



Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Tecnologías de la Información y la Comunicación

Proyecto de grado para optar por el título de:

Ingeniero en Tecnologías de la Información y la Comunicación

Proyecto de grado:

Diseño, desarrollo e implementación de un brazalete IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana: VitaLinker

Sustentantes:

Tomás Cruz Rodríguez – 09-0298

Marycarmen Pulgar Jiménez – 20-0283

Asesor:

Dr. Darwin Muñoz

25 de agosto del 2023

Santo Domingo, D.N.

República Dominicana

Dedicatoria

A mis padres, Cenia y Tomás, y a mi amada esposa, Gina, quienes han sido mi pilar y mi mayor inspiración en cada paso que he dado a lo largo de este camino.

A mi estimada colega, Marycarmen, cuya presencia inspira la búsqueda constante de la excelencia y motiva a superar nuestros propios límites.

A cada uno de mis compañeros que, ya sea mediante su experticia, observaciones o acciones, enriquecieron y fortalecieron este proceso. La diversidad y profundidad de sus aportes han sido esenciales para moldear y mejorar la dirección y calidad de mi experiencia.

A mis queridos profesores Rina Familia, Linardo Fernández, Néstor Matos, Niurka Hernández, José Muñoz, Willys Polanco, Ricardo Joseph, Julio Morales, y tantos otros que, con su constante dedicación, no solo impartieron conocimiento, sino que también sembraron en mí la pasión por aprender, el compromiso con la excelencia y la importancia de la perseverancia en cada desafío. Su influencia trasciende las aulas y se refleja en cada paso que doy en mi trayectoria profesional y personal.

Tomás Cruz Rodríguez

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este proyecto a mis padres, Diego M. Pulgar García y Mercedes A. Jiménez, por todo el amor y apoyo absoluto que me han dado, la confianza que han depositado en mí; y el tiempo, esfuerzo y dedicación que han invertido para educarme, disciplinarme y convertirme en lo que soy y represento hoy en día como persona.

En segundo lugar, dedico este proyecto a mis hermanas, María del Pilar Dueñas Jiménez y María Josefa Dueñas Jiménez, por siempre creer en mis aptitudes, conocimientos y destrezas, querer lo mejor para mí y ser mis modelos a seguir de madurez y resiliencia.

Por último, dedico este proyecto a mis verdaderos amigos, por mantenerse en contacto conmigo a pesar del paso del tiempo, brindarme su apoyo y acompañarme tanto en las buenas como en las malas.

Marycarmen Pulgar Jiménez

Agradecimientos

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Cenia y Tomás, por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de mi vida y mi proceso académico. Ellos han sido mi fortaleza y mi guía, han confiado en mí y en mis decisiones, incluso cuando no han sido las más acertadas. Gracias a su confianza, he podido fortalecer mi determinación para alcanzar mis metas y culminar este trabajo de forma satisfactoria.

También me gustaría agradecer sinceramente a mi amada esposa, Gina, por su excepcional paciencia y apoyo inquebrantable desde el primer día en el que me embarqué en este desafiante camino. Su presencia y comprensión han sido vitales en momentos difíciles, y su amor ha sido la fuente de energía que me ha impulsado a seguir adelante. Gina, gracias por ser mi compañera en cada paso de esta aventura y por creer siempre en mí.

A todos ellos, les estoy eternamente agradecido y dedico este logro con la esperanza de que sirva como un humilde tributo a todo lo que han hecho por mí.

Tomás Cruz Rodríguez

Agradecimientos

Agradezco a mi padre, Diego M. Pulgar García, porque con su dedicación, disciplina, ejemplo y pasión por su trabajo, he podido aprender y aplicarme. Es gracias a su apoyo, conocimientos, consejos, esfuerzo, mentoría, paciencia y sacrificio que he logrado darle forma a este proyecto y acabarlo lo mejor posible. Estoy agradecida por todo el tiempo y los recursos que ha sacrificado para lograr que yo cursara esta carrera en la Universidad Iberoamericana (UNIBE) y por haberme ayudado en este proceso a pesar de todo el trabajo que ha tenido por delante. Él fue la persona que me ayudó a poner los pies sobre la tierra y pensar mejor las cosas en aquellos momentos en los que me preocupaba más de la cuenta. Me siento muy feliz de ser la hija de un hombre tan creativo, dedicado, inteligente y único. A pesar de que a veces tenemos nuestras diferencias, lo quiero, estimo y respeto bastante.

Agradezco a mi madre, Mercedes A. Jiménez, porque ha sacrificado estos últimos 22 años de su vida para cuidarme, educarme y garantizar que sea una persona de bien. Es gracias a su amor, apoyo, conocimientos, consejos de vida, paciencia y positivismo que he logrado llegar a este punto de mi carrera. Estoy agradecida porque a pesar de que su vida no haya sido nada fácil, siempre ha hecho hasta lo imposible para que la mía sea mejor, y eso es algo que siempre valoraré. Esos “abrazos de la buena suerte” y sus palabras de aliento me ayudaron a calmarme y sentirme capaz de lograr todo lo que me propusiera. Me siento afortunada de ser la hija de una mujer con una actitud y firmeza de acero pero con un corazón cálido y enorme. La quiero mucho y espero que nunca lo olvide.

Agradezco a mi hermana, María del Pilar Dueñas Jiménez, porque ha sido una segunda madre para mí, especialmente en los últimos años de mi vida, en donde he tenido que afrontar los desafíos de la adultez. Sé que detrás de esa actitud fría y corazón de piedra existe una hermana

mayor veterana que hará lo posible por asegurar el bienestar y futuro de su inexperta hermana menor, por eso la aprecio mucho.

Agradezco a mi hermana, María Josefa Dueñas Jiménez, porque aunque actualmente no nos veamos ni hablemos con frecuencia, siempre visualizó un gran potencial en mí, depositó su confianza absoluta en mis capacidades y ha anhelado mi superación, tanto a nivel académico como profesional.

Agradezco a mi mejor amigo, Yassel Martínez Martínez, porque durante todo este trayecto él ha sido la persona que estuvo ahí para escucharme y con la que he podido desahogarme en los momentos más amargos. Agradezco su compañía, apoyo y el esfuerzo que ha hecho por tratar de levantar mi ánimo, cosa que en la mayoría de las ocasiones ha logrado pese a las circunstancias.

Agradezco a mi compañero de proyecto final, Tomás Cruz Rodríguez, porque a pesar de que ambos poseemos diferentes formas de pensar y ver la vida, aceptó trabajar conmigo y fue capaz de comprenderme. Su inteligencia emocional, madurez, paciencia y seguridad fueron esenciales durante todas las etapas de este proyecto.

Agradezco a mi compañera Eilyn Cristina Vargas Almonte, porque desde el primer día en el que me embarqué en esta larga aventura me ofreció su amistad sincera y ayuda incondicional sin esperar nada a cambio. Ella es un claro ejemplo de compañerismo, solidaridad y sentido de pertenencia.

Agradezco a mi compañera Madeline Taveras Vásquez, porque desde el principio ha mostrado su colaboración, madurez y resiliencia, aspectos importantes de todo líder. Ella sirvió como una guía constante en toda mi trayectoria universitaria, lo que me permitió aprender mucho más de ella y seguir su ejemplo.

Agradezco a mi compañero Manuel Antonio Cordones Trinidad, porque con él aprendí que de vez en cuando tengo el derecho a despejar mi mente y disfrutar de los buenos momentos que brinda la vida aunque la situación no sea la mejor. Aprendí de su forma relajada de lidiar con los problemas, cosa muy importante a nivel personal, académico y laboral.

Agradezco a mi compañero Steven José Llubes Domínguez, porque ha sido de las pocas personas que se han acercado a mí en un intento de conocerme más a fondo y tratar de comprenderme. Me ayudó en más de una ocasión, me brindó sus consejos y fue muy paciente conmigo aunque últimamente no hablemos tanto.

Agradezco a Gianni Ramona Hernández Ramírez, porque aunque no hablábamos seguido, me trató con respeto, se preocupó por mí y se aseguró de siempre saludarme con un abrazo genuino, gesto al que no estoy acostumbrada pero que agradezco bastante haberlo recibido de su parte.

Agradezco a mis compañeros Adrián Rodrigo Martínez Durán, Alberto Miguel García Vásquez, Alejandro Daniel Jiménez Martínez, Anderson Antonio Santos Mireles, Bryan Alejandro Gil Santana, Coralís Pilar Bastardo Santana, Darlyn de Jesús Sala Duvergé, Edison Leonel Mancebo Almonte, Fermín Antonio Amador Feliz, Jan Manuel Báez de La Cruz, José Alejandro Rodríguez Peña, José Luis Guzmán Vidal, Josué Alexander Cayetano Márquez, Josué Alfonso Limouzaine Núñez, Luis Alfredo Cividanes y Nathaly Mya Santana Brito; porque a pesar de no haber interactuado lo suficiente con ellos, aprendí de cada uno y me hicieron reír en más de una ocasión con sus ocurrencias.

Agradezco al profesor Linardo de Jesús Fernández, porque me demostró que todavía existen maestros con un gran amor por su profesión y que muestran un interés genuino en el bienestar y futuro de sus estudiantes.

Agradezco a mi asesor de proyecto final, el Dr. Darwin Muñoz, porque con sus conocimientos, experticia y guía constante logré adquirir las bases necesarias para componer, corregir y entregar un proyecto de mayor calidad.

Agradezco a la Universidad Iberoamericana (UNIBE), porque abrió sus puertas para darme la oportunidad de pertenecer a su comunidad académica y estudiantil, disfrutar de su ambiente e instalaciones, y permitirme conocer a todos los compañeros y maestros con los que he desarrollado y compartido experiencias, tanto buenas como agridulces, que me ayudaron a crecer durante estos cuatro años de carrera.

Marycarmen Pulgar Jiménez

Abstract

Autoimmune diseases comprise a group of pathologies in which body's immune system mistakenly attacks its own tissues and organs. There are more than 80 different types of autoimmune diseases. The most common are: Rheumatoid Arthritis (RA), Type 1 Diabetes, Crohn's Disease, Scleroderma, Multiple Sclerosis (MS), Systemic Lupus Erythematosus (SLE), and Psoriasis. Due to their diversity and behavior, the symptoms that manifest and their severity can vary widely from one autoimmune disease to another, but in general they usually affect the quality of life of the people who suffer them, requiring treatments that tend to be expensive, as well as monitoring and follow-up for the rest of their lives.

