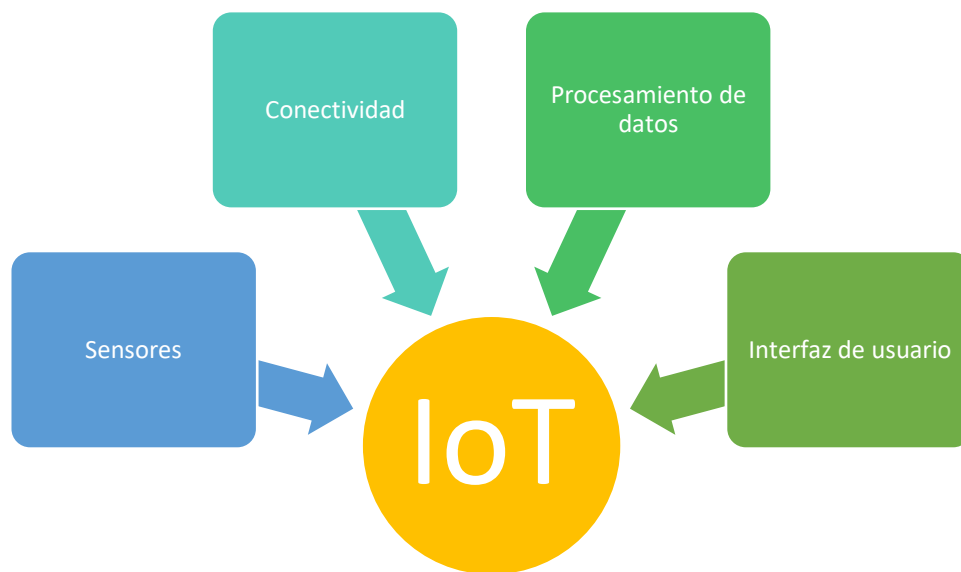


Figura 2-1: Sistema IoT

Independientemente de la aplicación del sistema IoT, estos elementos son los principales y necesarios para desarrollarlo, y las aplicaciones para este tipo de sistemas engloban una gran cantidad de posibilidades.

2.3 SENSOR DE TEMPERATURA INFRARROJO SIN CONTACTO

Acorde con la documentación mostrada en la Datasheet de MLX90614 (s.f.), el sensor infrarrojo MLX90614 es un sensor de temperatura de precisión medica sin contacto el cual tiene un rango de medición al ambiente entre -40 y 125°C , mientras que a objetos entre -70 y 380°C con una resolución de 0.02°C y precisión de 0.5°C . Se comunica por el protocolo de comunicación I²C y viene calibrado de fábrica, además, la programación referente al

sensor viene desarrollada en librerías de Arduino lo que permite un desarrollo de código más sencillo.

El sensor infrarrojo MLX90614 (Figura 2-2) es un sensor de temperatura de precisión medica sin contacto el cual tiene un rango de medición al ambiente entre -40 y 125°C , mientras que a objetos entre -70 y 380°C con una resolución de 0.02°C y precisión de 0.5°C



Figura 2-2: Sensor MLX90614

Una característica del sensor es que la precisión del dato depende de la temperatura del objeto y la temperatura ambiente, como se muestra en la Figura 2-3, sin embargo, su zona de mayor precisión se encuentra entre los rangos de 0 y 50°C para ambos casos, por lo que al estar en ambientes con temperaturas reguladas y los datos son al cuerpo humano, se trabaja sin inconvenientes con dicha precisión.

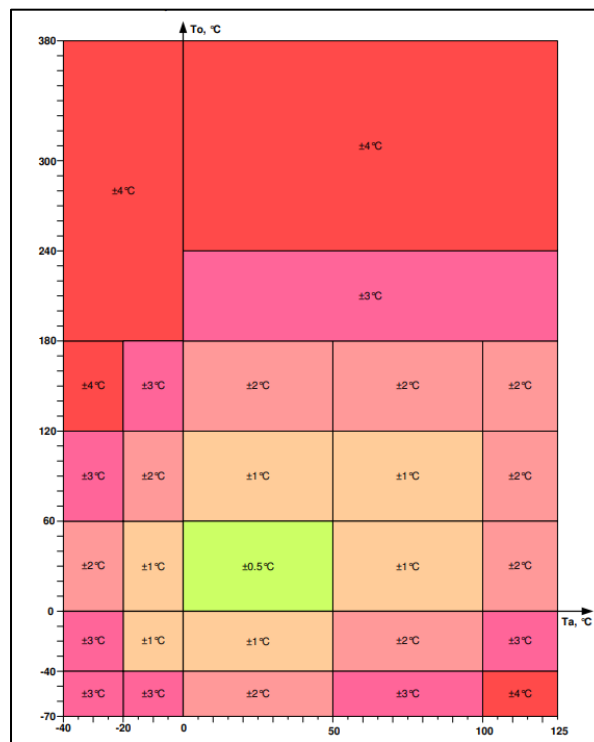


Figura 2-3: Precisión del sensor a diferentes temperaturas ambiente (MLX90614, s. f.)

2.4 ARDUINO PRO MINI

La tarjeta Arduino Pro Mini (Figura 2-4) fue desarrollada para aplicaciones e instalaciones donde el espacio es fundamental y los proyectos están configurados para aplicaciones permanentes. Pequeño, disponible en versiones de 3.3 y 5V, controlado por un ATmega328P. (Arduino Pro Mini, s. f.)

Esta tarjeta Arduino cuenta con 14 pines digitales, de los cuales 6 pueden ser utilizados como PWM, 6 entradas análogas, donde dos trabajan como soporte para el protocolo de comunicación I²C siendo los pines de Serial Data (SDA) y Serial Clock (SCL). La tarjeta además cuenta con sus pines RX y TX para la comunicación serial.

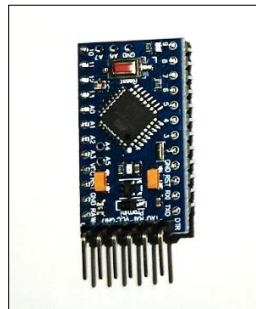


Figura 2-4: Arduino Pro Mini

2.5 MÓDULO BLUETOOTH HC-06

Dentro de la tecnología Bluetooth, existe una clasificación de los dispositivos donde aquellos que controlan la red son denominados “maestros” y los que ejecutan las ordenes se les llama “esclavos” por lo que, un solo dispositivo maestro puede tener varios esclavos, mientras que los dispositivos esclavos únicamente responden ante un maestro (¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico, 2020).

En el caso del módulo HC-06 (Figura 2-5) es un dispositivo que permite la conexión por medio de Bluetooth, funcionando como esclavo. Trabaja con un voltaje de entre 3.6 y 6V y genera un consumo de corriente de entre 30 y 50mA. La comunicación con la tarjeta Arduino es serial y su distancia máxima de operación en condiciones óptimas es de 10m.



Figura 2-5: Modulo Bluetooth HC-06

2.6 APLICACIÓN ANDROID

Las aplicaciones móviles, o Apps, son software creado con la finalidad de ejecutarse dentro de los sistemas operativos de diferentes dispositivos, las cuales son herramientas que permiten al usuario realizar diferentes tareas para cumplir una necesidad. Sin embargo, desde la aparición de los smartphones, o teléfonos inteligentes, el desarrollo de las aplicaciones móviles se han enfocado principalmente en dos sistemas operativos que lideran el mercado, los cuales son Android y iOS. La ventaja de esto es que se tienen una gran cantidad de dispositivos que utilizan dichos sistemas, por lo que, el desarrollo de la App se enfoca en el sistema operativo en vez de un dispositivo en específico.

Android (Figura 2-6) es un sistema operativo de código abierto en base a Linux, propiedad de Google, el cual permite desarrollar aplicaciones por medio de software libre y además gracias a la gran gama de dispositivos y el uso del IoT, permite satisfacer una gran cantidad de necesidades (¿Qué es?, s. f.).



Figura 2-6: Logo de Android. (Android logo, s. f.)

2.7 IMPRESIÓN 3D

Según el sitio oficial de Autodesk, “la impresión 3D es un conjunto de procesos que producen objetos a través de la adición de material en capas que corresponden a las sucesivas secciones transversales de un modelo 3D” (¿Qué es la impresión 3D? Autodesk, 2021), dicho proceso es capaz de utilizar una gran variedad de materiales para generar los objetos correspondientes, donde la selección del material es influenciada principalmente por la finalidad del objeto. Uno de los materiales más comunes actualmente es el filamento de PLA, o ácido poliláctico, el cual es un material de la rama de los poliésteres generado en base al almidón de las plantas (C., 2020), no es tóxico, posee alta resistencia a la grasa y la humedad y es inodoro (Todo lo que debes saber acerca del plástico PLA, 2020), lo que permite que tenga una gran cantidad de aplicaciones en diferentes ámbitos.

Por otra parte, se requiere un software de diseño 3D para modelar los objetos o piezas que se necesiten, entre los más destacados están: Solidworks, Autodesk Inventor, FreeCAD, SketchUp, entre otros. Los permiten desarrollar los modelos de objetos o piezas según las necesidades y requerimientos del usuario.

CAPÍTULO 3

3 METODOLOGÍA

En la Figura 3-1 se describe la metodología propuesta para el desarrollo de este trabajo, donde se divide en tres etapas, la primera etapa consiste en el desarrollo del dispositivo para el sensor TERMOFINGER, mientras que, en una segunda etapa se realiza la App del sensor TERMOFINGER, y se realizaron pruebas de funcionamiento y adaptación con el sistema en una tercera etapa, para finalmente obtener un sensor TERMOFINGER-MX.

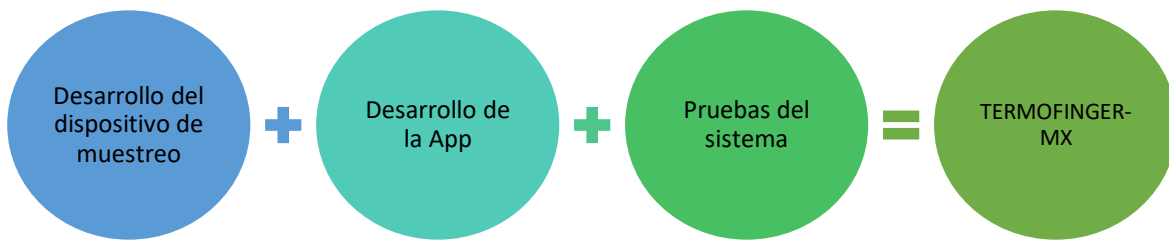


Figura 3-1: Metodología del proyecto

3.1 ÉTICA DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de este protocolo se tienen en consideración las Normas Oficiales Mexicanas que se plantean en la sección 1.7, como lo son la NOM-241-SSA1-2021 y la NOM-012-SSA3-2012; por otra parte, se considera la declaración de Helsinki, referente a la investigación médica en seres humanos; además, se siguen los principios éticos básicos del Informe de Belmont y de los puntos básicos establecidos en el Código de Núremberg.

El desarrollo de las pruebas tiene como objetivo obtener un indicador de temperatura, que permita generar nuevos protocolos relacionados al manejo del estrés; por lo que el estudio procura asegurar el bienestar de los participantes, además de esto, la participación en el estudio es libre, por lo que, de aceptar, los participantes deben firmar una carta de consentimiento informado (Anexo 7.6). Las pruebas realizadas durante el estudio se llevan a cabo por personal especializado, por lo que ningún participante se ve afectado durante la investigación.

Por otra parte, la información recabada en el proyecto se conserva en la institución donde se realicen las pruebas (UNAM); donde, además, se extiende una carta de confidencialidad (Anexo 7.7), de modo que se garantice la protección de la información de los participantes. Toda la información recabada se utiliza únicamente con fines académicos y de investigación, siendo así, utilizada solamente por los participantes de la investigación, y en caso de ser utilizados en medios de divulgación científica, dichos datos serán protegidos asegurando el anonimato de los participantes.

3.2 DESARROLLO DEL DISPOSITIVO DE MUESTREO

Al desarrollar el dispositivo se consideraron diferentes ideas de como atacar las necesidades del proyecto, sin embargo, se presenta la opción seleccionada y su evolución a lo largo de este, donde los elementos utilizados (Figura 3-2) para el desarrollo son:

- a) Batería Li-Ion 3.7V, 1000mAh, Bat-T085.
- b) Módulo Bluetooth HC-06.
- c) Modulo para batería TP4056.
- d) Sensor infrarrojo MLX90614.
- e) Placa Arduino Pro Mini.
- f) Resistencias.
- g) Leds.
- h) Switch on/off.
- i) Generador de aplicaciones móviles App Inventor 2.
- j) Cables, protoboard.
- k) Software Arduino IDE.
- l) Autodesk Inventor.
- m) PC (desarrollo de software).
- n) Teléfono celular (para pruebas).
- o) PLC.
- p) Termómetro infrarrojo Fluke 61.
- q) Impresora 3D.

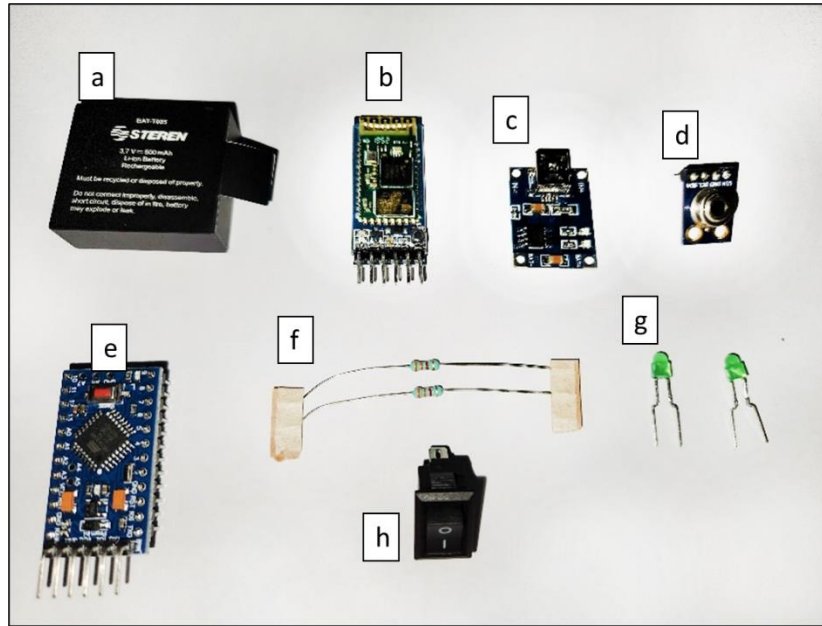


Figura 3-2: Componentes del dispositivo

Como parte del desarrollo del circuito de alimentación (anexo 7.5.2), se utiliza la batería BAT-T085 debido a sus dimensiones de 29.5×33×11 mm, la cual es capaz de proveer 1000mAh y 3.7V al circuito; el módulo de carga TP4056, que genera una corriente de entrada a la batería de 150μA con un máximo de 500μA, mientras que, al terminar la carga, la corriente es de 55μA con un máximo de 100μA y un interruptor de encendido y apagado.

Por lo que se calcula el tiempo de la duración de la batería utilizando la ecuación 1 que se muestra a continuación.

$$D_{bat} = \frac{I_{T085}}{\Sigma(I_C)} \quad (1)$$

$$D_{bat} = \frac{I_{T085}}{I_{Arduino} + I_{MLX90614} + I_{HC06} + 2 I_{led} + I_{TP4056}}$$

Donde:

D_{bat} = Duración de la batería

I_{T085} = Corriente de la batería

$I_{Arduino}$ = Corriente de la tarjeta Arduino

$I_{MLX90614}$ = Corriente del sensor

$I_{led} = \text{Corriente del led}$

$I_{TP4056} = \text{Corriente del módulo de carga}$

$I_{HC06} = \text{Corriente del módulo Bluetooth}$

Por lo que:

$$D_{bat} = \frac{1000 \text{ [mA]} \cdot \text{[h]}}{40 \text{ [mA]} + 1.3 \text{ [mA]} + 8 \text{ [mA]} + 50 \text{ [mA]} + 0}$$

$$D_{bat} = 10.07 \text{ [h]}$$

El circuito de alimentación es capaz de proveer energía al dispositivo durante diez horas, mientras que la batería se carga en dos horas como se muestra en la Figura 3-3.

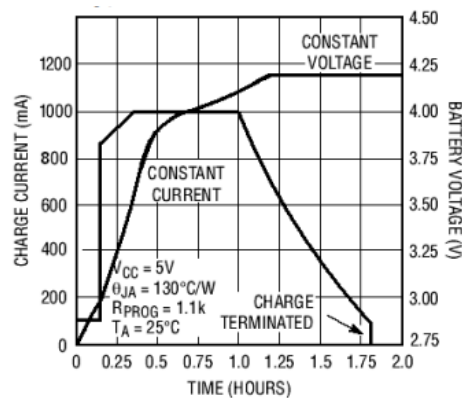


Figura 3-3: Ciclo de carga de la batería (WooCommerce, s. f.)

Mientras que el circuito de monitoreo (anexo 7.5.3), incluye el sensor MLX90614 y el Arduino Pro Mini los cuales al comunicarse por el protocolo I²C procesa e interpreta la temperatura para posteriormente enviarlos. Debido a los beneficios de este sensor, la temperatura es la única variable durante todo el proceso desde que se recaba, hasta que se muestra en la App.

En cuanto al circuito de comunicación (anexo 7.5.4), este se conforma por el módulo Bluetooth HC-06 y el Arduino Pro Mini el cual envía los datos adquiridos por el sensor hacia la App.

Además de esto, se incluyen dos leds indicadores, uno de encendido/apagado y otro de envío de datos.

Finalmente se soldaron los componentes a una PCB para junto con la carcasa conformar el dispositivo. Considerando el tamaño de los componentes, el uso de la batería y el uso de la App. Tanto el dispositivo como la App son de fácil transporte e inalámbricos.

Por otra parte, la carcasa del dispositivo se desarrolló en el software de modelado 3D Autodesk Inventor, el cual permite generar piezas y simulaciones de diseño. Además, del uso de PLC y una impresora 3D para obtener el modelo físico del dispositivo. Y la programación del microcontrolador se hizo por medio del software de Arduino (anexo 7.4).

3.2.1 Diseño previo de la carcasa

Acorde a las restricciones de diseño y considerando como base la forma de un mouse, se tomó como primer diseño para el dispositivo la figura mostrada en la Figura 3-4.

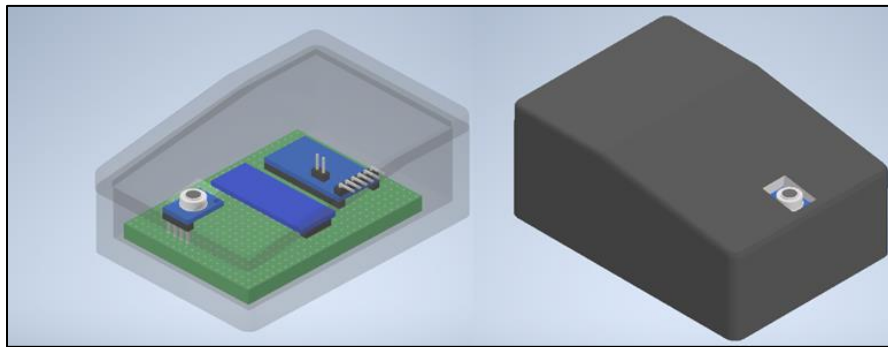


Figura 3-4: Diseño previo del dispositivo

Pese a que a que como concepto era funcional, esta opción aun no presentaba un diseño ergonómico y funcional acorde a lo requerido. Considerando esto, se creó un modelo donde se pueden visualizar cada uno de los componentes (Figura 3-5) permitiendo observar su posible ubicación, así como su tamaño, como se muestra en la Figura 3-6.

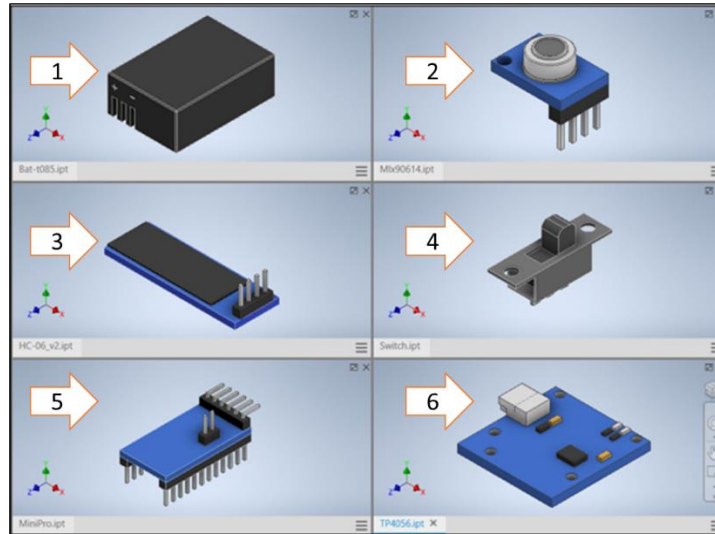


Figura 3-5: Componentes del dispositivo

1. Batería Bat-T085
2. Sensor MLX90614
3. Módulo HC-06
4. Interruptor on/off
5. Arduino Pro Mini
6. Módulo TP4056

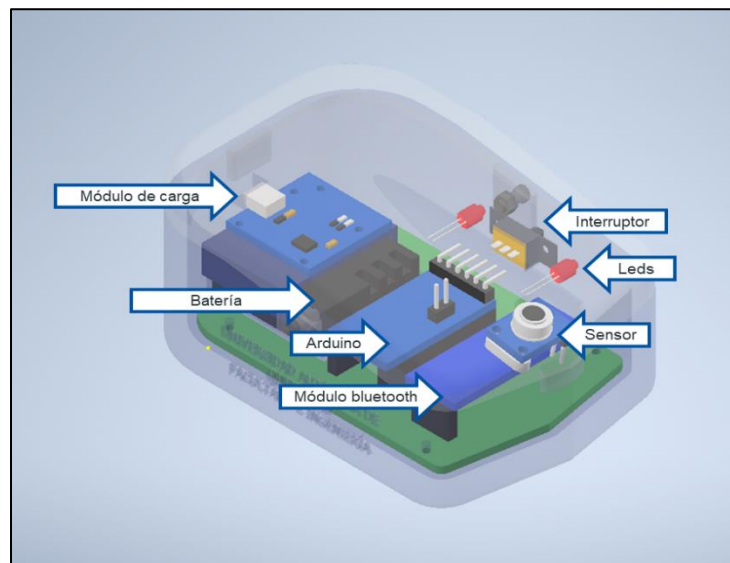


Figura 3-6: Ubicación de los componentes

Esta versión permitía contener todos los componentes de manera segura (Figura 3-7), y permitía depositar la mano de manera ergonómica sobre la carcasa para realizar el monitoreo de la temperatura en el dedo medio de la mano (Figura 3-8).



Figura 3-7: Modelo cerrado del dispositivo

De esta forma se consideraron estos aspectos que, de hacerlo con las piezas una vez impresas, pudo generar errores de diseño correspondientes a las dimensiones.

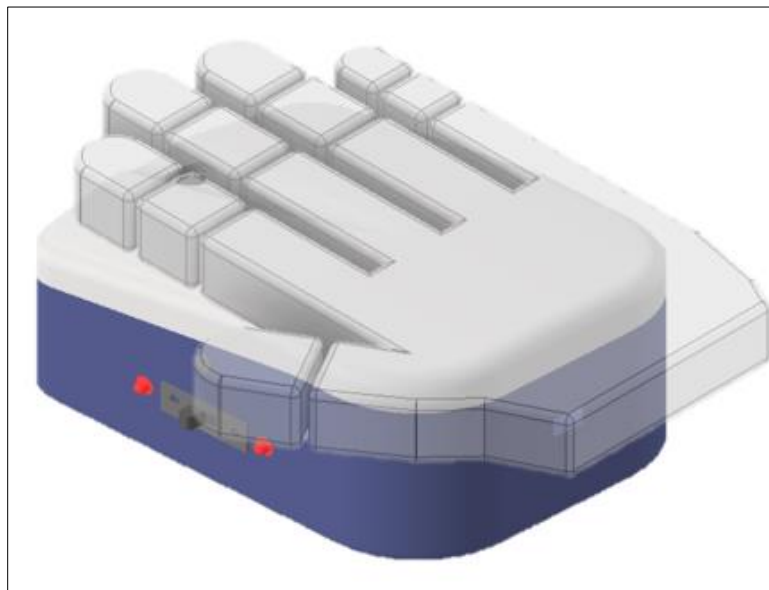


Figura 3-8: Posición de la mano

3.2.2 Diseño actual de la carcasa

Finalmente se consideró el agrandar las dimensiones, como se muestra en la Figura 3-9, de modo que, al colocar la mano, ésta descansa de manera más cómoda y natural sobre el

dispositivo, además, se le incluyeron unos orificios que permitan la adición de un velcro para restringir el movimiento de la mano del usuario, evitando errores en las mediciones.

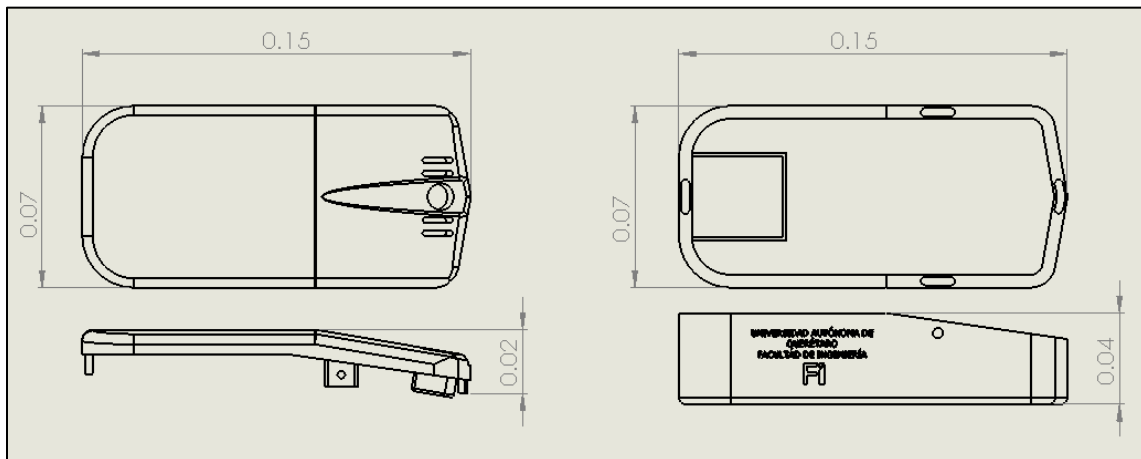


Figura 3-9: Dimensiones del dispositivo en metros

Donde el modelo final del dispositivo fue el que se muestra en la Figura 3-10, para posteriormente imprimirlo en 3D, otra modificación que se hizo fue el agrandar el orificio del puerto de carga, ya que el modelo anterior mostró dificultades para cargarlo.

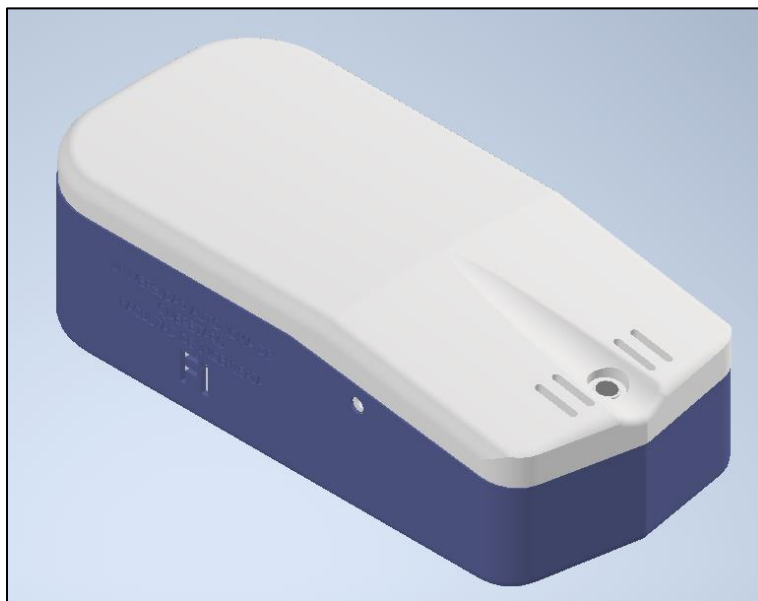


Figura 3-10: Diseño final del dispositivo

3.3 DESARROLLO DE LA APP

Se utilizó el software online App Inventor 2, desarrollado por el MIT el cual es un software gratuito de programación con aplicaciones en base a bloques, donde al conectarlos se genera el código correspondiente (anexo 7.3). Este tipo de software es principalmente didáctico, lo cual facilita la programación, sin embargo, algunas de sus funciones son limitadas, pero para el desarrollo de este proyecto estas limitaciones no presentaron algún obstáculo.

3.3.1 Diseño previo de la App

Utilizando un diseño sencillo, la primera versión de la App incluía los componentes de la toma de temperatura en la pantalla principal (Figura 3-11), donde se contaba con una barra horizontal de temperatura, así como una gráfica de temperatura de modo que se tengan dos referencias visuales para la temperatura, donde la barra de temperatura permitía visualizar el cambio instantáneo de la temperatura, mientras que la gráfica mostraba la evolución de la temperatura a lo largo de la prueba; además esta versión de la App mostraba tanto el número de muestra y la temperatura, como el tiempo en el que se están tomando las muestras.

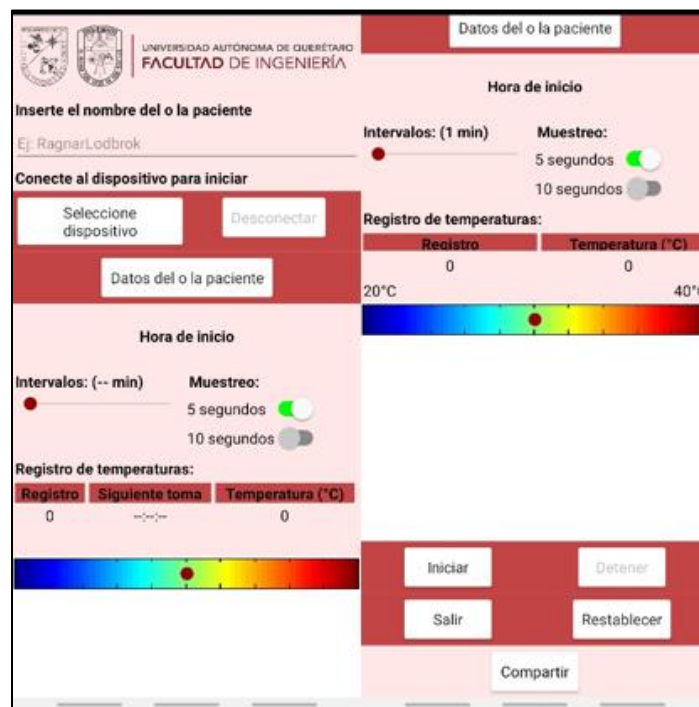


Figura 3-11: Pantalla principal (Primer versión de la app)

Además de esto, contaba en con una segunda pantalla donde únicamente se genera un formulario de datos de interés para el usuario tal como se observa en la Figura 3-12.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Nombre del o la paciente:
Clark Kent

Edad: 36 No. de sesión: 2

Sexo:
 Hombre
 Mujer

¿A que hora tomó su último alimento?
5:10:00 p. m.