VitaLinker consist in an investigation project that entails the development of a prototype of a wearable device with internet of things (IoT) for people with autoimmune diseases in the Dominican Republic. Its purpose is to help them improve their quality of life and the one of their relatives and/or caregivers, as well as provide healthcare professionals better tools to monitor and evaluate the health of their patients.

This investigation project and its respective prototype could represent a significant advance in the healthcare field of Dominican Republic, because of its potential to improve the quality of life of people with autoimmune diseases and the services provided by the healthcare professionals specialized in the area.

Keywords: Autoimmune diseases, internet of things, medicine, monitoring, health, sensors, emerging technologies, wearable technology.

Resumen

Las enfermedades autoinmunes comprenden un conjunto de patologías en las que el sistema inmunológico ataca por error los tejidos y órganos del cuerpo. Existen más de 80 tipos de enfermedades autoinmunes. Algunas de las más comunes son: la Artritis Reumatoide (AR), la Diabetes Mellitus Tipo 1, la Enfermedad de Crohn, la Esclerodermia, la Esclerosis Múltiple (EM), el Lupus Eritematoso Sistémico (LES) y la Psoriasis. Debido a su diversidad y comportamiento, los síntomas que se manifiestan y su gravedad pueden variar significativamente de una enfermedad autoinmune a otra, pero en general suelen afectar la calidad de vida de las personas que las padecen, requiriendo tratamientos que tienden a ser costosos, así como monitorización y seguimiento para el resto de sus vidas.

VitaLinker consiste en un proyecto de investigación que conlleva al desarrollo de un prototipo de dispositivo vestible con internet de las cosas (IoT) para personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana. Su objetivo es ayudarlas a mejorar su calidad de vida y la de sus seres queridos y/o cuidadores, así como proporcionar a los profesionales de la salud mejores herramientas para monitorear y evaluar la salud de sus pacientes.

Este proyecto de investigación y su respectivo prototipo podría representar un avance significativo en el campo de la salud de la República Dominicana, debido a su potencial de mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades autoinmunes y los servicios ofrecidos por los profesionales de la salud especializados en el área.

Palabras claves: Enfermedades autoinmunes, internet de las cosas, medicina, monitorización, salud, sensores, signos vitales, tecnologías emergentes, tecnología vestible.

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iv
Abstract.....	ix
Resumen.....	x
Lista de tablas.....	xvi
Lista de figuras.....	xvii
CAPÍTULO I: Introducción e información general.....	1
1.0 Introducción	2
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.1 Causas.....	3
1.1.2 Consecuencias.....	4
1.1.3 Prevalencia.....	5
1.2 Situación actual	6
1.3 Justificación de la investigación.....	8
1.4 Importancia e interés del tema	9
1.5 Limitaciones.....	10
1.6 Hipótesis preliminar	11
1.7 Objetivos	11
1.7.1 Objetivo general.....	11
1.7.2 Objetivos específicos.....	12
1.8 Preguntas de investigación.....	13
CAPÍTULO II: Marco teórico y estado del arte.....	14

2.0	Introducción al capítulo.....	15
2.1	Antecedentes y referencias.....	16
2.1.1	Aplicaciones similares.....	20
2.2	Base teórica.....	22
2.2.1	Análisis de datos.....	22
2.2.2	Geolocalización.....	23
2.2.3	Internet de las cosas (IoT).....	23
2.2.4	Reumatología.....	24
2.2.5	Sensores biomédicos.....	25
2.2.6	Signos vitales.....	25
2.2.7	Tecnologías emergentes.....	26
2.2.8	Tecnología vestible.....	26
2.2.9	Tipos de enfermedades autoinmunes.....	27
2.3	Base legal.....	27
2.3.1	Ley General de Salud, No. 42-01.....	28
2.3.2	Ley No. 172-13 sobre la Protección de Datos Personales.....	31
CAPÍTULO III: Marco metodológico		33
3.0	Introducción al capítulo.....	34
3.1	Tipo de investigación.....	35
3.2	Método.....	35
3.3	Investigación preliminar.....	35
3.4	Delimitación del problema.....	36
3.4.1	Área geográfica.....	36

3.4.2	Tiempo.....	36
3.4.3	Población y muestra.....	36
3.4.4	Técnicas e instrumentos.....	37
3.4.5	Técnica de procesamiento de análisis de datos.	37
3.4.6	Fuentes de datos.....	37
CAPÍTULO IV: Plan de mercadeo y análisis del entorno		38
4.0	Introducción al capítulo.....	39
4.1	Benchmarking	40
4.2	Mecanismo para poblar de información al sistema.....	42
4.3	Modelo de negocio	44
4.4	Presupuesto.....	45
4.5	Retorno de la inversión	49
CAPÍTULO V: Análisis, presentación de resultados y conclusiones		51
5.0	Introducción al capítulo.....	52
5.1	Encuestas.....	53
5.2	Entrevistas	53
5.2.1	Modelos de entrevista.....	54
5.2.2	Presentación y análisis de los resultados de las entrevistas.....	58
5.3	Resultados de la hipótesis planteada	63
5.4	Verificación y evaluación de objetivos	64
5.4.1	Verificación del objetivo general.	64
5.4.2	Verificación de los objetivos específicos.	65
5.4.3	Respuestas a las preguntas de investigación.....	68

5.5	Conclusiones	70
5.6	Líneas futuras de investigación.....	71
CAPÍTULO VI: Análisis y diseño del prototipo		72
6.0	Introducción al capítulo.....	73
6.1	Narrativa general.....	74
6.1.1	Objetivos de la institución, empresa o sector al que está dirigido el proyecto.....	74
6.1.2	Breve descripción del sistema propuesto.....	77
6.1.3	Objetivos del sistema o proyecto.....	77
6.1.4	Innovaciones del sistema propuesto.	77
6.1.5	Ventajas y beneficios.....	78
6.2	Análisis FODA del sistema propuesto	78
6.3	Diagrama de contexto del sistema.....	79
6.4	Análisis funcional del sistema.....	79
6.4.1	Brazalete IoT.	80
6.4.2	Aplicación móvil.	88
6.5	Diagramas de flujo de los procesos.....	88
6.6	Diagrama de Flujo de Datos (DFD) del sistema propuesto	110
6.7	Diseño de la base de datos.....	110
6.8	Formato de pantallas para la E/S de datos del sistema.....	113
6.9	Diagrama jerárquico de programas y/o menú principales.....	115
6.10	Seguridad y control	115
6.10.1	Políticas de acceso y seguridad.	115
6.10.2	Políticas de backup sugeridas.	117

6.10.3 Descripción de mecanismos de seguridad del sistema.	118
6.11 Especificaciones generales de programas	120
6.12 Descripción de programas.....	120
6.12.1 Tecnología de desarrollo a utilizar.	121
6.13 Cronograma de actividades para el desarrollo del sistema	122
Conclusiones finales.....	125
Glosario de términos.....	126
Lista de referencias.....	128
Apéndice.....	136
Apéndice A – Vista frontal de la versión inicial del prototipo de brazalete IoT.....	136
Apéndice B – Proceso de ensamblaje de la versión final del prototipo de brazalete IoT.	137
Apéndice C –Módulo GPS GT-U7 captando las señales de los satélites.....	137
Apéndice D – Prototipo del brazalete IoT siendo llevado en la muñeca (vista frontal).	138
Apéndice E – Prototipo del brazalete IoT siendo llevado en la muñeca (vista lateral).....	139
Apéndice F – Prototipo del brazalete IoT funcional.	140
Apéndice G – Módulo MAX30102 funcional.....	141
Vita	142

Lista de tablas

Tabla 1. Benchmarking entre Fitbit Sense, Oura Ring y VitaLinker.....	40
Tabla 2. Presupuesto estimado del proyecto “VitaLinker”.....	45
Tabla 3. Gastos de operación del proyecto “VitaLinke	48
Tabla 4. Ganancias anuales tras el lanzamiento de VitaLinker (a cinco años).....	50
Tabla 5. Colección de “Usuarios”.....	110
Tabla 6. Colección de “Datos del Brazaletе”.....	111
Tabla 7. Colección de “Notificaciones”.....	111
Tabla 8. Colección de “Configuración de Usuario”	112

Lista de figuras

Figura 1. Modelo de negocio del proyecto utilizando el Modelo Canvas (elaboración propia)..	44
Figura 2. Análisis FODA del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).....	78
Figura 3. Diagrama de contexto del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).	79
Figura 4. Vista frontal y posterior del prototipo de brazaletes IoT (elaboración propia).....	80
Figura 5. Vista frontal y posterior del circuito impreso (elaboración propia).....	81
Figura 6. Vista frontal y posterior del Microcontrolador Arduino Nano 33 BLE.	82
Figura 7. Vista frontal y posterior del Módulo MAX30102.....	83
Figura 8. Vista frontal del Módulo GPS GT-U7 y su antena.	84
Figura 9. Vista frontal del Termistor Chip NTC.	85
Figura 10. Vista frontal del Porta baterías BH23APC.....	86
Figura 11. Vista frontal de la banda elástica y el velcro.....	86
Figura 12. Diagrama de interconexión de los componentes principales (elaboración propia)....	87
Figura 13. Flujo del registro de cuenta con correo electrónico (elaboración propia).....	89
Figura 14. Flujo del registro de cuenta con número telefónico (elaboración propia).....	90
Figura 15. Flujo del registro de cuenta con cuenta de Google (elaboración propia).....	91
Figura 16. Flujo de verificación de la cuenta (elaboración propia).	92
Figura 17. Flujo de inicio de sesión con correo electrónico (elaboración propia).....	93
Figura 18. Flujo de inicio de sesión con número telefónico (elaboración propia).	94
Figura 19. Flujo de inicio de sesión con cuenta de Google (elaboración propia).....	95
Figura 20. Flujo de recuperación de la contraseña (elaboración propia).....	96
Figura 21. Flujo de visualización del tablero (elaboración propia).	97
Figura 22. Flujo de visualización del promedio de lecturas (elaboración propia).....	98

Figura 23. Flujo de visualizar notificaciones (elaboración propia).	99
Figura 24. Flujo de añadir notificaciones (elaboración propia).....	100
Figura 25. Flujo de editar notificaciones (elaboración propia).....	101
Figura 26. Flujo de eliminar notificaciones (elaboración propia).	102
Figura 27. Flujo de cambio del tema como invitado (elaboración propia).....	103
Figura 28. Flujo de cambio del tema como usuario (elaboración propia).	104
Figura 29. Flujo de completar los datos del perfil (elaboración propia).....	105
Figura 30. Flujo de actualizar los datos perfil (elaboración propia).....	106
Figura 31. Flujo de cambiar la contraseña (elaboración propia).	107
Figura 32. Flujo de eliminar la cuenta (elaboración propia).....	108
Figura 33. Flujo del cierre de sesión (elaboración propia).	109
Figura 34. Diagrama de Flujo de Datos del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).	110
Figura 35. Pantalla de inicio de sesión con el tema claro (elaboración propia).	113
Figura 36. Pantalla de inicio de sesión con el tema oscuro (elaboración propia).....	114
Figura 37. Diagrama jerárquico del menú principal de la aplicación (elaboración propia).	115
Figura 38. Descripción general de las actividades (elaboración propia).	123
Figura 39. Duración estimada de la etapa de diseño (elaboración propia).	124
Figura 40. Duración estimada de la etapa de desarrollo (elaboración propia).	124
Figura 41. Duración estimada de la etapa de integración (elaboración propia).	124
Figura 42. Duración estimada de la etapa de depuración (elaboración propia).....	124

CAPÍTULO I: Introducción e información general

1.0 Introducción

La salud siempre ha sido un factor relevante para los seres humanos, pues esta les proporciona una sensación bastante agradable de vitalidad a nivel físico y mental, por lo tanto, es de esperar que para la gran mayoría sea esencial mantenerla. Sin embargo, como muchos otros seres vivos, el ser humano es susceptible a enfermarse por diversas causas, ya sean internas, como la genética, o externas, como la contaminación ambiental, los hábitos alimenticios, ciertos eventos sociales, entre otros.