¿Ha consumido alguna sustancia psicoactiva?
(Café, tabaco, etc)
 Si ¿Cuál y hace cuanto tiempo?
 No Café, hace 5 horas

Siente o ha presentado fiebre en los últimos días?
 Si
 No

Guardar datos

Figura 3-12: Pantalla de datos (primera versión de la app)

Aunque esta versión de la App era funcional, se modificó con la finalidad de hacerla más clara para el usuario.

3.3.2 Diseño actual de la App

Para el diseño final de la App, se generó una pantalla de inicio (Figura 3-13) cuya función es permitir al usuario seleccionar entre la pantalla “Introducir datos” y “Toma de temperatura”, según el flujo de datos (anexo 7.1), las cuales se describen a continuación.

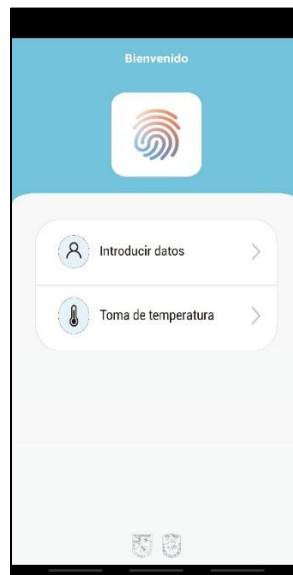


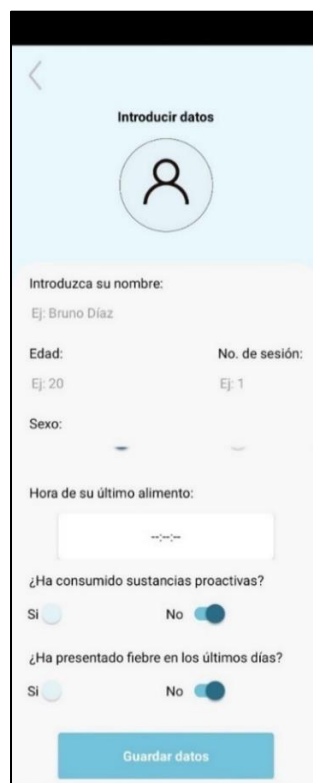
Figura 3-13: Pantalla de inicio

3.3.2.1 Introducir datos

Permite al usuario rellenar un formulario con datos de interés para quien aplica la muestra, tales como:

- Nombre.
- Edad.
- Número de sesión.
- Sexo y en caso de ser mujeres, la fecha de su último periodo.
- Hora en que consumió su ultimo alimento.
- Sí ha consumido sustancias proactivas y en caso de ser afirmativo, cuales y cuánto tiempo atrás desde el momento de la prueba.
- Sí ha presentado fiebre en los días anteriores a la prueba.

Dichos datos permiten al usuario tener información clave para un estudio ya que varios de estos datos por si solos ya presentan una variabilidad al uso de la temperatura como biomarcador (Figura 3-14).



The screenshot shows a mobile application interface for entering data. At the top, there is a back arrow and the title "Introducir datos" with a person icon. Below this, there is a text input field for "Introduzca su nombre:" with the example "Ej: Bruno Díaz". To the right, there is a "No. de sesión:" field with the example "Ej: 1". Below these are two dropdown menus for "Sexo:". Further down is a time picker for "Hora de su último alimento:". At the bottom, there are two toggle switches: "¿Ha consumido sustancias proactivas?" (set to "No") and "¿Ha presentado fiebre en los últimos días?" (set to "No"). A blue "Guardar datos" button is at the very bottom.

Figura 3-14: Ventana "Introducir datos"

3.3.2.2 Toma de temperatura

Permite en primera instancia conectar el dispositivo TERMOFINGER-MX a la App por medio de Bluetooth, donde al tener una conexión exitosa se procede a realizar la medición de la temperatura ambiente de modo que se tenga una referencia para el estudio (Figura 3-15).

Una vez realizada la medición de la temperatura ambiente, la App permite seleccionar un tiempo de medición entre un rango de uno a treinta minutos, con periodos de muestreo de cinco o diez segundos.

Seleccionado el tiempo y el periodo, se inicia la recopilación de muestras donde el usuario puede ver de forma gráfica el aumento de temperatura que tiene, donde en caso de querer pausar o reiniciar la prueba, se cuentan con los botones correspondientes para ello.

Una vez finalizado el muestreo, los datos recopilados, los cuales se almacenan en un archivo de texto dentro del dispositivo móvil con el nombre de la persona introducido en la ventana anterior, pueden ser enviados por medio de cualquier App externa que permita el envío de texto, de modo que la información se mantenga asegurada por dos medios, tanto dentro del dispositivo, como por un respaldo externo.

Una vez finalizado este proceso, al volver a la ventana principal se puede repetir el proceso tantas veces sea necesario para el estudio.



Figura 3-15: Ventana: "Toma de temperatura"

Esta versión cuenta con un manual de uso (Anexo 7.2) de modo que cualquier usuario sea capaz de utilizar la App desde su instalación hasta su finalización del estudio.

3.4 PRUEBAS DEL SISTEMA

La prueba del funcionamiento del circuito se realizó con base en las temperaturas muestreadas comparando las lecturas de un termómetro infrarrojo Fluke 61 el cual tiene una resolución de 0.2°C y un rango de -18 a 275°C , y las temperaturas recabadas por el sensor del dispositivo. Estas temperaturas son correspondientes a diferentes objetos y se tomaron a diferentes tiempos durante el día. Donde se buscó conocer la diferencia de temperaturas que registra el sensor contra la del termómetro Fluke.

También se realizaron pruebas de funcionamiento de la App donde los objetivos son poder guardar la información dentro de la pantalla "Introducir datos", poder visualizar de forma correcta los datos recibidos por la App y confirmar la generación del documento de texto.

Además de estas pruebas de funcionamiento se realizaron pruebas clínicas bajo la dirección de los expertos del área de psicología de la UNAM donde se obtuvieron las temperaturas de un grupo de interés conformado por sobrevivientes de cáncer de mama, para este estudio se utilizaron las instalaciones de la facultad de psicología de la UNAM. En estas pruebas, el experto en psicología desea comparar las reacciones ante dos diferentes formas de relajación:

Se le pide al sujeto relajarse de la forma que usualmente les funcione de forma que sea una relajación autónoma. Posteriormente, después de un periodo de descanso, se le indica al sujeto cerrar los ojos mientras el experto en psicología lee un texto determinado para generar un estado de relajación inducido.

1. Reposo (3 min)
2. Prueba 1: Relajación autónoma (3 min)
3. Descanso (2 min)
4. Prueba 2: Relajación inducida. (3 min)

Por otra parte, las pruebas se realizaron con la versión anterior del dispositivo ya que, al momento de realizarlas se consideraba como prototipo final y en base a estas se desarrolló la última versión de este.

Con esto se evaluó el funcionamiento de la App al recibir los datos del dispositivo, así como la generación del documento de texto y su posible envío a través de alguna otra App.

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS

4.1 DEL DISPOSITIVO

El circuito desarrollado (Figura 4-1) permite medir la temperatura de forma correcta, es capaz de conectarse a la App y puede enviar los datos de temperatura.

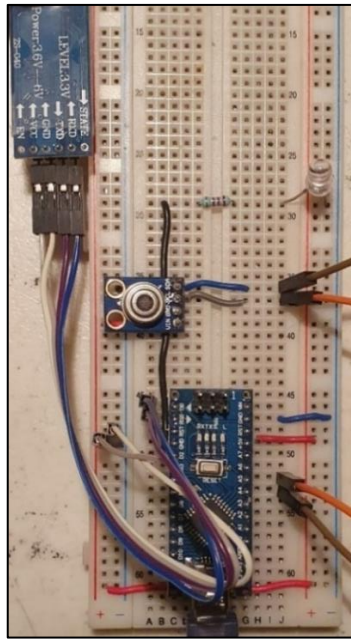


Figura 4-1: Circuito en la placa de pruebas

En la tabla 2 se muestran los datos de temperaturas recabadas por el termómetro Fluke y el sensor utilizado en este proyecto. Donde se calcularon las diferencias de temperatura y el error relativo porcentual de cada una de ellas, utilizando la ecuación 2.

$$E_{R\%} = 100 \left| \frac{V_R - V_A}{V_R} \right| \quad (2)$$

Donde:

$E_{R\%}$ = Error relativo porcentual

V_R = Valor real

$V_A = \text{Valor aproximado}$

Por lo que, se sustituyen las incógnitas como se muestra en la ecuación 3, para una mejor comprensión de la formula.

$$E_{R\%} = 100 \left| \frac{T_F - T_S}{T_F} \right| \quad (3)$$

Donde:

$T_F = \text{Temperatura del termometro Fluke}$

$T_S = \text{Temperatura del sensor}$

Debido a esto, también se calcula el error promedio de las temperaturas, donde el valor es de $E_{\%} = 0.32 \%$.

Tabla 2: Comparación de temperaturas

| Muestra | T Fluke (°C) | T MLX906014 (°C) | Diferencia de T (°C) | Error (%) |
|---------|--------------|------------------|---------------------------|-------------|
| 1 | 29.6 | 29.69 | -0.09 | 0.30 |
| 2 | 28.4 | 28.27 | 0.13 | 0.46 |
| 3 | 18.6 | 18.53 | 0.07 | 0.38 |
| 4 | 45.6 | 45.65 | -0.05 | 0.11 |
| 5 | 48.2 | 47.98 | 0.22 | 0.46 |
| 6 | 31.4 | 31.43 | -0.03 | 0.10 |
| 7 | 32.8 | 32.47 | 0.33 | 1.01 |
| 8 | 37.6 | 37.56 | 0.04 | 0.11 |
| 9 | 28.8 | 28.84 | -0.04 | 0.14 |
| 10 | 25.4 | 25.37 | 0.03 | 0.12 |
| | | | Error promedio (%) | 0.32 |

Y debido a la precisión de 0.5°C del sensor MLX90614 se consideraron correctas.

Se imprimió la carcasa del dispositivo en dos piezas que corresponden a la tapa y la base del dispositivo, ambos se imprimieron utilizando PLA blanco de forma paralela con el uso de

dos impresoras. Para la tapa se utilizó una impresora Flashforge Guide 2 (Figura 4-2) debido a la necesidad de un acabado más fino.

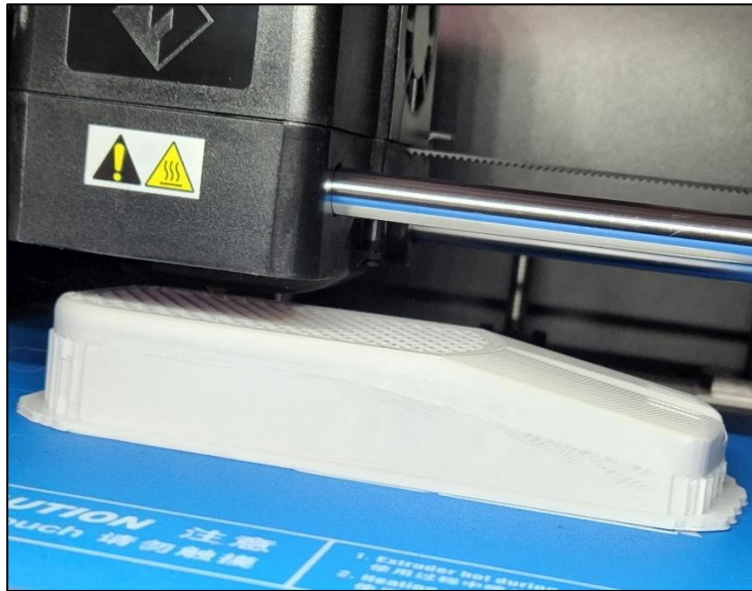


Figura 4-2: Impresión en 3D de la tapa del dispositivo

Mientras que para la base se utilizó una impresora Creality Ender 3 Pro (Figura 4-3) ya que, por la forma de la pieza, la calidad de impresión no era tan exigente como para la tapa.

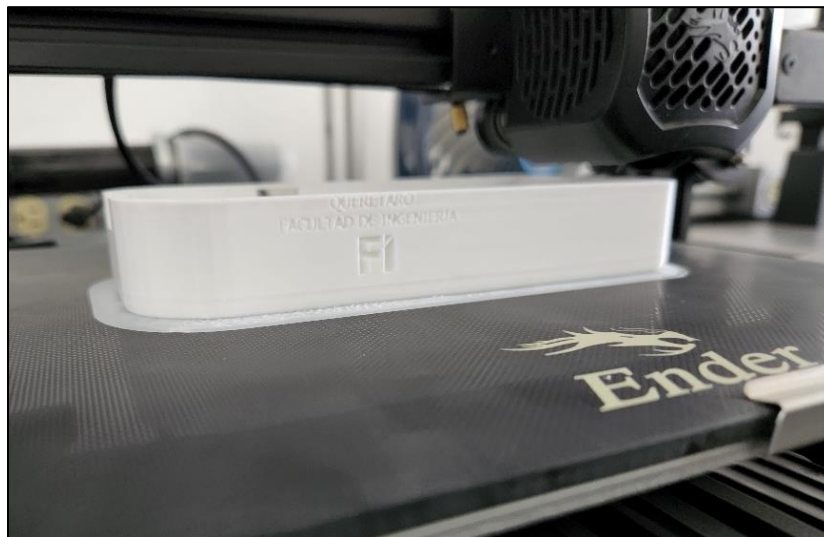


Figura 4-3: Impresión en 3D de la base del dispositivo

Una vez impresa se limpiaron las piezas para eliminar los soportes y algunas imperfecciones generadas por el movimiento de la impresora como se muestra en la Figura 4-4.



Figura 4-4: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista superior)

Donde una vez limpias, se introdujeron los componentes previamente soldados a la PCB y se fijaron en su posición (Figura 4-5 y 4-6).



Figura 4-5: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista lateral)

Debido a esto se confirmó la funcionalidad de la carcasa ya que protege de forma correcta los componentes y permite un fácil acceso al puerto de carga.



Figura 4-6: Dispositivo TERMOFINGER-MX (vista en isométrico)

Finalmente se conectó el dispositivo a la App con tal de corroborar el funcionamiento de este, por lo que se colocó la mano como se muestra en la Figura 4-7.

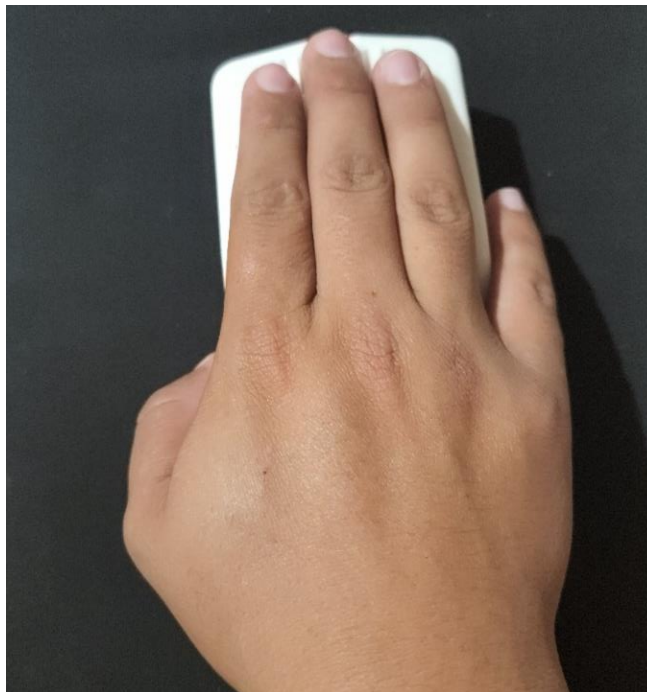


Figura 4-7: Posición de la mano

Por lo que, se corroboró que el dispositivo cuenta con la ergonomía deseada (Figura 4-8).



Figura 4-8: Posición de muestreo

A continuación, se presenta la Tabla 3, la cual muestra las características principales del sensor TERMOFINGER-MX.

Tabla 3: Características principales del sensor TERMOFINGER-MX

| Característica | Valor | Unidad |
|----------------------------|-------|--------|
| Ancho | 70 | mm |
| Largo | 150 | mm |
| Alto | 60 | mm |
| Peso | 149 | g |
| Tiempo de carga | 2 | h |
| Duración de la batería | 10.07 | h |
| Temperatura máxima medible | -10 | °C |
| Temperatura mínima medible | 100 | °C |
| Precisión | 0.5 | °C |
| Resolución | 0.02 | °C |

4.2 DE LA APP

Una vez instalada la App, se muestra de la siguiente forma, la cual se adapta al tamaño de la pantalla del dispositivo para mostrar los componentes.

La Figura 4-9 corresponde a un smartphone con un tamaño de pantalla de 6.6 pulgadas.



Figura 4-9: App instalada en Smartphone de 6.6 in

Mientras que la Figura 4-10 corresponde a una Tablet con un tamaño de pantalla de 8.7 pulgadas. Como se puede observar, la pantalla de la App se adapta manteniendo su formato y funcionalidad.



Figura 4-10: App instalada en Tablet de 8.7 in

Una vez iniciado el muestreo, la App muestra la fecha y hora de inicio de la prueba, además del número de registro y la temperatura recabada en ese momento y como adición, un apoyo gráfico en forma de escala que se mueve a la derecha cuando aumenta la temperatura (Figura 4-11).



Figura 4-11: Pantalla de la app

Mientras que al presionar el botón “Compartir” y seleccionar la App predeterminada para el manejo del correo electrónico como la App externa, se muestra la pantalla en la Figura 4-12, con los datos listos para enviar, sin embargo, se puede utilizar cualquier App.



Figura 4-12: Datos a compartir

A través del documento de texto generado por la App (Figura 4-13), se pueden observar los datos recabados a lo largo de la prueba, donde se visualizan la información del usuario, así como las columnas de los datos de temperatura, el número de registro y la hora al momento de tomar el dato.

```

AliciaVazquezA
86 años
Ultimo alimento: 11:30:00 p. m.
Mujer
Periodo:          dd/mm/aa
Consumió: No
Fiebre: No
Temperatura ambiente:  20.49 °C
Temperatura ambiente:  20.45 °C
Temperatura ambiente:  20.39 °C

05/11/21          11:25:24 a. m.
Registro:         Hora de muestreo          Temperatura °C
1                 11:25:24 a. m.          20.45°C
2                 11:25:34 a. m.          21.17 °C
3                 11:25:44 a. m.          32.21 °C
4                 11:25:54 a. m.          32.03 °C
5                 11:26:04 a. m.          31.85 °C
6                 11:26:15 a. m.          31.63 °C
7                 11:26:25 a. m.          31.39 °C
8                 11:26:35 a. m.          31.55 °C
9                 11:26:45 a. m.          31.69 °C
10                11:26:55 a. m.          32.11 °C
11                11:27:05 a. m.          32.67 °C
12                11:27:16 a. m.          32.75 °C
13                11:27:26 a. m.          32.97 °C
14                11:27:36 a. m.          32.99 °C
15                11:27:46 a. m.          32.75 °C
16                11:27:56 a. m.          32.49 °C
17                11:28:06 a. m.          32.03 °C
18                11:28:16 a. m.          32.19 °C

```

Figura 4-13: Documento de texto generado por la app

4.3 DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA

Los cambios registrados de temperatura de diferentes usuarios se obtuvieron las siguientes graficas que se muestran a continuación. Dichos datos se tomaron del documento de texto generado por la App.

Como se muestra en la Figura 4-15, la temperatura del usuario aumentó 0.58°C al momento de realizar la prueba 1 en un periodo de tiempo de 180 segundos.

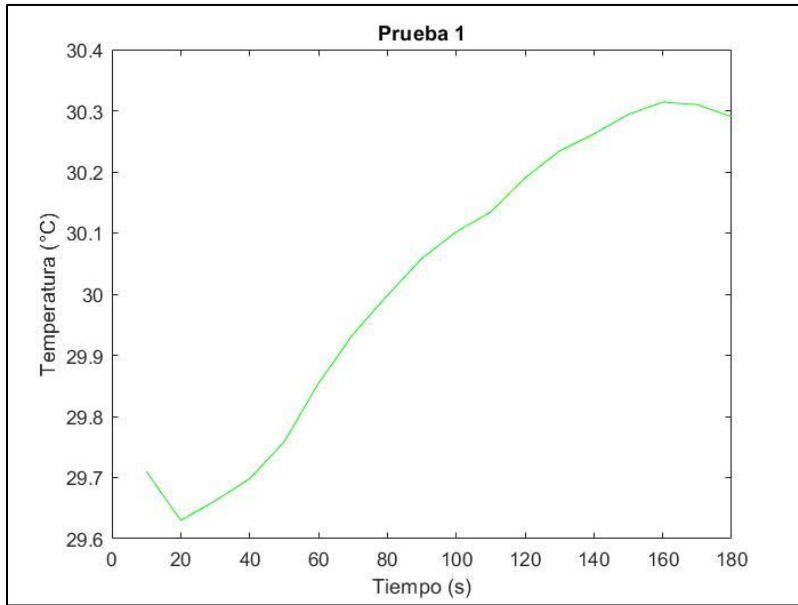


Figura 4-14: Gráfica de temperatura P1.1

Por otro lado, se registró un descenso de temperatura de 0.96°C en lo correspondiente a la prueba 2, de igual forma, en un periodo de tiempo de 180 segundos (Figura 4-15).

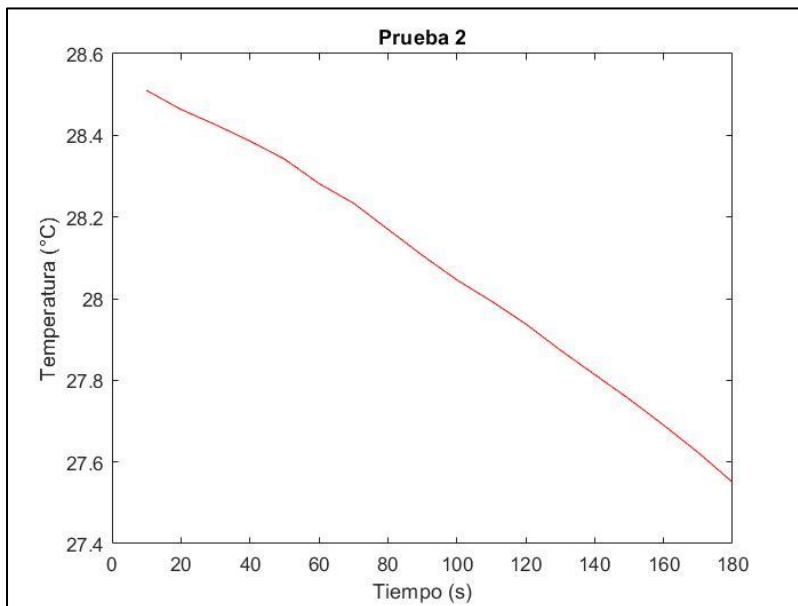


Figura 4-15: Gráfica de temperatura P1.2

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema basado en IoT, el cual permite realizar el muestreo de temperatura, donde los datos son enviados mediante comunicación vía Bluetooth, además con la propuesta de la App se obtienen los datos del usuario de forma correcta, así como el usuario puede observar los cambios de temperatura a lo largo de la prueba.

Dentro del desarrollo del dispositivo, el encontrar el equilibrio entre tamaño, ergonomía y funcionalidad requirieron múltiples consideraciones, sin embargo, se encontró un diseño que cumplía con lo requerido y que además permitía el proteger de manera correcta los componentes por medio de una carcasa impresa en 3D cuidando los acabados. Sin embargo, la calidad permitía cumplir con el objetivo a nivel prototipo, pero no para un acabado de uso regular. De igual forma la placa de componentes posibilitó el funcionamiento del dispositivo, pero se debe mejorar para evitar que el usuario pueda dañar de manera accidental el dispositivo.

Tanto el dispositivo como la App fueron capaces de cumplir sus funciones, respetando las restricciones de diseño y dando una solución a la problemática planteada, además de respetar las normas y estándares establecidos por instituciones gubernamentales.

Pese a que la App es totalmente funcional, el desarrollo de esta fue compleja debido al software utilizado, sin embargo, en búsqueda de una mejora continua se pretende migrar a un software más amigable y con mayor documentación para de este modo evitar cualquier problema de compatibilidad.

5.1 PROSPECTIVAS

Se considera mejorar la App migrando de App Inventor 2 a Android Studio ya que este último es el software oficial de desarrollo en Android, permitiendo un mejor manejo y programación de la App. Además, el uso de Android Studio tiene la ventaja de que existe una mayor documentación y la actualización continua de la App de modo que no quede obsoleta. También se migra al lenguaje de programación Kotlin, el cual es un lenguaje de programación en base a Java el cual por su configuración está reemplazando a Java como lenguaje oficial para programación en Android.

En cuanto al dispositivo se desea mejorar la impresión de la carcasa buscando una mayor calidad de acabado por cuestiones de ergonomía y estética. Por otra parte, se desea mejorar la estabilidad de la mano para evitar errores o variaciones no deseadas al momento del muestreo, por lo que se busca modificar la tapa permitiendo una mayor ergonomía y restringir el movimiento de la mano.

Generar una base de datos para poder obtener un respaldo de forma automática de los datos, y poder acceder en cualquier momento sin la necesidad de tener el dispositivo utilizado para las pruebas.

6 REFERENCIAS

- ¿Qué es Bluetooth? Toda la información sobre el estándar inalámbrico. (2020, julio 20). IONOS Digital Guide. Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://www.ionos.mx/digitalguide/servidores/know-how/que-es-bluetooth/>
- ¿Qué es la impresión 3D? | Programa para impresora 3D | Autodesk. (2021, 6 octubre). Recuperado 21 de octubre de 2022, de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- About Us. (21 de junio de 2021). En *App Inventor*. <https://appinventor.mit.edu/about-us>.
- Allen A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. y Clarke, G. (2017). *The Trier Social Stress Test: Principles and practice*, *Neurobiology of Stress*. (6), 113-126, ISSN 2352-2895, <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>.
- Amazfit GTS 2e - Sitio oficial de Amazfit España*. (s. f.). Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://www.amazfit.com/mx/gts2e>
- Android logo*. (s. f.). [logospng.org. https://logospng.org/logo-android/](https://logospng.org/logo-android/)
- Arduino Pro Mini*. (s. f.). *Arduino Documentation*. Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://docs.arduino.cc/retired/boards/arduino-pro-mini>
- Batería de Ion de Litio. (21 de junio de 2021). En *EcuRed*. https://www.ecured.cu/Bater%C3%ADa_de_Ion_de_Litio.
- C., L. (2020, 4 febrero). ¿Qué tan «ecológico» es realmente el filamento PLA? *3Dnatives*. Recuperado 21 de octubre de 2022, de <https://www.3dnatives.com/es/ecologico-realmente-filamento-pla-230720192/>
- Cámaras de Termografía*. (s. f.-b). Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://camarasdetermografia.mx/>
- Cedeño-Moreno, R. (2021). *Análisis de la marcha a través de machine learning para la clasificación de alteraciones óseas y musculares* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Cruz-Albarrán, I. A., Benítez-Rangel, J. P., Osornio-Ríos, R. A., Domínguez-Trejo, B., Rodríguez-Medina, D. A. y Morales Hernández, L. A. (2018). *A methodology based on infrared thermography for the study of stress in hands of young people during the*

- Trier Social Stress Test*. *Infrared Physics & Technology*. (93), 116-123.
<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.017>.
- Datasheet for MLX90614*. (s. f.). Melexis. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de
<https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>
- Diario Oficial de la Federación. (2012). *NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, Que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos*. (NOM-012-SSA3-2012).
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5284148&fecha=04/01/2013#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Federación. (2021). *NORMA Oficial Mexicana NOM-241-SSA1-2021, Buenas prácticas de fabricación de dispositivos médicos*. (NOM-241-SSA1-2021).
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5638793&fecha=20/12/2021#gsc.tab=0
- Expansión. (2020, 28 octubre). *Fitbit Sense, un smartwatch para estresados que buscan un remedio*. <https://expansion.mx/tecnologia/2020/10/28/fitbit-sense-un-smartwatch-para-estresados-que-buscan-un-remedio>
- Fluke. (s. f.). *Cámaras termográficas portátiles*. Recuperado 6 de octubre de 2022, de
<https://www.fluke.com/es-mx/productos/camaras-termicas/camaras-termograficas-portatiles>
- Franco, M. V. (2015) *La medición del estrés en contextos académicos en estudiantes universitarios*. [Tesis doctoral, Universidad de Coruña].
<https://core.ac.uk/download/pdf/61916735.pdf>.
- Garzón-Rey, J. y Aguiló, J. (2017). *Enfoque psicosomático de la medición de estrés*. (158 páginas). ISBN 9788449077630. <https://ddd.uab.cat/record/188094>.
- Gomez-Milan E. (2020) *Qué es la termografía infrarroja y cómo puede delatarte si estás mintiendo*. The Conversation. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-53192923>.
- Hipotermia*. (s. f.). MedelinePlus. Recuperado 1 de junio de 2022, de
<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000038.htm>