El campo de la medicina ha evolucionado bastante gracias a los avances científicos y tecnológicos, permitiendo desarrollar soluciones para múltiples enfermedades. Las vacunas constituyen un ejemplo evidente de estos avances, pues con su implementación el ser humano ha logrado que enfermedades que antes eran mortales, como la varicela o el sarampión, ya no lo sean al día de hoy. Aun así, existen enfermedades que no tienen cura conocida hasta la fecha, como es el caso de las enfermedades autoinmunes.

Como las enfermedades autoinmunes no tienen cura, es necesario que las personas que las padecen reciban un seguimiento adecuado y eficiente de su salud debido a las consecuencias que pueden ocasionarles. No obstante, aunque a nivel general existe información sobre ellas, hemos identificado que en la República Dominicana este tema está relegado, especialmente en el uso de tecnologías para su monitoreo.

Con este proyecto buscamos proveer un prototipo de dispositivo vestible que con tecnologías emergentes, como el internet de las cosas (IoT), pueda ayudar a las personas con enfermedades autoinmunes en el país a mejorar su calidad de vida y la de sus seres queridos y/o cuidadores; servir como una base para futuras investigaciones y proyectos relacionados; y contribuir al uso de la tecnología en la medicina local.

1.1 Planteamiento del problema

Las enfermedades autoinmunes comprenden una gran variedad de patologías en donde el sistema inmunológico ataca por error los tejidos y órganos sanos del cuerpo en un intento por protegerlos (American Autoimmune Related Diseases Association [AARDA], 2019).

Comúnmente, el sistema inmunológico se encarga de proteger al cuerpo de microorganismos invasores, tales como bacterias, hongos y virus, por medio de anticuerpos que son capaces de reconocerlos y destruirlos. Sin embargo, en el caso particular de las personas con enfermedades autoinmunes, estos anticuerpos comienzan a atacar los tejidos y órganos.

1.1.1 Causas.

Hasta el día de hoy, no se saben cuáles son las causas exactas que provocan la aparición de las enfermedades autoinmunes. No obstante, el National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS, 2022) explica lo siguiente al respecto:

Los estudios indican que es probable que las enfermedades autoinmunes sean el resultado de interacciones entre factores genéticos y ambientales. Es decir, las características de género, raza y etnia están vinculadas a la probabilidad de desarrollar una enfermedad autoinmune; y son más frecuentes cuando las personas están en contacto con ciertos factores ambientales. (párr.4)

Lo que el NIEHS quiere dar a entender con esto es que es probable que las enfermedades autoinmunes sean causadas por genes heredados que se manifiestan por la exposición a ciertos agentes contaminantes y tóxicos presentes en el medio ambiente, tales como productos químicos e industriales, metales pesados y pesticidas.

Por otro lado, Calder et al. (2017) explican que los cambios en el estilo de vida y los hábitos alimenticios pueden contribuir al desarrollo de estas enfermedades. Esto implica que una

persona con una dieta rica en alimentos altamente procesados, azúcares refinados y grasas saturadas tiene una mayor probabilidad de desarrollarlas.

1.1.2 Consecuencias.

La forma en cómo actúan las enfermedades autoinmunes provoca el surgimiento de síntomas y complicaciones en diversas partes del cuerpo. Según un artículo de MedlinePlus (2021) que aborda el tema, estas enfermedades pueden afectar a casi cualquier parte del cuerpo, como las articulaciones, el hígado, el páncreas, la piel, los pulmones, entre otros tejidos y órganos que puedan ser susceptibles. Esto provoca dolencias que impactan directa y significativamente en la vida diaria de las personas que las padecen, ya que dificultan la realización de sus actividades cotidianas.

En adición a lo anterior, existen pruebas cada vez más contundentes que evidencian el impacto que estas enfermedades pueden tener en la salud mental (Mörkl et al., 2018). Esto quiere decir que las personas con enfermedades autoinmunes pueden experimentar una serie de síntomas emocionales y psicológicos como la ansiedad, la depresión y el deterioro cognitivo general. De igual forma, pueden enfrentarse al estigma social y a la discriminación, especialmente si los síntomas son visibles, empeorando todavía más su situación actual.

Por otra parte, se han llevado a cabo diversos estudios que han confirmado que estas enfermedades pueden desencadenar otras enfermedades autoinmunes (Mohan y Ramesh, 2003, como se citó en Maiorescu, Davila y Silosi, 2010). Esto es muy alarmante, pues refleja con claridad lo perjudiciales que pueden llegar a ser para las personas que las padecen, ya que si para muchas resulta difícil lidiar con una enfermedad autoinmune por el resto de sus vidas, padecer más de una podría ser el doble de complicado porque implica un mayor desgaste físico y mental para ellas.

1.1.3 Prevalencia.

A pesar de que no son tan comunes ni muy conocidas, las enfermedades autoinmunes tienen una prevalencia más significativa de lo que muchos pueden pensar en un principio. La National Stem Cell Foundation (NSCF) afirma lo siguiente al respecto:

Cerca del 4.00% de la población mundial padece una de más de 80 enfermedades autoinmunes, siendo las más comunes: la Artritis Reumatoide (AR), la Diabetes Mellitus Tipo 1, la Enfermedad de Crohn, la Esclerodermia, la Esclerosis Múltiple (EM), el Lupus Eritematoso Sistémico (LES) y la Psoriasis.

Debido a que estas enfermedades afectan tres veces más a las mujeres que a los hombres, las Oficinas de Investigación sobre la Salud de la Mujer de los diversos NIH (National Institutes of Health), han calificado a la autoinmunidad como un problema importante de salud para la mujer. (párrs.1-2)

En el caso de la República Dominicana, se desconoce la existencia de información centralizada que avale la prevalencia de estas enfermedades a nivel local. Pese a eso, hay constancia de su presencia gracias a las diversas noticias y reportajes que han brindado algunos datos estadísticos recientes y relevantes en torno a ciertos tipos de enfermedades autoinmunes. Por ejemplo, la Dra. Sarmiento (como se citó en un artículo de Resumen de Salud, 2022), afirmó que el 0.80% de la población dominicana padece LES. Por otra parte, la Dra. Ramírez (como se citó en Frías, 2020) declaró que la prevalencia de la EM en el país es de 2.50 casos por cada 100,000 habitantes, posicionando a la República Dominicana entre los países de prevalencia más baja, pero que cada año los casos se incrementan. Así mismo, el Dr. Morla (como se citó en Alcántara, 2021) afirmó que la incidencia de la Diabetes Mellitus Tipo 1 en menores de 15 años es de 4.10 por cada 100,000 habitantes. Por último, la Fundación Un Paso de Fe para Pacientes

de Artritis Reumatoide (como se citó en un artículo de Diario Salud, 2022) señaló que en el país no existen estadísticas sobre cuántas personas viven con dicha enfermedad.

Por otro lado, más allá de los centros médicos y profesionales especializados en enfermedades autoinmunes en el territorio nacional, existen diferentes organizaciones sin fines de lucro cuya finalidad primordial es difundir información y concientizar a la población sobre la presencia de las enfermedades autoinmunes en el país. Algunas de ellas son:

- Sociedad Dominicana de Reumatología (SODORE).
- Asociación Dominicana de Lupus (ADOLUPUS).
- Renacer: Fundación Dominicana de Esclerosis Múltiple.
- Un Paso de Fe: Fundación para Pacientes de Artritis Reumatoide.

1.2 Situación actual

En la actualidad, los métodos tradicionales para el seguimiento y tratamiento de las enfermedades autoinmunes implican citas frecuentes a los profesionales de la salud, que tienden a recetar medicamentos para mitigar los síntomas presentados dependiendo del tipo de enfermedad autoinmune. Este proceso puede demorarse más de lo esperado y resultar muy costoso, tal y como lo señaló la Dra. López, presidenta de la Asociación Dominicana de Lupus o ADOLUPUS (como se citó en el artículo de Resumen de Salud, 2022), quien considera que los medicamentos habituales utilizados para tratar el Lupus Eritematoso Sistémico (LES) caen fuera del Programa de Medicamentos de Alto Costo de la República Dominicana (PMAC), situación que incrementa mucho más las dificultades que tienen las personas que lo padecen para afrontarlo de forma pertinente. Teniendo en cuenta esta declaración, no es complicado deducir que este mismo problema podría estar ocurriendo con otras enfermedades autoinmunes presentes en la población dominicana.

A lo anterior expuesto se suman dos aspectos adicionales: la impredecibilidad de algunas enfermedades autoinmunes, característica que generalmente obstaculiza el tratamiento adecuado por parte de los especialistas; y la dificultad que presentan los pacientes para comunicar los síntomas que experimentan, lo que retrasa el diagnóstico y tratamiento de estas enfermedades.