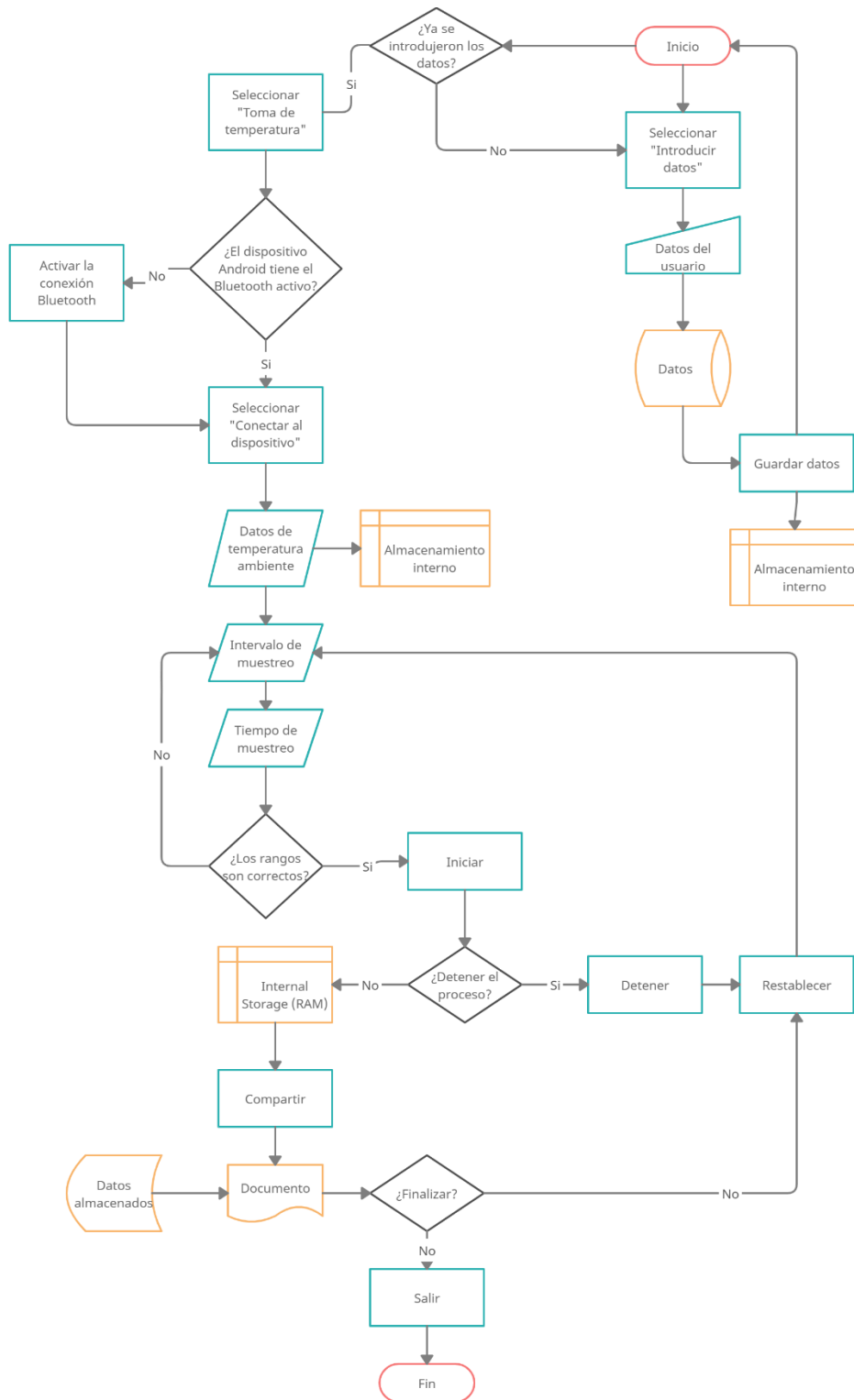
- Kaspersky. (2022, 10 junio). *¿Qué es la Internet de las cosas? Definición y explicación*. [www.kaspersky.es](https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/what-is-iot). Recuperado 20 de septiembre de 2022, de <https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/what-is-iot>
- Kistler, A., Mariauzouls, C., & von Berlepsch, K. (1998). Fingertip temperature as an indicator for sympathetic responses. *International Journal of Psychophysiology*, 29(1), 35–41. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(97\)00087-1](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(97)00087-1)
- Módulo Bluetooth HC06. (21 de junio de 2021). En *Naylamp Mechatronics*. <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/24-modulo-bluetooth-hc06.html>.
- Módulo TP4056 Cargador Batería Litio Con Protección. (21 de junio de 2021). En *Geek Factory*. <https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/modulo-tp4056-cargador-bateria/>.
- Monitor avanzado de fitness + salud | Comprar Fitbit Charge 5*. (s. f.). Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://www.fitbit.com/global/mx/products/trackers/charge5>
- Ocaña-Méndez M. C. (1998). *Síndrome de adaptación general: La naturaleza de los estímulos estresantes*. [Archivo PDF]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/195857.pdf>.
- Regueiro, A. (s. f.) *Conceptos básicos: ¿Qué es el estrés y cómo nos afecta?* [Archivo PDF]. <https://www.uma.es/media/files/tallerestr%C3%A9s.pdf>.
- Rodríguez-Medina, D. A., Domínguez, T., B., Ortiz, O., M., Leija A., G. y Chavarría S., O. A. (2018). *Efecto de la valencia afectiva del pensamiento sobre la temperatura nasal: imaginación guiada y estrés psicosocial*. *Psicología y Salud*, 28(2), 187-194.
- Sedano, J., Chira, C. González, J. y Villar, J. R. (2012). *Sistema para la medida del nivel de estrés: STRESSTIC*. Tecnología de la instrumentación. <http://dx.doi.org/10.6036/4429>.
- Smartwatch de salud avanzado | Fitbit Sense*. (s. f.). Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://www.fitbit.com/global/es/products/smartwatches/sense>
- Temperatura corporal normal*. (s. f.). MedlinePlus. Recuperado 1 de junio de 2022, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001982.htm>

- Termómetro láser*. (2022, 14 abril). Termómetros baratos. Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://termometrosbaratos.com/termometro-laser/>
- Thermography Cameras | FLIR Professional Tools | Teledyne FLIR*. (s. f.). Recuperado 6 de octubre de 2022, de <https://www.flir.com.mx/browse/professional-tools/thermography-cameras/?page=2>
- Todo lo que debes saber acerca del plástico PLA*. (2020, 4 noviembre). Twenergy. Recuperado 21 de octubre de 2022, de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/que-es-plastico-pla/>
- Un sensor para la muñeca te indica tu nivel de estrés*. (2017, 17 agosto). MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.es/s/3229/un-sensor-para-la-muneca-te-indica-tu-nivel-de-estres>
- Vales, L. (Psicobiología del estrés). (2011) *Manual de bases biológicas del comportamiento humano*. [https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/21091/1/Manual-de-bases-biolo%CC%81gicas-del-comportamiento-humano\(1\).pdf#page=177](https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/21091/1/Manual-de-bases-biolo%CC%81gicas-del-comportamiento-humano(1).pdf#page=177).
- Vinkers, C. H., Penning, R., Hellhammer, J., Verster, J. C., Klaessens, J. H. G. M., Olivier, B., & Kalkman, C. J. (2013). The effect of stress on core and peripheral body temperature in humans. *Stress*, *16*(5), 520–530. <https://doi.org/10.3109/10253890.2013.807243>
- WooCommerce, S. W. B. &. (s. f.). *Datasheet | TP4056*. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <http://www.tp4056.com/datasheet/>

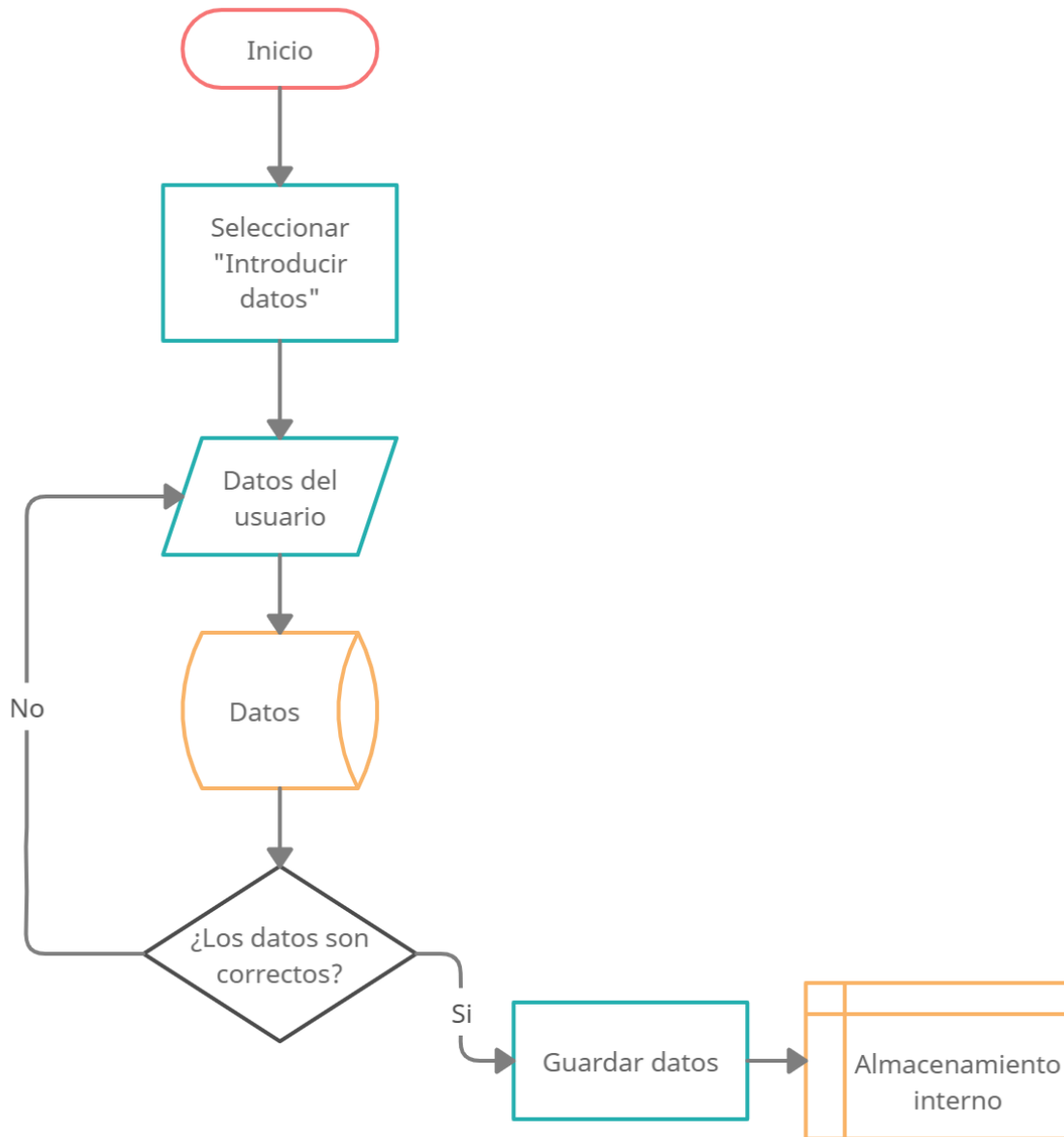
7 ANEXOS

7.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA APP TERMOFINGER-MX

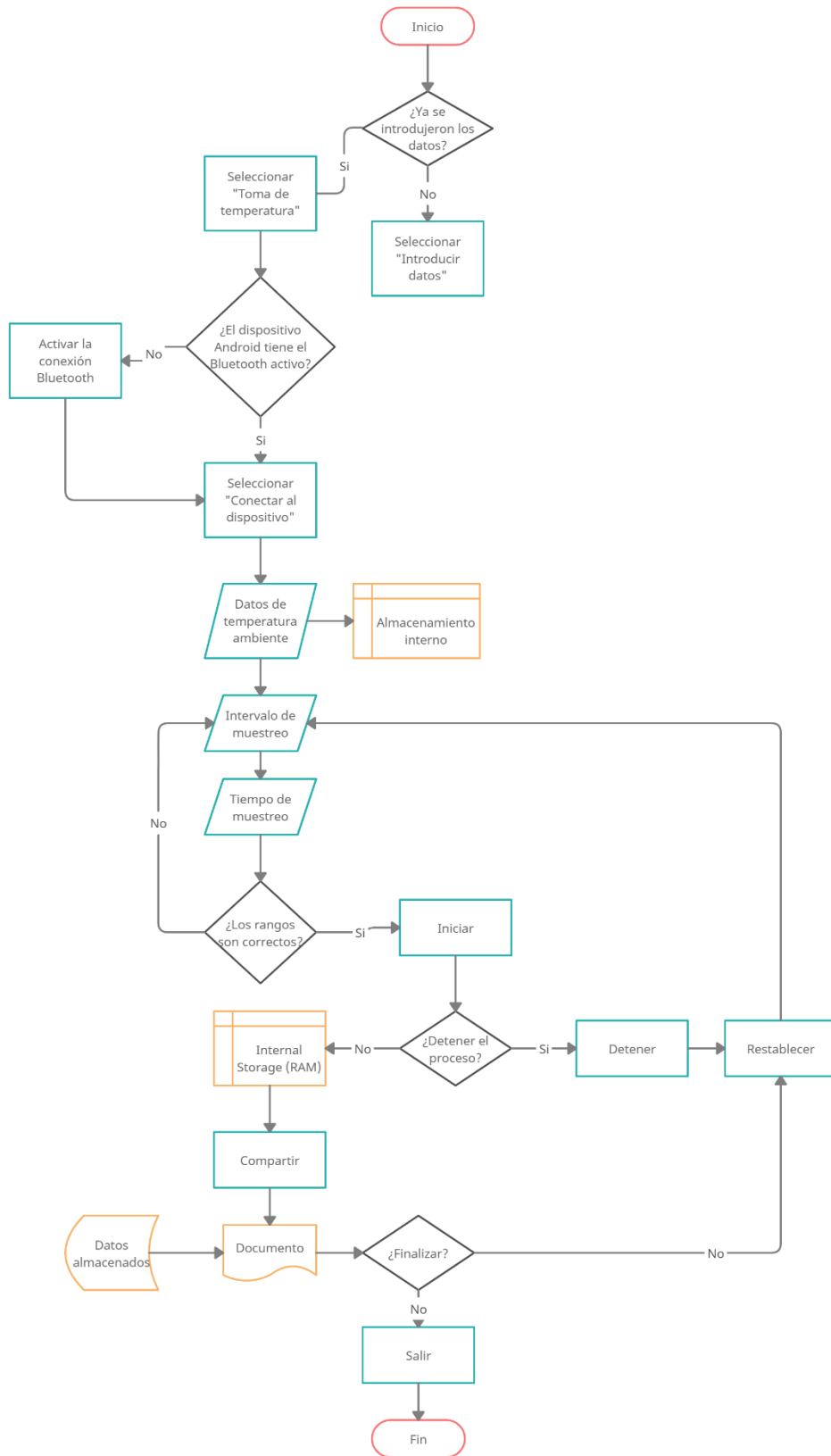
7.1.1 Diagrama general



7.1.2 Para la pantalla “Introducir datos”



7.1.3 Para la pantalla “Toma de temperatura”



7.2 USO DE LA APP Y DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX: MANUAL DE USUARIO

7.2.1 Diagrama

Los elementos del dispositivo se muestran en la Figura 7-1 y se describen a continuación.

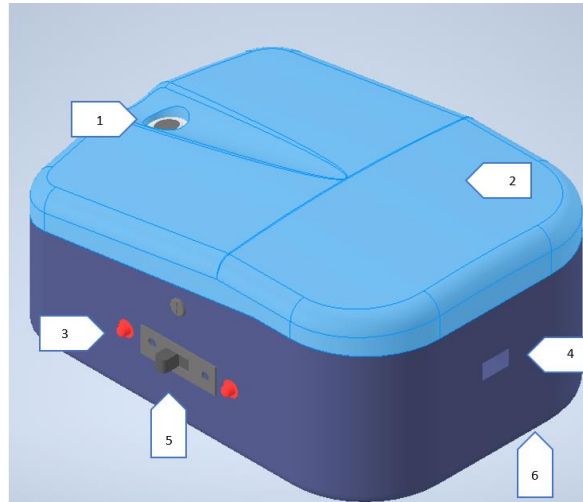


Figura 7-1: Diagrama de elementos del dispositivo TERMOFINGER-MX

1. Sensor.
2. Tapa.
3. Leds indicadores.
4. Orificio de carga.
5. Switch de encendido/apagado.
6. Base.

7.2.2 Uso del dispositivo

Posicionando el dispositivo con el sensor apuntando hacia enfrente:

- a) Encender el dispositivo cambiando la posición del switch (5), después de unos segundos, el led indicador (3) debe encenderse.
- b) Colocar la mano sobre la tapa y asegurarse que el dedo medio caiga sobre el sensor de forma natural y sin generar presión.

7.2.3 Carga de la batería

Antes de utilizar el dispositivo se recomienda cargar la batería por lo menos durante una hora.

- a) Introducir el conector mini USB del cargador al orificio de carga (4).

7.2.4 Instalación

- a) En el dispositivo móvil (teléfono celular o tableta) encender la conexión a bluetooth (Figura 7-2)

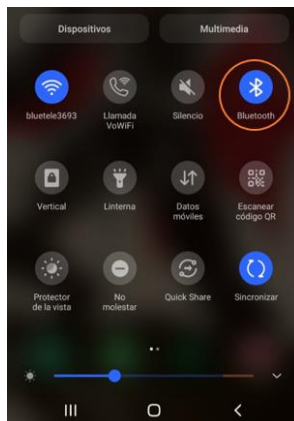


Figura 7-2: Instalación, Conexión a Bluetooth

Si es la primera vez realizando la conexión, continuar con el paso denotado en el inciso b), de lo contrario saltarse hasta el paso del inciso g).