En el artículo de MedlinePlus (2021) se explica lo siguiente al respecto:

A menudo, los especialistas tienden a presentar dificultades para diagnosticar enfermedades autoinmunes. Por lo general, no hay una prueba específica que demuestre si alguien tiene una determinada enfermedad autoinmune y los síntomas pueden ser algo confusos. Esto sucede porque muchas enfermedades autoinmunes tienen síntomas parecidos y algunos de estos, como los dolores musculares, son comunes en muchas otras enfermedades. Por lo tanto, obtener un diagnóstico certero puede tomar mucho tiempo y varias visitas a diferentes especialistas. (párr.8)

Debido a la naturaleza impredecible de las enfermedades autoinmunes, resulta fundamental monitorear continuamente los signos vitales de los pacientes para detectar posibles síntomas, anomalías, complicaciones de la propia condición y otras enfermedades, permitiendo así la toma de decisiones preventivas para su tratamiento. Con respecto a esto, la Dra. Then, presidenta de la Sociedad Dominicana de Reumatología o SODORE (como se citó en el artículo de Resumen de Salud, 2022), enfatizó que: “El diagnóstico temprano hace la diferencia”.

Los dispositivos vestibles suelen utilizarse para el seguimiento de los signos vitales, pero actualmente la República Dominicana no posee productos tecnológicos para estos fines y mucho menos orientados al monitoreo de enfermedades autoinmunes. Esto es sustentado por un artículo publicado en el Portal Oficial del Estado Dominicano en el que se detalla la siguiente información relacionada a estas tecnologías:

En la actualidad, en la República Dominicana no existe una política de administración y fomento de dispositivos wearables para el Estado, por lo tanto, recomendamos consultar con la Oficina Gubernamental de Tecnologías de la Información y Comunicación (OGTIC) a la hora de iniciar proyectos que utilicen esta tecnología. (párr.2)

Con la información mostrada, se puede evidenciar la existencia de enfermedades autoinmunes en el país y la presencia tanto de profesionales que las tratan como de asociaciones que apoyan a personas con estas patologías, pero la implementación de tecnologías vestibles para el monitoreo de su salud constituye un sector relegado y carente de políticas que incentiven su uso de forma activa.

1.3 Justificación de la investigación

La recepción del uso de tecnologías que contribuyan al sector de la salud suele ser positiva. Relacionado a esto, Vicini (como se citó en Alcántara, 2022) entiende que la unión del conocimiento médico y la tecnología ayuda a construir sistemas de salud sostenibles, personalizando este servicio en beneficio de la sociedad.

Con lo anterior en cuenta, el motivo que justifica la presente investigación viene dado por los posibles beneficios que esta brindaría al sector de la salud de la República Dominicana, pues consideramos que emplear la tecnología como un recurso en beneficio de las personas con enfermedades autoinmunes podría profundizar y expandir el conocimiento de estas enfermedades en el país, enfermedades a las que no se les ha proporcionado la atención que ameritan a pesar del daño que ocasionan a quienes las padecen, ya que estos suelen enfrentar desafíos en la gestión de su salud, como visitas médicas frecuentes, ajustes de medicamentos y cambios drásticos en su estilo de vida. A esto se suma la falta de herramientas precisas de monitoreo para estas personas, dificultando todavía más su tratamiento.

Por las diversas razones expuestas, consideramos que esta investigación nos llevará a la consolidación de nuestro proyecto, el cual pretende usar e integrar los distintos recursos tecnológicos disponibles en la actualidad para ayudar a quienes padecen enfermedades autoinmunes y a las personas con familiares cercanos afectados por estas enfermedades que deban ser cuidados constantemente.

1.4 Importancia e interés del tema

El National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID, 2022) explica que la naturaleza crónica y debilitante de estas enfermedades, que pueden generar altos costos médicos y reducir la calidad de vida, representa una carga para los pacientes, sus familiares y las comunidades. En consecuencia a esta situación, la implementación de un dispositivo vestible para el monitoreo de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana como VitaLinker, podría tener un impacto positivo en la atención médica que estas reciben, en su seguridad y en su calidad de vida, así como en la de sus seres queridos y/o cuidadores.

Se prevé que el brazalete VitaLinker funcione por medio de la integración del análisis de datos, la geolocalización, el internet de las cosas (IoT) y otras tecnologías similares que permitan monitorear los signos vitales de las personas con enfermedades autoinmunes para recopilarlos y visualizarlos en tiempo real a través de una aplicación móvil. El análisis de estos datos ayudaría a los especialistas en la toma de decisiones, contribuyendo a la eficacia de los tratamientos y a la toma de medidas preventivas. Así mismo, permitiría alertar a sus seres queridos y/o cuidadores en el caso de que se presente algún cambio abrupto en sus signos vitales.

Resumiendo todo lo dicho hasta el momento, la importancia e interés de este proyecto de investigación radica en que las personas con enfermedades autoinmunes podrían: tener un mejor

control de su salud, por medio del IoT; tranquilizar a sus seres queridos y/o cuidadores, por medio de las alertas y la geolocalización; y proveer información más precisa a los profesionales, por medio del análisis de los datos, ayudándoles a detectar patrones y anomalías que pudieran afectar a estas personas tanto a corto como a largo plazo, y así estos poder proporcionarles diagnósticos y tratamientos más certeros.

1.5 Limitaciones

Es común que en los proyectos se presenten algunas limitaciones que pueden afectar en la pertinencia y profundidad de la investigación, y en el desarrollo de prototipos. Este proyecto no es la excepción, y es por eso que se han identificado las siguientes limitaciones a considerar para el desarrollo del mismo:

- La falta de información oficial sobre la prevalencia de las enfermedades autoinmunes en la República Dominicana, lo que podría dificultar la realización de estudios exhaustivos y conclusiones significativas.
- La gran cantidad de enfermedades autoinmunes existentes, haciendo imposible abarcar las características y repercusiones asociadas a cada una de ellas tanto en la investigación como en el prototipo.
- Los componentes de hardware requeridos, ya que no hay garantía de que todos estén disponibles en el mercado, sean asequibles y posean las características necesarias para construir el prototipo deseado.
- El margen de error de los sensores, ya que podría dificultar la detección precisa de los signos vitales y ciertos cambios en el organismo asociados a determinadas enfermedades autoinmunes, dando lugar a la recogida de datos incorrectos y/o incompletos que distorsionen el análisis posterior de los mismos.

1.6 Hipótesis preliminar

El uso de la tecnología vestible y su integración con las tecnologías emergentes para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de las personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana contribuye a la detección temprana de otras enfermedades relacionadas, brinda seguridad y eficientiza los servicios de atención médica, mejorando la calidad de vida no solo de las personas que las padecen, también la de sus seres queridos y/o cuidadores.

1.7 Objetivos

Al establecer objetivos en los proyectos se busca determinar cuáles son las acciones que deben llevarse a cabo para obtener los resultados esperados tras su finalización. Al momento de definir los objetivos, lo ideal es segmentarlos y describirlos de acuerdo a dos tipos: objetivos generales y específicos. Mientras que los objetivos generales engloban la meta primordial de un proyecto determinado, los objetivos específicos establecen todos aquellos pasos necesarios para alcanzar dichos objetivos generales. De esa manera, es posible proporcionar información más precisa sobre las decisiones y los procesos a ejecutar, y servir de guía a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

1.7.1 Objetivo general.

El objetivo general de este proyecto es llevar a cabo una investigación exhaustiva sobre el uso de dispositivos vestibles y su integración con tecnologías emergentes, como el internet de las cosas (IoT), para el monitoreo y la detección temprana de síntomas asociados a las enfermedades autoinmunes. De esa forma, buscamos determinar el impacto de estas tecnologías en la calidad de vida de las personas con estas enfermedades en la República Dominicana, al igual que en la de sus seres queridos y/o cuidadores que se preocupen por ellas.

1.7.2 Objetivos específicos.

Para lograr el objetivo general planteado, hemos considerado los siguientes objetivos específicos:

1. Indagar sobre las enfermedades autoinmunes y su estado actual, tanto alrededor del mundo como en la República Dominicana, haciendo énfasis en su prevalencia y en las necesidades o desafíos que enfrentan las personas que las padecen.
2. Revisar y analizar los estudios, investigaciones, noticias, proyectos y otros recursos existentes que aborden el tema de la tecnología vestible y las tecnologías emergentes, especialmente aquellos recursos que posean relevancia en el territorio nacional.
3. Evaluar el impacto del uso de los dispositivos vestibles y las tecnologías emergentes en la mejora del monitoreo y la detección temprana de síntomas asociados a determinados tipos de enfermedades.
4. Estudiar las características de las tecnologías existentes en el mercado para el monitoreo y seguimiento de enfermedades, dándole prioridad a aquellas destinadas a las enfermedades autoinmunes.
5. Solicitar la orientación de profesionales de la salud, organizaciones de pacientes y otras partes interesadas que nos proporcionen sugerencias sobre la aplicación de las tecnologías actuales en la atención de la salud a nivel local.
6. Diseñar, desarrollar e implementar un prototipo de brazalete con tecnología IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de las personas con enfermedades autoinmunes en el país.
7. Realizar una evaluación del nivel de aceptación y viabilidad del uso del brazalete IoT por parte de la población dominicana con enfermedades autoinmunes.

1.8 Preguntas de investigación

A modo de guía para desarrollar los temas centrales, la problemática identificada y la hipótesis preliminar planteada, se formularon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son las enfermedades autoinmunes más prevalentes en la República Dominicana?
- ¿Existen instituciones y/u organizaciones locales que aborden las enfermedades autoinmunes?
- ¿Qué tan costoso es el tratamiento de las diferentes enfermedades autoinmunes existentes en el país?
- ¿Existe alguna ley o reglamento que regule el uso de dispositivos vestibles para la monitorización de enfermedades autoinmunes en el país?
- ¿Cómo ayudaría un dispositivo vestible para la monitorización de los signos vitales en la gestión de los síntomas provocados por las enfermedades autoinmunes?
- ¿Cómo un dispositivo vestible para la monitorización de los signos vitales podría integrarse con los sistemas de salud existentes para proporcionar a los especialistas datos valiosos con los que puedan gestionar a pacientes con enfermedades autoinmunes?

CAPÍTULO II: Marco teórico y estado del arte

2.0 Introducción al capítulo

Sin duda alguna, la tecnología llegó para quedarse y lo mejor que podemos hacer con ella es sacarle el mayor provecho posible para nuestro beneficio y progreso en todos los aspectos que intervienen y conforman nuestras vidas, incluyendo la salud. Almonte (2022) entiende que la tecnología se ha convertido en una gran herramienta que puede aplicarse en todos los ámbitos de la vida del ser humano, resaltándose principalmente en la agricultura, la comunicación, la educación, el entretenimiento, el trabajo, pero sobre todo en la salud. No es de extrañar que esto suceda, pues la medicina es un campo de estudio que pese a su gran amplitud y antigüedad, se encuentra en constante evolución y mejora, y no se puede negar que la tecnología ha contribuido significativamente en este proceso.