- b) Buscar el dispositivo Bluetooth “BT04-A” en la lista de dispositivos disponibles y seleccionar (Figura 7-3).

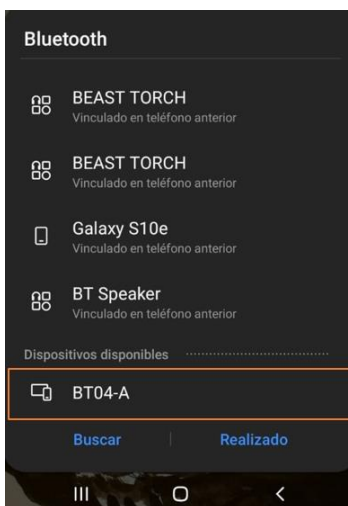


Figura 7-3: Conexión al dispositivo

c) Vincular el dispositivo por medio de la clave “1234” (Figura 7-4).

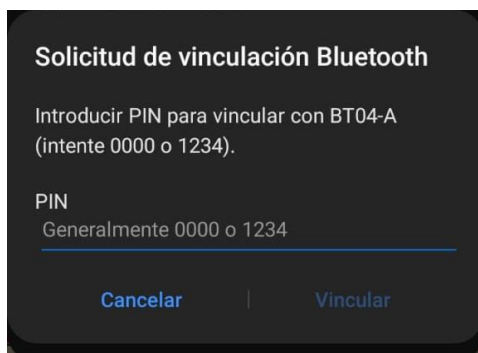


Figura 7-4: Vinculación al dispositivo

d) Ubicar e instalar la App TERMOFINGER (Figura 7-5).

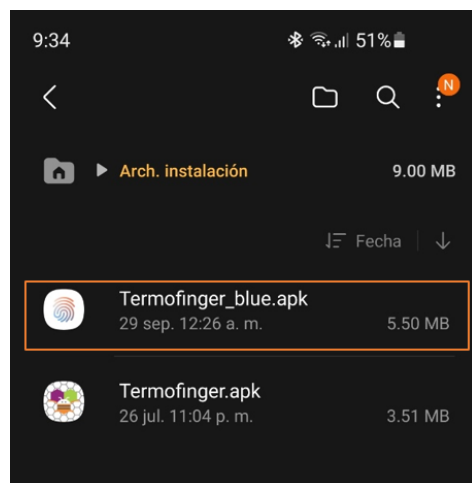


Figura 7-5: Instalación de la App A

Aceptar la instalación de la App (Figura 7-6).

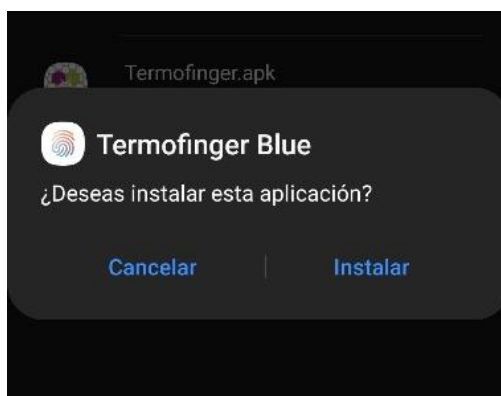


Figura 7-6: Instalación de la App B

7.2.5 Generación de datos

e) Abrir la App TERMOFINGER (Figura 7-7).



Figura 7-7: Abrir la App

Una vez realizado este proceso es posible utilizar la App TERMOFINGER. Al abrir la App se muestra la pantalla principal.

f) Presionar la opción “Introducir datos” de la pantalla principal (Figura 7-8).

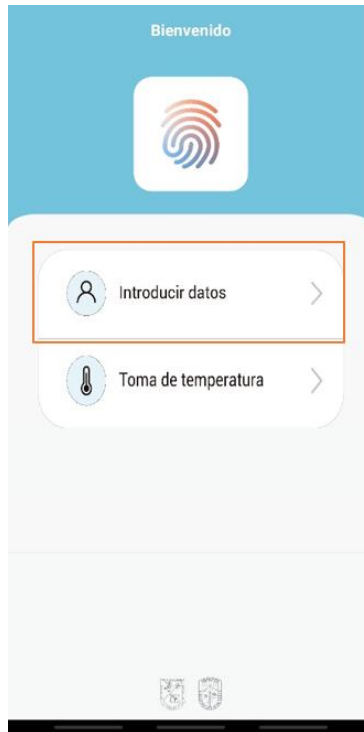


Figura 7-8: Botón "Introducir datos"

Rellene el formulario de acuerdo con sus datos y presione “Guardar datos” (Figura 7-9).

The image shows a mobile application form titled "Introducir datos". At the top left, there is a back arrow and a person icon. The form contains several input fields and toggle switches. The fields are: "Introduzca su nombre:" with the example "Ej: Bruno Díaz"; "Edad:" with the example "Ej: 20"; "No. de sesión:" with the example "Ej: 1"; "Sexo:" with two radio buttons, "Masculino" (selected) and "Femenino"; and "Hora de su último alimento:" with a time selection field. Below these are two questions, each with "Si" and "No" radio buttons: "¿Ha consumido sustancias proactivas?" (No selected) and "¿Ha presentado fiebre en los últimos días?" (No selected). At the bottom of the form is a blue button labeled "Guardar datos".

Figura 7 -9: Pantalla "Introducir datos"

- g) Introducir su nombre en el cuadro de texto, este nombre será el mismo que tendrá el archivo de texto generado. Evite utilizar espacios y caracteres especiales (Figura 7-10).

Introducir datos

Introduzca su nombre:
Mariana

Edad: 21 No. de sesión: 3

Sexo:

Fecha del último periodo menstrual:
16/10/2021

Hora de su último alimento:
8:30:00 p. m.

¿Ha consumido sustancias proactivas?
Sí No

¿Cuál y hace cuánto?
Café, hace 1 hora

¿Ha presentado fiebre en los últimos días?
Sí No

Guardar datos

Figura 7-10: Botón "Guardar datos"

- a) Una vez llenado el formulario y de vuelta en la pantalla principal, presionar la opción "Toma de temperatura" (Figura 7-11).



Figura 7-11: Botón "Toma de temperatura"

7.2.6 Muestreo

- b) De clic en el botón "Conectar dispositivo" y dar seleccionar la opción "BT04-A" (Figura 7-12).



Figura 7-12: Conexión al dispositivo desde la App

- c) Una vez conectado, espere 30 segundos en lo que se muestrea la temperatura ambiente. De clic en Aceptar una vez que se le permita (Figura 7-13).

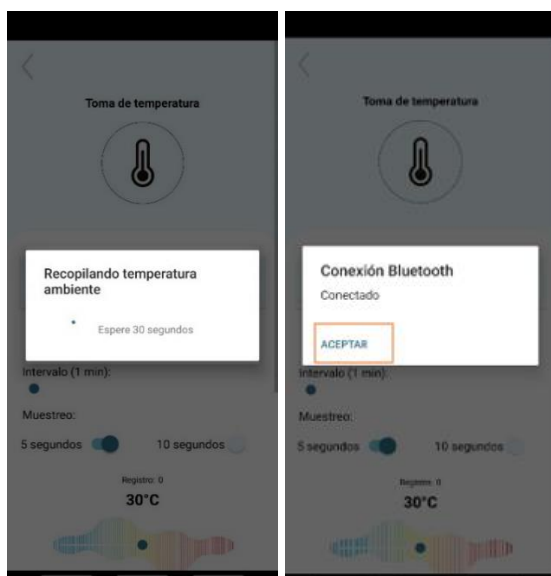


Figura 7-13: Recopilación de temperatura ambiente

7.2.7 Selección de los rangos de medición

- d) Seleccionar el intervalo de muestreo recorriendo el deslizador hacia el tiempo deseado, mínimo 1 minuto, máximo 30 minutos.
- e) Seleccione la frecuencia de muestreo, 5 o 10 segundos.



Figura 7-14: Selección de los rangos de medición

f) Presionar en el botón “Iniciar” (Figura 7-15).

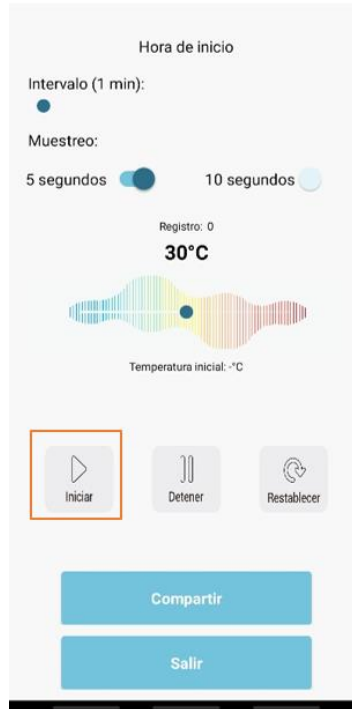


Figura 7-15: Botón "Iniciar"

En caso de querer interrumpir el proceso presionar el botón “Detener” (Figura 7-16).

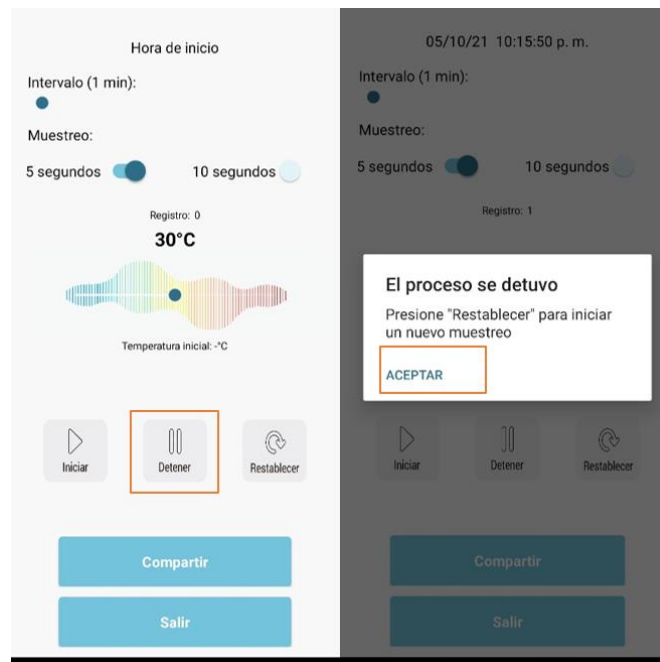


Figura 7-16: Botón "Detener"

Al finalizar el proceso de adquisición aparecerá una notificación en la pantalla, de clic en “Aceptar” para salir de la notificación (Figura 7-17).

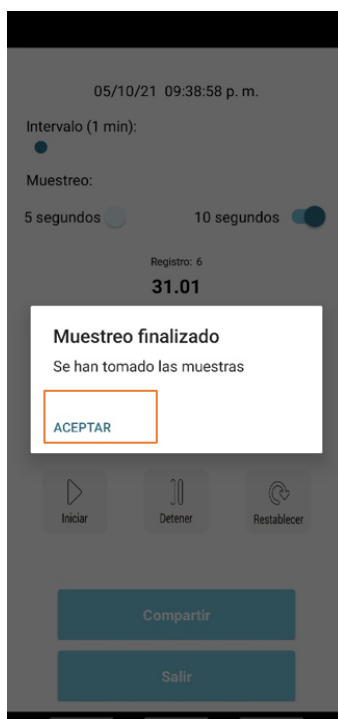


Figura 7-17: Muestreo finalizado

7.2.8 Envío de los datos

Una vez finalizado el proceso de adquisición es posible enviar los datos por medio de alguna App externa instalada en el teléfono celular o Tablet, para esto los pasos a seguir son los siguientes.

- g) Dar clic en el botón “Compartir” (Figura 7-18).



Figura 7-18: Compartir datos

h) Seleccionar la App deseada para compartir los datos (Figura 7-19).



Figura 7-19: Método de compartir los datos

i) Enviar los datos (Figura 7-20).

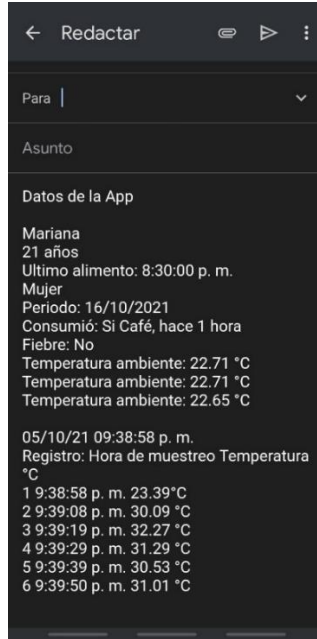


Figura 7-20: Visualización de los datos

7.2.9 Salir de la App.

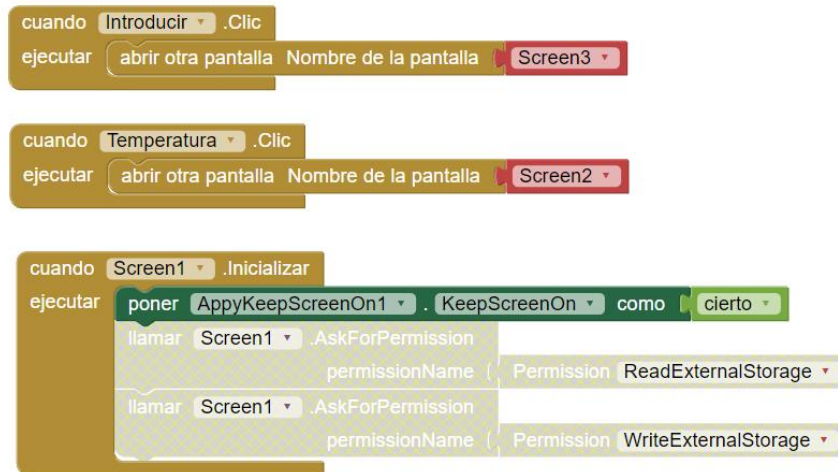
De clic en el botón “Salir” (Figura 7-21).



Figura 7-21: Botón "Salir"

7.3 CÓDIGO DE LA APP TERMOFINGER-MX EN APP INVENTOR 2

7.3.1 Pantalla principal



7.3.2 Pantalla "Introducir los datos"



```

cuando SelectorFiebre .DespuésFechaRecibida
ejecutar poner SelectorFiebre .Texto como llamar Reloj1 .FormatoDeFecha
instante llamar Reloj1 .MakeDate
year SelectorFiebre .Año
month SelectorFiebre .Mes
day SelectorFiebre .Día
pattern "dd/MM/yyyy"

```

```

cuando SelectorMenst .DespuésFechaRecibida
ejecutar poner SelectorMenst .Texto como llamar Reloj1 .FormatoDeFecha
instante llamar Reloj1 .MakeDate
year SelectorMenst .Año
month SelectorMenst .Mes
day SelectorMenst .Día
pattern "dd/MM/yyyy"

```

```

cuando Screen3 .Inicializar
ejecutar poner fiebre .Visible como falso
poner SelectorFiebre .Visible como falso
poner Imenst .Visible como falso
poner SelectorMenst .Visible como falso
poner Sustancia .Visible como falso
poner Isust .Visible como falso

```

```

cuando SH .Cambiado
ejecutar si SH .On
entonces poner SM .On como falso
poner Imenst .Visible como falso
poner SelectorMenst .Visible como falso

```

```

cuando SM .Cambiado
ejecutar si SM .On
entonces poner SH .On como falso
poner Imenst .Visible como cierto
poner SelectorMenst .Visible como cierto

```

```

cuando SwF1 .Cambiado
ejecutar si SwF1 .On
entonces poner SwF2 .On como falso
poner Ifiebre .Visible como cierto
poner SelectorFiebre .Visible como cierto

```

```

cuando SwF2 .Cambiado
ejecutar si SwF2 .On
entonces poner SwF1 .On como falso
poner Ifiebre .Visible como falso
poner SelectorFiebre .Visible como falso

```

```
cuando SwS1 .Cambiado
ejecutar
  si SwS1 . On
  entonces
    poner SwS2 . On como falso
    poner Isust . Visible como cierto
    poner Sustancia . Visible como cierto
```

```
cuando SwS2 .Cambiado
ejecutar
  si SwS2 . On
  entonces
    poner SwS1 . On como falso
    poner Isust . Visible como falso
    poner Sustancia . Visible como falso
```

```
cuando Edad .ObtenerFoco
ejecutar
  llamar Edad .RequestFocus
```

```
cuando Edad .PerderFoco
ejecutar
  llamar Edad .OcultarTeclado
```

```
cuando Nombre .PerderFoco
ejecutar
  llamar Nombre .OcultarTeclado
```

```
cuando Nombre .ObtenerFoco
ejecutar
  llamar Nombre .RequestFocus
```

```
cuando Sesion .ObtenerFoco
ejecutar
  llamar Sesion .RequestFocus
```

```
cuando Sesion .PerderFoco
ejecutar
  llamar Sesion .OcultarTeclado
```

```
cuando Sustancia .ObtenerFoco
ejecutar
  llamar Sustancia .RequestFocus
```

```
cuando Sustancia .PerderFoco
ejecutar
  llamar Sustancia .OcultarTeclado
```

```
cuando SelectorAlimento .DespuésdeDefinirHora
ejecutar
  poner SelectorAlimento . Texto como
  llamar Reloj1 .FormatoDeHora
  instante llamar Reloj1 .MakeTime
  hour SelectorAlimento . Hora
  minute SelectorAlimento . Minuto
  second 0
```

```

cuando BSave .Clic
ejecutar
  poner global txt a unir " "
  unir "Nombre" . Texto
  ".txt"
  llamar TinyBD1 .GuardarValor
  etiqueta "user"
  valorAGuardar tomar global txt
  si SM . On
  entonces
    poner global sexo a "Mujer\n"
    poner global periodo a unir "Periodo:\t"
    unir "SelectorMenst" . Texto
    "\n"
  sino
    poner global sexo a "Hombre\n"
    poner global periodo a " "
  si SwF1 . On
  entonces
    poner global fiebre a unir "Fiebre: Silt"
    unir "SelectorFiebre" . Texto
    "\n"
  sino
    poner global fiebre a "Fiebre: No\n"
  si SwS1 . On
  entonces
    poner global sustancia a unir "Consumió: Silt"
    unir "Sustancia" . Texto
    "\n"
  sino
    poner global sustancia a "Consumió: No\n"

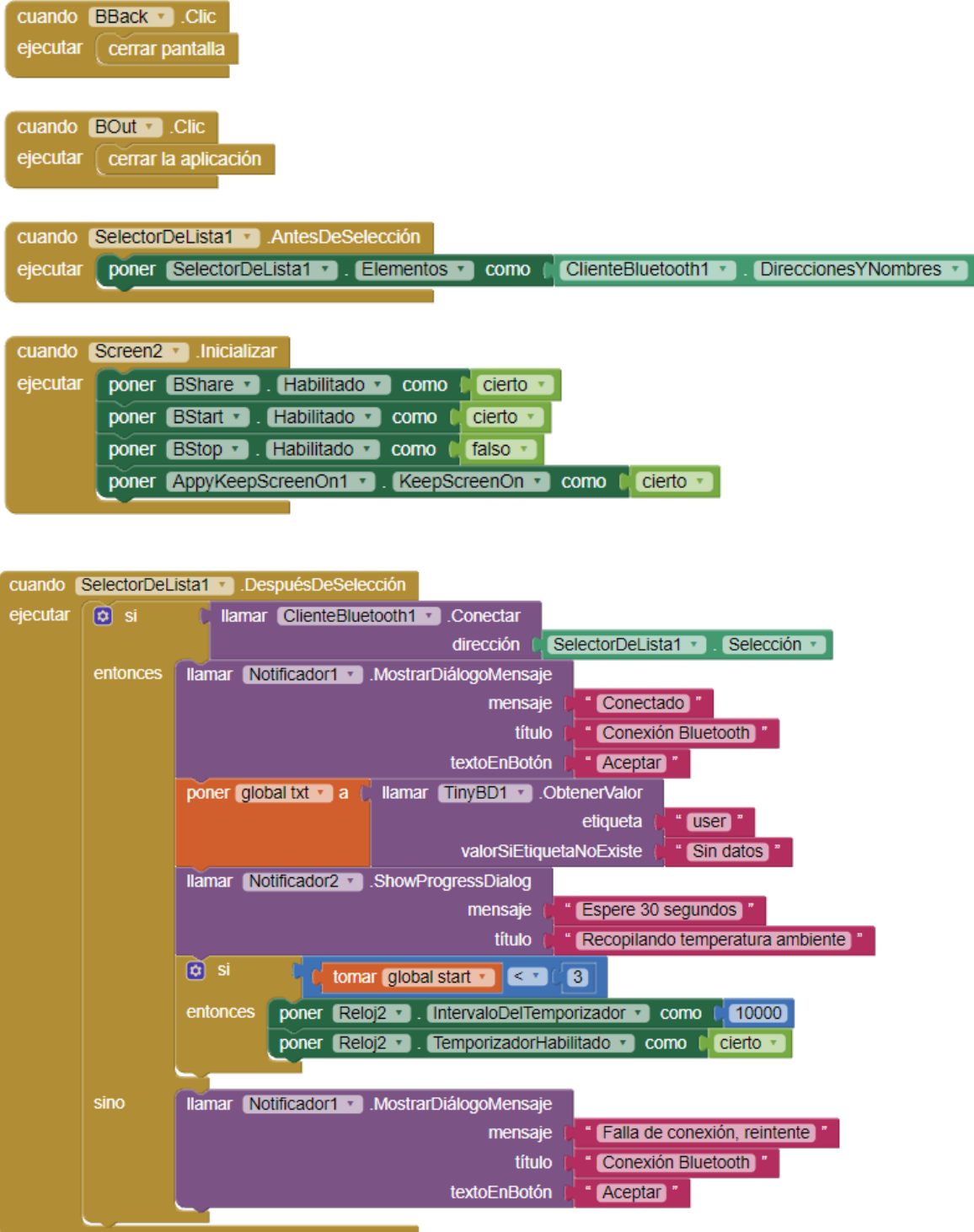
```

```

poner global name a unir "\n"
  unir "Nombre" . Texto
  "\n"
poner global edad a unir "Edad" . Texto
  "años\n"
poner global sesion a unir "Sesión #."
  unir "Nombre" . Texto
  "\n"
poner global sesion a unir "Ultimo alimento:"
  unir "SelectorAlimento" . Texto
  "\n"
llamar Archivo1 .AñadirAArchivo
texto unir tomar global name
  unir tomar global edad
  unir tomar global sesion
  unir tomar global sexo
  unir tomar global periodo
  unir tomar global sustancia
  unir tomar global fiebre
nombreDeArchivo tomar global txt
llamar TinyBD1 .GuardarValor
etiqueta "Et"
valorAGuardar tomar global datos
cerrar pantalla

```


7.3.3 Pantalla “Toma de temperatura”



inicializar global m como 5000

inicializar global slid como 1

inicializar global time como 0

inicializar global it como 1

inicializar global start como 0

inicializar global ltoma como "-----"

inicializar global temp como "0"

```
cuando BReset .Clic
ejecutar
  poner global it a 1
  poner global slid a 1
  poner global start a 0
  poner global ltoma a "0"
  poner lminuto . Texto como "Intervalos (-- min)"
  poner lhora . Texto como "Hora de inicio"
  poner ltemp . Texto como "0"
  poner lregistro . Texto como "0"
  poner Reloj1 . TemporizadorHabilitado como falso
  poner Deslizador1 . PosiciónDelPulgar como 0
  poner Switch1 . On como cierto
  poner escala . PosiciónDelPulgar como 25.0
```

inicializar global txt como "0"

inicializar global datos como "0"

inicializar global scale como ltemp . Texto

```
cuando Switch1 .Cambiado
ejecutar
  si Switch1 . On
  entonces
    poner Switch2 . On como falso
    poner global m a 5000
```

```
cuando Switch2 .Cambiado
ejecutar
  si Switch2 . On
  entonces
    poner Switch1 . On como falso
    poner global m a 10000
```

```

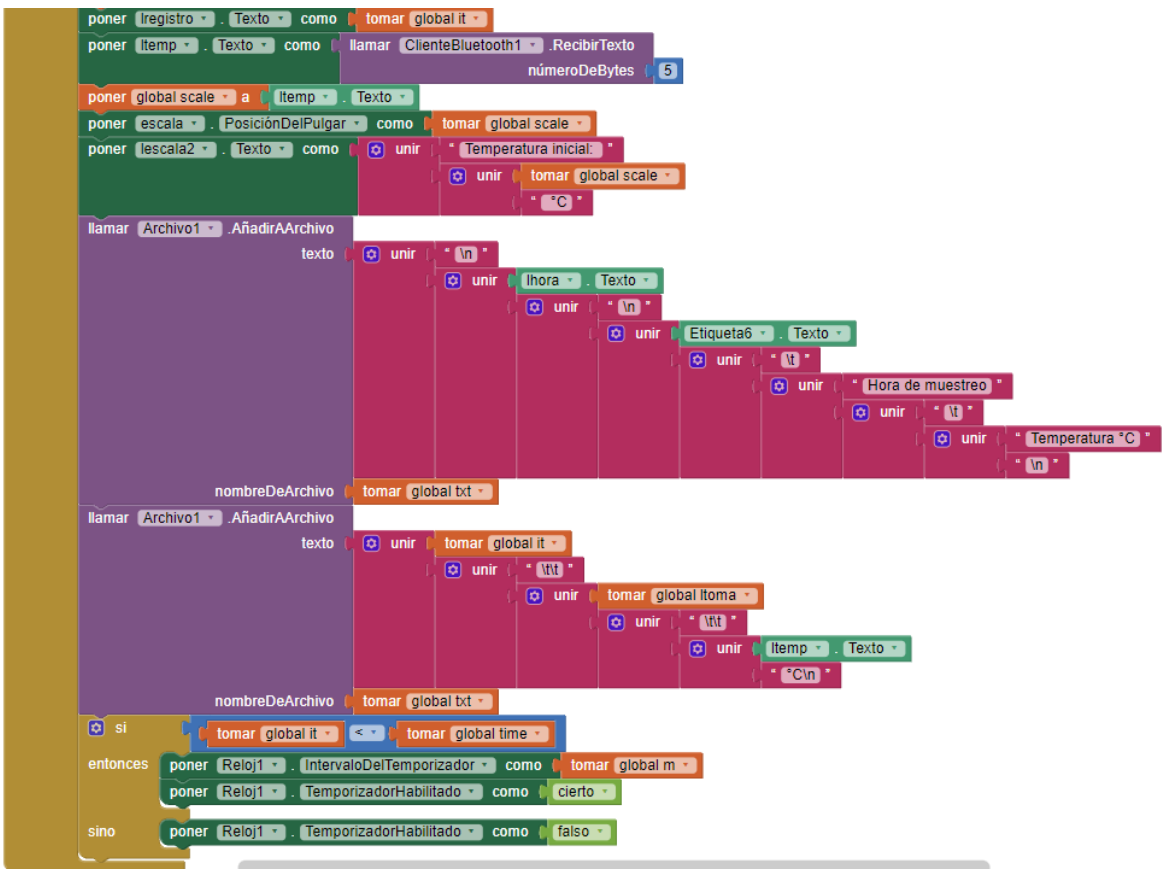
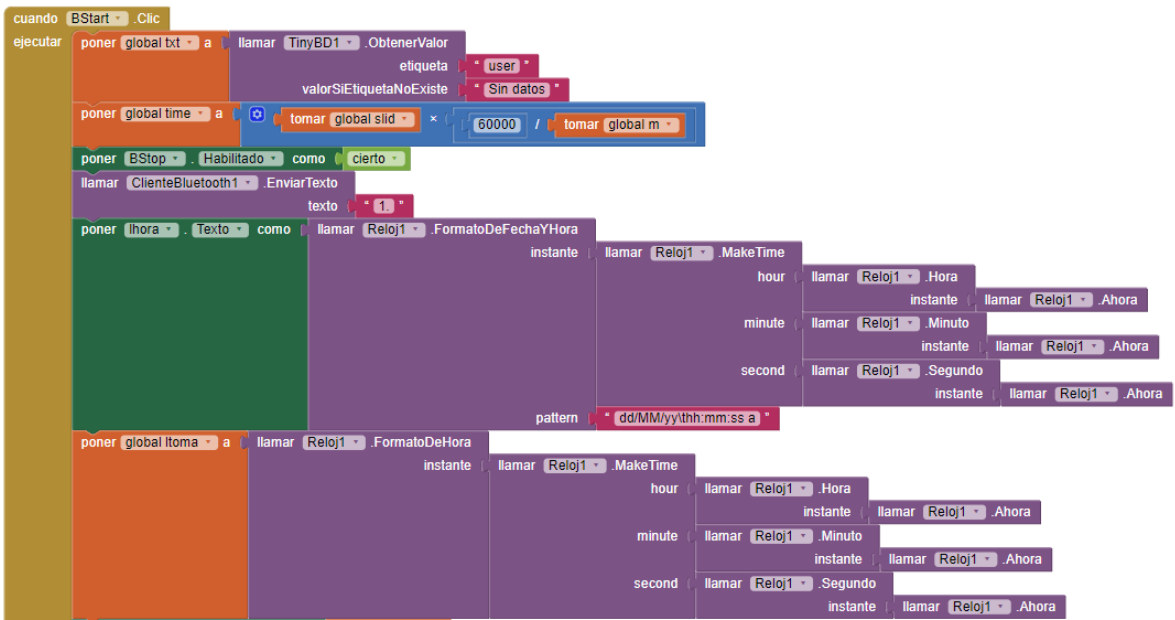
cuando Reloj2 . Temporizador
ejecutar
  si
    tomar global start = 3
  entonces
    poner global start a 0
  sino
    poner global start a tomar global start + 1
    llamar ClienteBluetooth1 .EnviarTexto
      texto "1."
    poner global temp a unir " Temperatura ambiente:\t "
      unir llamar ClienteBluetooth1 .RecibirTexto
        númeroDeBytes 5
      unir " °C\n "
    llamar Archivo1 .AñadirAArchivo
      texto tomar global temp
      nombreDeArchivo tomar global txt
  si
    tomar global start = 3
  entonces
    llamar Notificador2 .DismissProgressDialog
    poner Reloj2 . TemporizadorHabilitado como falso

```

```

cuando BStop .Clic
ejecutar
  poner Reloj1 . TemporizadorHabilitado como falso
  poner global it a 1
  poner global slid a 1
  poner global start a 0
  llamar Notificador3 .MostrarDiálogoMensaje
    mensaje " Presione \"Restablecer\" para iniciar un nuevo mue... "
    título " El proceso se detuvo "
    textoEnBotón " Aceptar "

```



```

cuando Deslizador1 . PosiciónCambiada
  posiciónDelPulgar
ejecutar
  poner global slid a redondear tomar posiciónDelPulgar
  poner lminuto . Texto como
  unir "Intervalos: (
  unir tomar global slid
  " min) "