Los diversos avances tecnológicos y su implementación en la medicina han dado paso al surgimiento de una gran variedad de soluciones tecnológicas para la detección, el monitoreo y el tratamiento de enfermedades. Un ejemplo de estas soluciones son los dispositivos vestibles, que son objeto de estudio de este proyecto de investigación, al igual que las enfermedades autoinmunes. Teniendo esto en cuenta, es necesario abordar el uso de estos dispositivos para fines medicinales, específicamente para lidiar con enfermedades autoinmunes y otras patologías. Así mismo, es importante conocer su impacto e integración con otras tecnologías, como el internet de las cosas (IoT), con el propósito mejorar su funcionamiento.

Conocer las bases teóricas y el estado de estos temas tomando como referencia acontecimientos, documentos, investigaciones y proyectos de diferentes partes del mundo, facilitará la comprensión del contexto en el que se desarrollan y evolucionan normalmente, el entendimiento de su relevancia en la actualidad y la toma de decisiones que pudieran contribuir a su mejora en el futuro.

2.1 Antecedentes y referencias

El uso de tecnologías vestibles para la salud no es un hecho tan reciente. Con el pasar de los años y las constantes mejoras en el campo tecnológico y medicinal, se han desarrollado y publicado investigaciones y proyectos orientados al monitoreo de los signos vitales y otros cambios fisiológicos en el cuerpo humano. De tantas referencias de este estilo existentes al día de hoy, se pueden mencionar las siguientes:

- **“Desarrollo de un wearable para monitoreo de signos vitales de adultos mayores”.**

Se trataba de un proyecto de grado presentado por Leal Olivares (2022) a la Universidad Católica de Salta (UCASAL), que está ubicada en la ciudad de Salta, en Argentina. El tema central de este proyecto era el uso de la tecnología vestible en beneficio de la salud de las personas de la tercera edad.

El objetivo de este proyecto era diseñar, implementar y probar un prototipo de brazalete y aplicación móvil que permitieran monitorear y registrar algunos signos vitales, tales como el ritmo cardíaco y el nivel de oxígeno en la sangre, para determinar el estado de salud físico de las personas mayores. Para lograrlo, se utilizaron recursos de hardware y software disponibles en el mercado con los que se pudiera construir e integrar el dispositivo y la aplicación móvil respectivamente. Luego, se realizaron varias pruebas de funcionamiento con la colaboración de una señora de más de 70 años de Salta.

A pesar de las limitaciones de los componentes empleados, los resultados demostraron que el prototipo funcionaba correctamente, pues el monitoreo de los signos vitales de la señora fue continuo y acertado. Sin embargo, la autora del proyecto recomendó que era necesario seguir explorando y mejorando las características del brazalete y la aplicación móvil, así como adicionarle elementos de seguridad.

- **“Diseño y Evaluación del Rendimiento del Brazaletе Wavelet Health: Validación de un Registrador de Señales Fisiológicas Utilizado en la Muñeca”**. Consistía en un proyecto realizado por Dur et al. (2018) y publicado en la revista de investigación titulada “JMIR Publications”. El proyecto trataba sobre el uso de la tecnología vestible para la monitorización de los signos vitales de las personas, específicamente la frecuencia cardíaca en reposo, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria. El objetivo de este proyecto era evaluar la precisión de las estimaciones y la calidad de la señal de Wavelet Health, un brazaletе inteligente capaz de captar múltiples señales para obtener datos del cuerpo humano. Para lograrlo, se llevó a cabo una comparación de las mediciones obtenidas de 35 personas utilizando el brazaletе, con mediciones de electrocardiogramas (ECG) y espirometría registradas simultáneamente. Los resultados obtenidos demostraron que Wavelet Health estimaba con precisión los datos y contaba con una buena calidad de señal, concluyendo que este brazaletе era adecuado para realizar análisis de la onda de pulso y medir los signos vitales. No obstante, se recomendó realizar más estudios que pudieran demostrar la utilidad de este dispositivo en poblaciones de mayor amplitud y diversidad.
- **“Dispositivos de Salud Vestibles — Monitoreo de Signos Vitales, Sistemas y Tecnologías”**. Esta investigación fue hecha por Dias y Silva Cunha (2018) y publicada en la editorial de revistas llamada “MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute)”. La investigación giraba en torno al uso de dispositivos vestibles para la salud, incluyendo las tecnologías para la monitorización de los signos vitales, el análisis de los datos y el establecimiento de la comunicación con los profesionales de la salud en cuestión.

La finalidad de dicha investigación era analizar las ventajas y los retos de los dispositivos vestibles en la mejora de los resultados de los pacientes, la reducción de los costes de salud, la personalización de la atención médica y la integración de estos dispositivos en la práctica clínica. Para hacerlo, realizaron una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas y publicaciones relevantes que proporcionaran estudios e informes sobre dispositivos vestibles para la monitorización de los signos vitales. Posteriormente, analizaron los resultados de estos recursos para identificar tendencias, retos y oportunidades en este campo. Por último, proporcionaron un resumen del estado actual de los dispositivos de salud vestibles.

El análisis de la información recolectada permitió llegar a la conclusión de que estos dispositivos tienen un gran potencial para revolucionar la asistencia en la salud. Sin embargo, todavía quedan varios retos por abordar como la falta de estandarización, la necesidad de estudios de validación y la posibilidad de que se produzcan violaciones a la privacidad y seguridad de los datos. Por tal razón, los autores de la investigación recomendaron que los profesionales de la salud y los políticos elaboren directrices adecuadas para garantizar el uso seguro y eficaz de los dispositivos vestibles en la práctica clínica.

- **“Sistema de Monitoreo Continuo de Signos Vitales con Sensores No Invasivos y Transmisión Inalámbrica de Datos”**. Este proyecto de grado fue presentado por Gutiérrez Cisternas (2016) a la Universidad de Concepción (UdeC), ubicada en la ciudad de Concepción, en Chile. El proyecto estaba enfocado en el uso de la tecnología vestible para el monitoreo de los signos vitales de las personas y las variables ambientales. Con este proyecto se buscaba desarrollar un dispositivo, específicamente una camisa, que

tuviera sensores no invasivos y transmisión inalámbrica de datos para probar su efectividad en el monitoreo y registro de señales, como la frecuencia cardíaca (FC), la frecuencia respiratoria (FR), el ECG, la humedad relativa (HR), la temperatura ambiental (T_a) y la temperatura corporal periférica (TCP), y así determinar el estado de salud actual de las personas y las condiciones de su entorno. Para lograrlo, se llevaron a cabo mediciones a los signos vitales de tres sujetos, tanto en el laboratorio como en el hogar. A cada uno de ellos se les pidió realizar diferentes actividades de baja y mediana intensidad, así como permanecer en reposo en los casos correspondientes.

Los resultados obtenidos tanto en el laboratorio como en el exterior fueron positivos, ya que el software desarrollado permitió visualizar la información de los tres sujetos.

Aunque el dispositivo presentó complicaciones a la hora de monitorear los signos vitales en actividades de alta intensidad debido al movimiento al que estaban sometidos los sensores de la camisa, pudo lograrlo en las actividades de baja intensidad, demostrando el gran potencial clínico que tienen estos dispositivos. Por tal razón, el propio autor recomendó que los proyectos futuros se enfocaran en la mejora de cada una de las etapas de desarrollo de este sistema, incluyendo la adición de elementos que perfeccionen su funcionamiento.

El conjunto de investigaciones y proyectos presentados anteriormente son un claro ejemplo del gran potencial que tiene el uso de los dispositivos vestibles en la salud, especialmente para mejorar los procesos de detección y monitoreo de los signos vitales y síntomas asociados. Por lo tanto, es necesario seguir invirtiendo en más investigaciones, experimentos y proyectos que contribuyan a mejorar más sus características y funcionalidades actuales.

2.1.1 Aplicaciones similares.

Más allá de las investigaciones y proyectos en torno a este tema, existen diferentes productos disponibles en el mercado que cuentan con características y funcionalidades similares a VitaLinker. Si bien es cierto que cada uno de ellos está enfocado en enfermedades o padecimientos específicos que no necesariamente están relacionados a las enfermedades autoinmunes, todos se basan en la monitorización de los signos vitales de las personas. A continuación, se detallan algunos de los más llamativos:

- **Beat2Phone.** Esta banda elástica fue desarrollada por la compañía finlandesa “VitalSignum Oy”. Contiene un sensor para la monitorización del electrocardiograma (ECG), la frecuencia cardíaca (FC), la variabilidad de la frecuencia cardíaca y otros parámetros adicionales como la postura y la actividad física. Debido a su diseño, Beat2Phone puede ser utilizado por los usuarios mientras descansan, duermen o se ejercitan, y es capaz de enviar los datos recolectados en tiempo real y de forma inalámbrica hacia sus dispositivos móviles.

Además, los usuarios pueden elegir entre dos planes: el plan gratuito, que consiste en la banda elástica y la aplicación móvil; y el plan de pago, que contiene la banda elástica, la aplicación móvil y un servicio en la nube para visualizar el ECG medido y los posibles hallazgos encontrados durante dicha medición.
- **Embrace2.** Fue desarrollado por la empresa estadounidense “Empatica” y consiste en un brazalete diseñado para detectar crisis epilépticas que está compuesto por sensores de actividad electrodérmica (EDA), movimiento, temperatura, entre otros. A su vez, el dispositivo es capaz de detectar varios tipos de crisis epilépticas gracias a sus algoritmos de aprendizaje avanzado.

Cuando el brazalete detecta una crisis epiléptica, envía una alerta a una aplicación móvil conectada que puede personalizarse para avisar a los cuidadores o a los servicios de emergencia. Además, Embrace2 incluye funciones para el control de las mismas, como información y consejos personalizados para reducir el estrés y mejorar el sueño.

- **Fitbit Sense.** Es un reloj inteligente desarrollado por la empresa estadounidense “Fitbit” y cuyo propósito principal es auxiliar a las personas en el control de su estrés a través de sensores EDA, puntuación diaria y sesiones de respiración guiada. Así mismo, les permite dar seguimiento a su frecuencia respiratoria, sus niveles de oxígeno, la temperatura de la piel, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y otros factores similares, por medio de una aplicación móvil.

Además de todo esto, Fitbit Sense registra el sueño de los usuarios y proporciona análisis sobre su calidad. También les ofrece información relevante y recomendaciones personalizadas sobre entrenamientos y sesiones de ejercicios para mejorar sus rutinas, así como notificaciones en caso de presentar una frecuencia cardíaca irregular.