```

```

cuando Reloj1 . Temporizador
ejecutar
  si
  entonces
    poner global it a 1
  sino
    poner global it a tomar global it + 1
    llamar ClienteBluetooth1 . EnviarTexto
    texto 1
    poner lregistro . Texto como tomar global it
    poner global ltime a llamar Reloj1 . FormatoDeHora
    instante llamar Reloj1 . MakeTime
    hour llamar Reloj1 . Hora
    instante llamar Reloj1 . Ahora
    minute llamar Reloj1 . Minuto
    instante llamar Reloj1 . Ahora
    second llamar Reloj1 . Segundo
    instante llamar Reloj1 . Ahora
    poner ltemp . Texto como llamar ClienteBluetooth1 . RecibirTexto
    númeroDeBytes 5
    si
    entonces
      poner global scale a ltemp . Texto
      poner escala . PosiciónDelPulgar como tomar global scale
    sino
      poner global scale a tomar global scale

```

```

llamar Archivo1 . AñadirAArchivo
  texto
  unir tomar global it
  unir "\t\t"
  unir tomar global ltime
  unir "\t\t"
  unir ltemp . Texto
  unir "\n"
  nombreDeArchivo tomar global txt
  si
  entonces
    llamar Notificador2 . MostrarDiálogoMensaje
    mensaje "Se han tomado las muestras"
    título "Muestreo finalizado"
    textoEnBotón "Aceptar"
    poner Reloj1 . TemporizadorHabilitado como falso

```

```

cuando BShare . Clic
ejecutar
  llamar Archivo2 . LeerDesde
  nombreDeArchivo tomar global txt

```

```

cuando Archivo2 . ObtuvoTexto
  texto
ejecutar
  poner global datos a llamar TinyBD1 . ObtenerValor
  etiqueta "Et"
  valorSiEtiquetaNoExiste "No hay datos"
  llamar Compartir1 . CompartirMensaje
  mensaje
  unir "Datos de la App"
  unir "\n"
  unir tomar texto

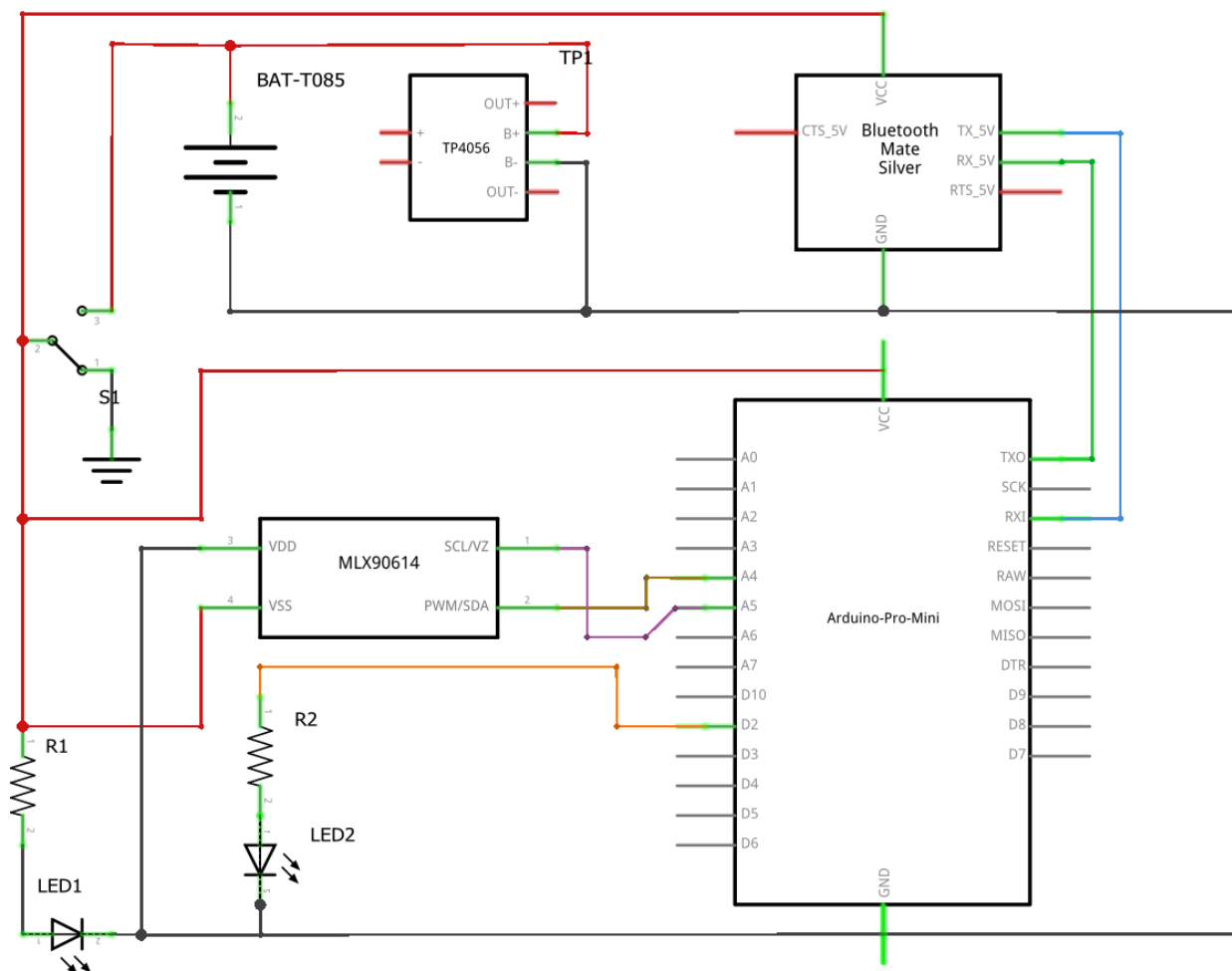
```

7.4 CÓDIGO DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX

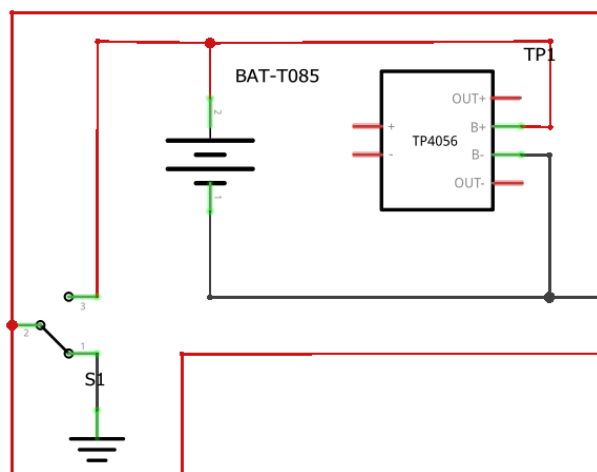
```
//Sensor
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <Wire.h>
Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();
//Bluetooth
char buff[32];
int t=0;
int i;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  mlx.begin();
  pinMode(8, OUTPUT);
}
void loop() {
  t=mlx.readObjectTempC();
  char ch;
  int c;
  int flg = 0;
  if (Serial.available()){
    ch = Serial.read();
    buff[i++] = ch;
    if(ch == '.'){
      flg = 1;
      i = 0;
    }
  }
  if(flg){
    flg = 0;
    digitalWrite(8, HIGH);
    Serial.print(t);
    Serial.print("°C");
    delay(250);
  }
}
```

7.5 CIRCUITO DEL DISPOSITIVO TERMOFINGER-MX

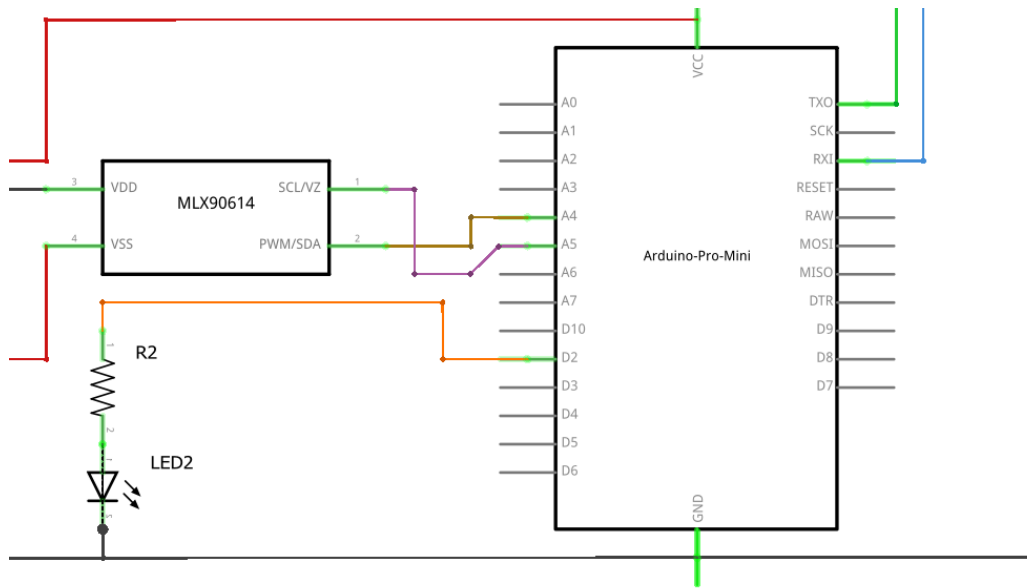
7.5.1 Circuito general



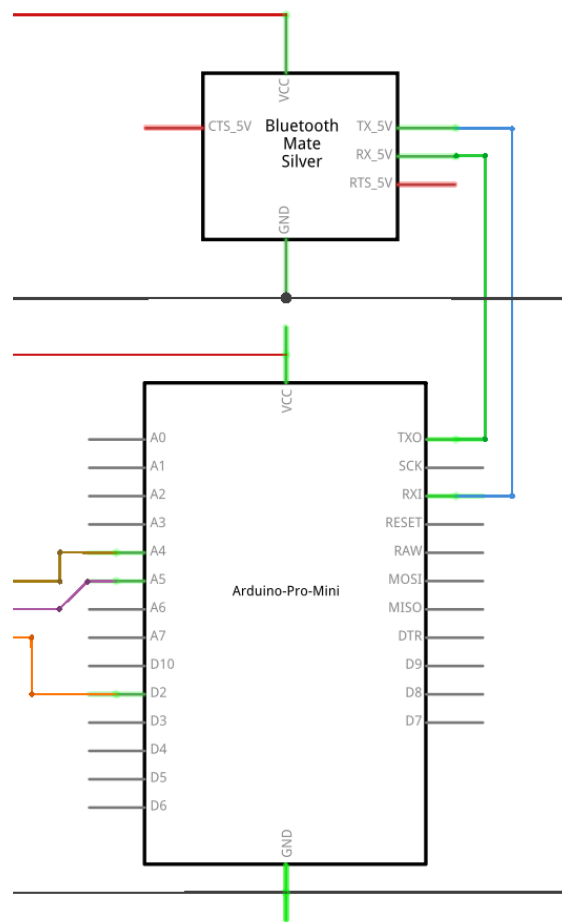
7.5.2 Circuito de alimentación



7.5.3 Circuito de monitoreo



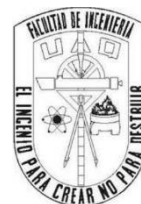
7.5.4 Circuito de comunicación



7.6 CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
**CARTA DE CONSENTIMIENTO
INFORMADO**



San Juan del Río, Querétaro, a ____ de _____ del año 20 ____

Antes de expresar y en su caso aceptar participar, por favor lea este consentimiento cuidadosamente. Haga todas las preguntas y dudas que se produzcan, para asegurarse de que entienda los objetivos, procedimientos y resultados del estudio, incluyendo los posibles riesgos y los beneficios.

Propósito Principal del estudio: Desarrollar un sensor sin contacto de temperatura basado en el IoT para medición de estrés, capaz de enviar información por medio de Bluetooth a una app de Android.

Participantes: La participación es completamente voluntaria. Puede permanecer o abandonar la intervención en cualquier momento. Los datos e información que proporcione y que se obtendrán de las mediciones es parte de su propiedad y a través de la firma del consentimiento informado autoriza a utilizarlos para lograr un beneficio para esta investigación.

Tiempo requerido: Aproximadamente 15 minutos por persona para completar las actividades de llenado de datos y toma de temperatura, durante la jornada programada para el día _____ del mes _____ en un horario de las _____ hasta las _____.

Beneficios: Esta investigación no busca obtener beneficio económico alguno, ni para el investigador, ni para los colaboradores del estudio. Si decide participar, tendrá derecho a solicitar toda la información sobre los resultados obtenidos y los análisis que se deriven de la información registrada durante todo el proceso.

Derecho a retirarse del estudio de investigación: Puede retirarse del estudio en cualquier momento. Sin embargo, los datos obtenidos hasta ese momento seguirán formando parte del estudio a menos que solicite expresamente que su identificación y su información sea borrada de la base de datos.

Procedimiento: La prueba del dispositivo se llevará a cabo bajo la supervisión directa y acompañamiento de un profesional acreditado, en los horarios que se le asignaron de acuerdo con la agenda de actividades del día ____ y año _____.

La prueba de temperatura realizada para la evaluación es de tipo no invasiva, lo cual significa que el participante no se verá afectado por estas. La duración de la prueba no es mayor a 15 minutos, donde incluso el participante puede retirarse en caso de no sentirse cómodo con dicha prueba.

Este consentimiento informado cumple con los lineamientos establecidos en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la Declaración de Helsinki y las Buenas Prácticas Clínicas emitidas por la Comisión Nacional de Bioética.

Investigadores principales durante la aplicación del protocolo:

Francisco Emiliano Sánchez Callejas, Facultad de Ingeniería, UAQ

Dr. Irving Armando Cruz Albarrán, Facultad de Ingeniería, UAQ

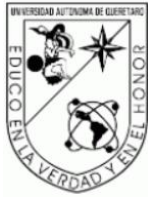
Dr. Luis Alberto Morales Hernández, Facultad de Ingeniería, UAQ

Yo, _____ he leído el procedimiento descrito en el presente documento. El equipo de investigadores responsables me ha explicado el estudio y han contestado mis preguntas. Voluntariamente doy mi consentimiento para participar en el proyecto denominado “Diseño y desarrollo del dispositivo TERMOFINGER-MX basado en IoT para medición de temperatura sin contacto”.

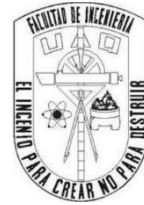
Firma del participante

Preguntas o dudas sobre los derechos como participante en este proyecto, pueden ser dirigidas a: Francisco Emiliano Sánchez Callejas, (fsanchez11@alumnos.uaq.mx).

7.7 CARTA DE CONFIDENCIALIDAD



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
QUERÉTARO**
FACULTAD DE INGENIERÍA
**CARTA DE CONFIDENCIALIDAD DE
DATOS**



San Juan del Río, Querétaro, a ____ de _____ del año 20__

A QUIEN CORRESPONDA PRESENTE.

Yo, _____ me comprometo a aceptar íntegramente el presente acuerdo de confidencialidad de datos. La información recabada será obtenida bajo el proyecto denominado “Diseño y desarrollo del dispositivo TERMOFINGER-MX basado en IoT para medición de temperatura sin contacto”.

Los acuerdos de confidencialidad a los que me comprometo son:

- Resguardar la información obtenida en el presente proyecto de investigación.
- No divulgar ninguna información confidencial.
- La información obtenida sólo será para fines académicos y de investigación.

Así mismo, aceptó los compromisos, exigencias y penalidades que implica la presente carta de confidencialidad de datos.

Firma del responsable

Preguntas o dudas sobre los derechos como participante en este proyecto, pueden ser dirigidas a: Francisco Emiliano Sánchez Callejas, (fsanchez11@alumnos.uaq.mx).

Facultad de Ingeniería, UAQ.