- **Health2Sync.** Es una plataforma integral para la gestión de la diabetes desarrollada por la empresa de mismo nombre “Health2Sync”. La aplicación permite a los usuarios cargar fácilmente sus lecturas en la plataforma gracias a su capacidad de sincronización con diversos medidores de glucosa en la sangre. De igual forma, ayuda a los usuarios a darle seguimiento a su enfermedad por medio de entrenamientos y recordatorios personalizados, y de información centralizada proveniente de una biblioteca de artículos y recursos relacionados a la diabetes para ayudarlos a tomar decisiones sobre su cuidado, como el tipo de medicación que deben tomar y ciertos factores relacionados con su estilo de vida.

- **Oura Ring.** Es un anillo desarrollado por la empresa finlandesa “Oura Health Oy”, el cual está enfocado en el seguimiento continuo del sueño. A través de la aplicación móvil, ofrece puntuaciones sobre el estado del cuerpo y lo que se necesita para mejorarlo. El dispositivo detecta si los usuarios necesitan más horas de sueño, realiza análisis detallados de su sueño y permite hacer ajustes en la rutina diaria para mejorar la calidad del mismo. De igual manera, monitoriza los movimientos, los pasos y algunos signos del cuerpo, como la frecuencia cardíaca, los niveles de oxígeno en la sangre y la temperatura corporal, para determinar si el usuario se está enfermando y recomendarle una recuperación o realización de actividades específicas.

2.2 Base teórica

A lo largo del desarrollo de este proyecto se hace referencia, ya sea de forma directa o indirecta, a ciertos conceptos que pueden resultar desconocidos o poco explorados para algunas personas debido a que son palabras muy técnicas relacionadas a la salud y a la tecnología respectivamente. Por ese motivo, resulta importante hablar de ellas con más profundidad, no solo para darle forma a la investigación, sino también para ayudar a los lectores a comprender las razones por las que fueron empleadas en este proyecto. Para una mejor organización y localización de las mismas, cada una fue descrita siguiendo un orden alfabético.

2.2.1 Análisis de datos.

En una página del sitio web oficial de Amazon Web Services (AWS) referente al tema, se describe claramente lo siguiente:

El análisis de datos es el proceso de convertir los datos sin procesar en información práctica. Incluye una serie de herramientas, tecnologías y procesos para encontrar tendencias y resolver problemas mediante los datos. Este tipo de análisis permite darle

forma a los procesos empresariales, impulsar el crecimiento de las empresas y mejorar la toma de decisiones. (párr.1)

Analizar los datos puede ser bastante útil al momento de proporcionar información valiosa y detallada de algún ámbito en concreto, dando paso al descubrimiento de patrones y a la predicción de eventos futuros en algunos casos.

2.2.2 Geolocalización.

Tomando en cuenta las palabras de Beltrán (2016), este concepto puede ser definido como: “la ubicación de una persona u objeto en el espacio, generalmente representada a través de mapas” (p.12). Con respecto a esto, el mismo Beltrán (2016) explica lo siguiente:

Los mapas de papel han sido sustituidos por mapas en línea de la misma forma en que las personas se comunican a través de las redes sociales o que las empresas se vuelven abiertas y el trabajo se realiza en la red.

El mundo físico y el digital se unen a través de la geolocalización, que se convierte así en una herramienta de comunicación. El hecho de que una persona realice un “check in” o diga dónde se encuentra con su dispositivo móvil conectado por GPS, implica que pasa del espacio físico al digital a través de la nube. (p.22).

No cabe duda de que la geolocalización ha sido de gran ayuda para las personas, ya que les ha servido de guía al momento de desplazarse y localizar lugares o personas en tiempo real. De hecho, su impacto ha sido tan evidente que cualquier persona con algún computador, portátil o móvil moderno conectado a internet puede acceder a este recurso en la actualidad.

2.2.3 Internet de las cosas (IoT).

Ramírez Supe, de las Mercedes Meza y Galora Silva (2022) explican que el internet de las cosas (en inglés, “internet of things” o “IoT”), es una tecnología que ha estado creciendo

significativamente en los últimos años (p.89). Por su parte, Aazam, Khan, Alsaffar y Huh (como se citó en Ramírez Supe et al., 2022) detallan lo siguiente:

El IoT permite a los usuarios conectar miles de millones de máquinas inteligentes e intercambiar información, monitorear y controlar servicios, como sistemas de automatización del hogar interconectados, atención médica, agricultura, monitoreo de seguridad, redes eléctricas o servicios críticos. Controlar la infraestructura y el IoT constituyen los próximos métodos contemporáneos. (p.91)

El internet de las cosas ha permitido la interconexión de una gran variedad de dispositivos electrónicos con la finalidad de compartir información entre ellos mismos, por lo que no es de extrañar que su contribución se haya extendido a otros campos de aplicación en los últimos años.

2.2.4 Reumatología.

Según la Sociedad Dominicana de Reumatología (SODORE), la reumatología es una especialidad médica que se encarga de la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades musculoesqueléticas (aquellas relativas al sistema locomotor) y autoinmunes sistémicas (aquellas relativas al sistema inmunitario). Se trata de una de las especialidades que más avances ha experimentado en los últimos años en temas de diagnóstico y tratamiento. (párr.1)

Sustentando la información proporcionada anteriormente, Orbai, una reumatóloga del Centro de Artritis Johns Hopkins, establecimiento localizado en el estado de Maryland, en los Estados Unidos, explica en un artículo referente al tema que los reumatólogos se especializan en el diagnóstico y tratamiento tanto de enfermedades musculoesqueléticas como de enfermedades autoinmunes. (párr.2)

2.2.5 Sensores biomédicos.

Según Morgalo (2011), en el diagnóstico clínico y el tratamiento de pacientes muchos parámetros biológicos deben ser medidos y monitoreados. Algunos de estos parámetros son la presión sanguínea, el pulso, la temperatura, el electrocardiograma (ECG), entre otros (p.16). Estos parámetros son medidos con sensores, y a esos sensores se les denominan: “sensores biomédicos” o “biosensores”.

Los sensores biomédicos se clasifican en dos tipos: sensores biomédicos físicos y sensores biomédicos químicos. Los sensores biomédicos físicos son aquellos que miden magnitudes como la presión sanguínea, la temperatura corporal o el desplazamiento de un músculo. En cambio, los sensores biomédicos químicos miden la concentración de una sustancia química en el cuerpo, tales como las medidas en el sistema pulmonar a partir de una fase gaseosa (del Brío García, 2020). (p.14-16)

2.2.6 Signos vitales.

López Díaz (2012) define a los signos vitales como aquellos signos que denotan el funcionamiento de los sistemas orgánicos más importantes del cuerpo humano para el mantenimiento de la vida. Los signos vitales se componen de cuatro elementos: la temperatura, el pulso o frecuencia cardíaca, la presión o tensión arterial y la respiración.

Los signos vitales suelen ser monitoreados y medidos para determinar el estado general de salud y detectar anomalías subyacentes. Con respecto a esto, López Díaz (2012) explica lo siguiente:

Tomar o medir los signos vitales de una persona sana o enferma permite apreciar el estado de su salud durante el examen físico practicado por el médico, siendo de gran ayuda a la hora de establecer el diagnóstico debido a que su interpretación posterior,

independientemente de que el paciente se encuentre en estado de gravedad o no, posibilita identificar o configurar el cuadro clínico.

En otras palabras, la medición de los signos vitales sirve de referencia a los profesionales de la salud para diagnosticar a sus pacientes, pues son el primer indicio del estado general de su salud y pueden contribuir a la detección de problemas que a simple vista puede que no sean tan evidentes.

2.2.7 Tecnologías emergentes.

Para Concari (2014), las tecnologías emergentes (abreviadas en español como “TE”) son un conjunto de innovaciones tecnológicas que se encuentran en desarrollo y que en el futuro pudieran cambiar la forma de vivir, brindando mayor facilidad y/o seguridad a la hora de realizar tareas (p.494). Estas tecnologías son derivadas de innovaciones y tecnologías más avanzadas que se han formado a partir de la unión de las ramas de la investigación.

Las tecnologías emergentes utilizan a la tecnología para proporcionar soluciones actuales y reales, y como se encuentran en constante evolución, pueden dar paso a soluciones tecnológicas más robustas y completas. Algunos ejemplos de estas tecnologías son: la impresión 3D, las pantallas flexibles, los sensores remotos y el ya mencionado IoT. (p.495)

2.2.8 Tecnología vestible.

La tecnología vestible abarca una serie de dispositivos (conocidos como “wearables”, en inglés) que pueden ser llevados por las personas, desde anillos y brazaletes hasta collares. Por su parte, Campos (2020) los define como dispositivos tecnológicos que ayudan a monitorear los datos básicos de salud.

Según el Guidance for Wearable Health Solutions (como se citó en Campos, 2020), documento presentado por el Consumer Electronics Show (CES), este tipo de tecnología

comprende uno de los sectores de mayor crecimiento en la industria tecnológica, y se ha demostrado que posee el potencial de brindar ayuda a los especialistas de salud para acceder a datos correctos en el momento preciso.

2.2.9 Tipos de enfermedades autoinmunes.

Según la Autoimmune Association, las enfermedades autoinmunes se suelen clasificar en dos tipos: trastornos específicos de órganos y trastornos no específicos de órganos. De forma más explícita, destacan lo siguiente:

En los trastornos específicos de órganos, el proceso autoinmune se dirige principalmente contra un órgano. Algunos ejemplos son: la Anemia Perniciosa (estómago), la Diabetes Mellitus Tipo 1 (páncreas), la Enfermedad de Addison (glándulas suprarrenales) y la Tiroiditis de Hashimoto (glándula tiroides). En cambio, en los trastornos no específicos de órganos, la actividad autoinmune se extiende por todo el cuerpo. Los ejemplos más conocidos son: La Artritis Reumatoide (articulaciones de todo el cuerpo), la Dermatomiositis (piel y músculos) y el Lupus Eritematoso Sistémico (piel, articulaciones, músculos, riñones, entre otros). (párrs.4-5)

No importa el tipo de enfermedad autoinmune, cada una de ellas representa un riesgo para quienes las padecen ya que pueden afectar diversos tejidos y/o órganos del cuerpo que tienen una función importante en el organismo, por lo que hay que procurar monitorear estas enfermedades para evitar repercusiones significativas.

2.3 Base legal

Un sector tan delicado como la salud necesita de normas que lo regulen para proteger a los ciudadanos y penalizar a aquellos agentes que atenten contra ella. Por tal razón, cualquier

otro sector que sea empleado para auxiliar en la salud debe ser supervisado correctamente, incluyendo a la tecnología.

Como se mencionó en el Capítulo 1, no se sabe de la existencia de normativas que establezcan parámetros para la integración de dispositivos vestibles en el sector de la salud a nivel local, pero si existe una ley que aborda todo lo referente a la salud en el país: la Ley General de la Salud, No. 42-01. En ese mismo sentido, también cuenta con una regulación en donde se destacan los aspectos relacionados a la protección de los datos de origen médico: la Ley No. 172-13 sobre la Protección de Datos Personales. Cada una de ellas contiene determinados artículos que poseen una relación directa o indirecta con este proyecto de investigación.

2.3.1 Ley General de Salud, No. 42-01.

La Ley No. 42-01 fue promulgada el 8 de marzo del año 2001 y establece todas las bases concernientes a la organización del Sistema Nacional de Salud (SNS). Según lo planteado en su primer artículo, su objetivo es regular todas las acciones que permitan al Estado hacer efectivo el derecho a la salud de la población dominicana, derecho reconocido en la constitución dominicana. Algunos de los artículos que tienen mayor relación con el proyecto de investigación son los siguientes:

- **Artículo 28.** Todas las personas tienen los siguientes derechos en relación a la salud:
 - a) Al respeto a su personalidad, dignidad humana e intimidad, y a no ser discriminada por razones de etnia, edad, religión, condición social, política, sexo, estado legal, situación económica, limitaciones físicas, intelectuales, sensoriales o cualquier otra.
 - b) A la atención de emergencia en cualquier establecimiento del Sistema Nacional de Servicios de Salud.

- c) A la educación en salud, prevención de las enfermedades y a la protección, conservación y recuperación de su salud, en concordancia a lo contemplado en la Constitución y demás leyes vigentes en la República Dominicana.
- d) A la información sobre los bienes y servicios que promuevan y protejan la salud y prevengan la enfermedad, al acceso a los mismos, y a una adecuada y oportuna atención médica.
- e) A la confidencialidad de toda la información relacionada con su expediente y con su estancia en instituciones prestadoras de servicios de salud pública o privada. Esta confidencialidad podrá ser obviada en los casos siguientes: cuando sea autorizado por el paciente; en los casos en que el interés colectivo así lo reclame y de forma tal que se garantice la dignidad y demás derechos del paciente; por orden judicial y por disposición de una ley especial.
- f) A la información adecuada y continuada sobre su proceso, incluyendo el diagnóstico, pronóstico y alternativas de tratamiento, y a recibir consejos por personal capacitado, antes y después de la realización de los exámenes y procedimientos.
- g) A la participación en las actividades de salud, en los términos logísticos, políticos y otros señalados por esta ley, reglamentaciones y demás disposiciones de carácter legal.
- h) El derecho a decidir, previa información y comprensión, sobre su aceptación o rechazo de asumir el tratamiento. Se exceptúan de esta disposición los casos que representen riesgos para la salud pública. En el caso de menores, discapacitados mentales y pacientes en estado crítico sin conciencia para decidir, la decisión

recaerá sobre sus familiares directos, tutores o, en su ausencia, sobre el médico principal responsable de su atención.

- i) Al registro o constancia escrita de todo su proceso de salud-enfermedad.
- j) El derecho a no ser sometido(a) a tratamiento médico o quirúrgico que implique grave riesgo para su integridad física, su salud o su vida, sin su consentimiento escrito o el de la persona responsable, esto último sólo en el caso de que el paciente no esté en capacidad para darlo y siempre que sea en su beneficio.

Cuando el paciente sea incapaz o esté inconsciente, y no exista persona responsable, el médico responsable y, en su ausencia, el equipo de salud asumirá la responsabilidad del paciente.

- **Artículo 62.** Para los fines de prevención y control de enfermedades, se crea el Instituto Nacional de Epidemiología. La SESPAS (Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social), en coordinación con las instituciones y organizaciones competentes, elaborará las reglamentaciones correspondientes.
- **Artículo 84.** La recuperación de la salud comprende aquellas actividades o acciones que conducen a un diagnóstico precoz y tratamiento oportuno con la finalidad de curar, mejorar o evitar complicaciones de una enfermedad.
- **Artículo 98.** Toda persona tiene derecho a servicios de salud de calidad óptima, en base a normas y criterios previamente establecidos y bajo supervisión periódica. La garantía de calidad de los servicios deberá fundamentarse en la permanente cualificación, en la retribución adecuada, el estímulo y la protección a los trabajadores del área de salud. También se fundamentará en la disposición de los recursos humanos, técnicos, políticos y financieros, adecuados y necesarios para ofrecer y mantener dichos estándares.

2.3.2 Ley No. 172-13 sobre la Protección de Datos Personales.

La Ley No. 172-13 fue promulgada el 13 de diciembre del año 2013 y según lo establecido en su primer artículo, trata sobre la protección integral de los datos personales asentados en archivos, registros públicos, bancos de datos u otros medios técnicos de tratamiento de datos destinados a dar informes, sean estos públicos o privados. Algunos de los artículos relacionados con los temas del proyecto son los mostrados a continuación:

- **Artículo 6. Definiciones.** A los efectos de la presente ley y su aplicación, se asumen 49 conceptos, tres de ellos relacionados a la salud:
 - Datos especialmente protegidos: Datos de carácter personal que revelan origen racial y étnico, opiniones políticas, convicciones religiosas, filosóficas o morales, afiliación sindical e información referente a la salud o a la vida sexual.
 - Datos de carácter personal relacionados con la salud: Cualquier información concerniente a la salud pasada, presente y futura, física o mental, de un individuo.
 - Datos sensibles: Datos personales que revelan las opiniones políticas, las convicciones religiosas, filosóficas o morales, la afiliación sindical e información referente a la salud o a la vida sexual.
- **Artículo 7. Derecho de consulta para la protección de datos.** Toda persona tiene derecho a una acción judicial para conocer de la existencia y acceder a los datos que de ella consten en registros o bancos de datos públicos o privados y, en caso de discriminación, inexactitud o error, exigir la suspensión, rectificación y la actualización de aquellos, conforme a esta ley.
- **Artículo 10. Derecho de acceso.** Toda persona tiene el derecho a acceder a la información y a los datos que sobre ella o sus bienes reposen en los registros oficiales o

privados, así como conocer el destino y el uso que se haga de los mismos, con las limitaciones fijadas por esta ley. El tratamiento de los datos e informaciones personales o de sus bienes deberá hacerse respetando los principios de calidad, licitud, lealtad, seguridad y finalidad. Solicitarán ante la autoridad judicial competente la actualización, oposición al tratamiento, rectificación o destrucción de aquellas informaciones que afecten ilegítimamente sus derechos.

- **Artículo 70. Archivos de datos personales comunes que contengan datos de carácter personal establecidos por las entidades aseguradoras.** Los establecimientos sanitarios públicos o privados y los profesionales vinculados a las ciencias de la salud pueden recolectar y tratar los datos personales relativos a la salud física o mental de los pacientes que acudan a los mismos o que estén o hubieren estado bajo tratamiento de aquellos, respetando los principios del secreto profesional.
- **Artículo 76. Consentimiento.** Sólo con el consentimiento expreso y por escrito del afectado, pueden ser objeto de tratamiento de los datos de carácter personal que revelen opiniones políticas, convicciones, religiosas, filosóficas o morales, afiliación sindical e información referente a la salud o a la vida sexual.
- **Artículo 78. Datos relativos a la salud.** Sin perjuicio de lo establecido en la presente ley respecto a la cesión de datos, las instituciones y los centros sanitarios, públicos y privados, y los profesionales correspondientes, pueden proceder al tratamiento de los datos de carácter personal relativos a la salud física o mental de las personas que a ellos acudan o hayan de ser tratados en los mismos, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación dominicana sobre la salud.

CAPÍTULO III: Marco metodológico

3.0 Introducción al capítulo

Aunque la descripción de las bases teóricas y el estado de los temas abordados en los proyectos de investigación ayuda a entender el contexto en donde son aplicados y los términos relacionados a la investigación, no es suficiente para consolidar su ejecución, especialmente en aquellos enfocados en la tecnología, ya que suelen requerir la construcción de un prototipo, en este caso, un dispositivo tecnológico para la salud.

Los proyectos de investigación necesitan sustentar su teoría con la práctica, lo que implica la explicación de los instrumentos, métodos y/o técnicas que fueron empleados o serán empleados en la investigación para la recolección de los datos que le darán forma al proyecto, así como los mecanismos para el procesamiento, la presentación y el posterior análisis e interpretación de los mismos para llegar a los resultados esperados. Este conjunto de procesos engloba lo que conocemos como “marco metodológico”.

El marco metodológico abarca un conjunto de acciones destinadas a la descripción y análisis profundo del problema planteado por medio de procedimientos específicos para la observación y recolección de los datos, haciendo que los elementos y conceptos del problema estudiado se conviertan en operaciones (Franco, 2011, como se citó en Azuero Azuero, 2018). En pocas palabras, con este término se intenta explicar el “cómo” se llevó o llevará a cabo una investigación determinada.

Franco (2011) también aclara que el marco metodológico es progresivo, pues necesita de los fundamentos de la teoría que justifica el estudio del tema elegido. Por ese motivo, es de suma importancia que en los proyectos de investigación se describan minuciosamente los conceptos que forman parte del marco teórico para que el marco metodológico tenga armonía y concordancia con el resto de las secciones.

3.1 Tipo de investigación

Teniendo en cuenta el problema planteado y sus objetivos, la metodología empleada fue la investigación aplicada no experimental, que se basa en la búsqueda de información sobre un tema específico para implementarla en la resolución de problemas prácticos sin manipular las variables involucradas. Esto implica recolectar información existente y usarla para proveer una solución práctica determinada, así como observar los fenómenos tal y como ocurren normalmente, y sin la intervención de elementos que los alteren.

3.2 Método

Considerando el contexto y las circunstancias que lo rodean, la investigación fue dividida en dos etapas: la investigación documental y la investigación de usuario. La primera etapa es la investigación documental, que consiste en la recopilación de información, por medios tanto físicos como digitales, sobre los temas tratados en el proyecto. Por su parte, la segunda etapa se trata de la investigación de usuario, que abarca la obtención de datos directos de los usuarios finales para analizarlos y obtener resultados que sustenten la investigación documental y permitan la construcción de un prototipo de mayor calidad.

3.3 Investigación preliminar

La investigación preliminar de nuestro proyecto consiste en la investigación documental, que corresponde a una investigación descriptiva. Este tipo de investigaciones se caracteriza por explicar un tema concreto y real, en nuestro caso, la prevalencia de las enfermedades autoinmunes en la República Dominicana y el uso de la tecnología vestible para el monitoreo de los signos vitales y la geolocalización de las personas que las padecen, puntualizando los diferentes factores que caracterizan a estas enfermedades con el propósito de tener una mejor visión del tema a nivel mundial y, sobre todo, a nivel local.

3.4 Delimitación del problema

Un proyecto de este estilo no puede abarcar todos los elementos que se necesitan para la investigación y creación de un producto, servicio o sistema tecnológico debido a las limitaciones de recursos, tales como tiempo y dinero, que pudieran complicar su culminación. Por lo tanto, lo ideal es establecer parámetros que permitan que el procedimiento sea más llevadero sin que pierda calidad en la recolección, procesamiento y muestra de los datos.

3.4.1 Área geográfica.

Tal y como lo indica su nombre, el proyecto está destinado para ser implementado en la República Dominicana pero la recolección de los datos será en el Distrito Nacional y en el Gran Santo Domingo, no solo por su cercanía, también por la gran concentración de personas que poseen estos lugares, aumentando la posibilidad de obtener datos más certeros que ayudarán a cumplir con los objetivos del proyecto y a simplificar la metodología de esta investigación.

3.4.2 Tiempo.

El tiempo estimado para la presente investigación es de ocho meses, período que abarca la duración de las asignaturas “Proyecto Final I” y “Proyecto Final II” respectivamente. Los primeros cuatro meses están destinados a la investigación documental y los cuatro meses restantes, a la investigación de usuario y a la construcción del prototipo.

3.4.3 Población y muestra.

La población contemplada para este proyecto está limitada principalmente a especialistas en enfermedades autoinmunes, a representantes o miembros clave de organizaciones sin fines de lucro que aborden estas enfermedades, y a personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana.

3.4.4 Técnicas e instrumentos.

Para un levantamiento de datos más preciso en torno a las enfermedades autoinmunes y a la tecnología vestible, consideramos realizar entrevistas a expertos en el área que no tengan problema en proveer sus conocimientos en beneficio de nuestra investigación, a representantes o miembros clave de organizaciones sin fines de lucro que aborden estas enfermedades, y a personas con enfermedades autoinmunes a nivel local.

3.4.5 Técnica de procesamiento de análisis de datos.

Con los datos obtenidos de las entrevistas, se llevará a cabo un análisis de datos cualitativo, ya que consideramos que con esta técnica será posible interpretar los datos y convertirlos en información valiosa que permita validar la hipótesis, los objetivos y responder a las preguntas de investigación planteadas en el Capítulo 1.

3.4.6 Fuentes de datos.

Las fuentes de datos empleadas para la recolección de los datos que forman parte de la investigación documental del proyecto consisten principalmente en artículos, informes, libros, proyectos de investigación, reportajes, revistas y otros recursos digitales de carácter académico, científico y periodístico relacionados a la salud y a la tecnología. Muchos de estos recursos fueron encontrados en sitios y páginas web de asociaciones, instituciones y servicios de salud, organizaciones gubernamentales y periódicos tanto locales como internacionales. De igual forma, algunos fueron localizados en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), plataforma gestionada por la Universidad Iberoamericana (UNIBE).

Para la investigación de usuario, consideramos a las entrevistas como fuentes de datos importantes, ya que permitirían obtener datos que ayuden a proporcionar conclusiones más precisas de los temas abordados en el proyecto.

CAPÍTULO IV: Plan de mercadeo y análisis del entorno

4.0 Introducción al capítulo

A través de los años, los avances científicos y tecnológicos, así como los cambios en la sociedad, han dado paso al surgimiento de nuevas necesidades y problemáticas que demandan soluciones que las satisfagan. El mercado ha crecido significativamente gracias a la gran cantidad de propuestas que han sido creadas para suplir estas exigencias y acaparar la mayor cantidad de clientes posible, aumentando la probabilidad de obtener ganancias constantes a pesar del paso del tiempo.

La variedad de productos y servicios que existen para satisfacer un segmento específico del mercado ha provocado el aumento de la competencia, ya que normalmente el público objetivo suele tener disponible muchas opciones para escoger. Debido a eso, es necesario proveer soluciones con características que las hagan destacar del resto presente en el mercado. Para lograrlo, no siempre suele bastar con la creatividad e innovación, también se requiere estudiar y analizar el mercado para establecer un plan adecuado.

Tal vez para algunas personas no sea así, pero establecer las bases que conforman un plan de mercadeo para una solución que se desea lanzar al mercado ayuda a consolidar los objetivos que deben cumplir los equipos y las empresas ejecutoras. Así mismo, les ayuda a tener una visión más aterrizada de su propuesta y así evitar que pierdan recursos esenciales de forma innecesaria, consecuencia que pudiera afectarles en el futuro.

Con lo anterior dicho en cuenta, si bien es cierto que una cantidad considerable de proyectos de grado no necesariamente se llevan a la realidad, el hecho de analizarlos desde el punto de vista del mercadeo y los negocios puede resultar muy útil para sus autores, ya que permite darle forma a los objetivos del mismo y esclarecer aquellos aspectos que pudieran agregarle valor dentro del mercado actual.

4.1 Benchmarking

Al comparar las características y las funcionalidades de productos y servicios con objetivos similares, es posible perfeccionar la propuesta de valor que ofrece una idea de negocio en contraposición con aquellos productos y servicios ya establecidos en el mercado. Lo mismo aplica para proyectos tecnológicos como VitaLinker, que tienden a contar con una competencia amplia y diversa, especialmente hoy en día. Esta situación no es de extrañar, ya que la tecnología vestible puede adoptar diferentes estilos y tamaños, tal y como se ha demostrado claramente en el marco teórico, lo que ha hecho que se eleve su auge.

Tabla 1

Benchmarking entre Fitbit Sense, Oura Ring y VitaLinker.

Características y funcionalidades	VitaLinker	Fitbit Sense	Oura Ring
Accesibilidad	Directrices de accesibilidad de los contenidos web de la W3C	Pantalla de alto contraste	Alertas vibratorias
Alertas de anomalías en la salud	Sí	Sí	No
Aplicación móvil	Sí, disponible en Android y iOS	Sí, disponible en Android y iOS	Sí, disponible en Android y iOS

Conectividad	Bluetooth de bajo consumo y Wi-Fi HaLow (IEEE 802.11ah)	Bluetooth	Bluetooth
Duración de la batería	Más de siete días	De cuatro a seis días	De cuatro a siete días
Geolocalización de usuarios	Sí	No	No
Monitoreo de la actividad física	Sí	Sí	Sí
Monitoreo de la frecuencia cardíaca	Sí	Sí	Sí
Monitoreo de la temperatura	Sí	Sí	Sí
Monitoreo del nivel de oxígeno en la sangre	Sí	Sí	No
Notificaciones de seguimiento de la salud	Sí	Sí	Sí

Público objetivo	Personas con enfermedades autoinmunes	Salud general	Salud general
Recordatorios personalizables	Sí	Sí	No
Seguimiento de la medicación	Integrada	Aplicaciones de terceros	Aplicaciones de terceros

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 1, establecimos una comparación de algunas de las características y funcionalidades más destacables de VitaLinker y las dos productos que ya describimos con detalle en el marco teórico: Fitbit Sense y OuraRing. El objetivo de esto es mostrar lo que VitaLinker podría ser capaz de hacer en el caso hipotético de que fuera desarrollado y lanzado al mercado.

4.2 Mecanismo para poblar de información al sistema

Para poblar de información al sistema, consideramos aplicar varios mecanismos de mercadeo tales como el marketing de contenidos a través de diversos medios como las redes sociales y los correos electrónicos. Cada uno de estos se describen con mayor detalle a continuación:

- **Marketing de contenidos.** Se trata de la creación y difusión de contenidos atractivos y de alta calidad relacionados con las enfermedades autoinmunes, la gestión de la salud y las ventajas que ofrece VitaLinker. Estos contenidos pueden adoptar diversas formas como artículos, entradas de blog, infografías, vídeos, entre otros. Al publicar estos

contenidos en la web, específicamente una página web, pretendemos atraer e interesar al público objetivo, es decir, a las personas con enfermedades autoinmunes en el país.

- **Marketing en redes sociales.** Con esto buscamos aprovechar el poder de las redes sociales más populares, como Facebook, Instagram y Twitter, para promocionar a VitaLinker y compartir contenido de valor relacionado a nuestro proyecto. Al interactuar activamente con los usuarios potenciales y responder a sus inquietudes estaríamos fomentando una fuerte presencia en línea.
- **Marketing por correo electrónico.** Se trata del envío de actualizaciones periódicas, consejos y ofertas promocionales a aquellas personas que hayan proporcionado su correo electrónico para estos fines. Dichos correos serían almacenados en una lista de correos electrónicos para enviarles información que los incentiven a probar el producto.

De igual manera, como parte de los mecanismos para atraer clientes y promocionar el proyecto, hemos contemplado la colaboración con profesionales de la salud y la participación en eventos y conferencias del sector:

- **Colaboración con profesionales de la salud.** Mediante la colaboración con especialistas, médicos, clínicas y hospitales del país, buscamos promocionar a VitaLinker como un dispositivo valioso para el monitoreo de las enfermedades autoinmunes. El suministro de material educativo y la formación ayudarían a los profesionales e instituciones de la salud a comprender mejor las ventajas del dispositivo y recopilar sus testimonios, elevando la credibilidad del proyecto y ampliando los clientes potenciales.
- **Participación en eventos y conferencias del sector.** La presentación de VitaLinker en eventos y conferencias relacionados con la salud, el bienestar y las enfermedades autoinmunes, funcionaría como un mecanismo para establecer lazos robustos con

posibles clientes, expertos y socios del sector de la salud y la medicina, así como demostrar el compromiso que tiene nuestro proyecto para mejorar la calidad de vida de las personas con enfermedades autoinmunes.

4.3 Modelo de negocio

Los modelos de negocio constituyen herramientas muy importantes que deben ser consideradas en la etapa inicial de la creación de una idea de producto o servicio, ya que suelen ser lo suficientemente claros y concisos para auxiliar a los involucrados a establecer estrategias y mecanismos para promocionar su idea en el mercado y hacerle frente a la competencia.

Una de las metodologías más conocidas y utilizadas para definir modelos de negocio es el “Modelo Canvas”, que consiste en una plantilla en donde se describe de forma breve pero contundente las características necesarias que debe tener una idea de negocio.

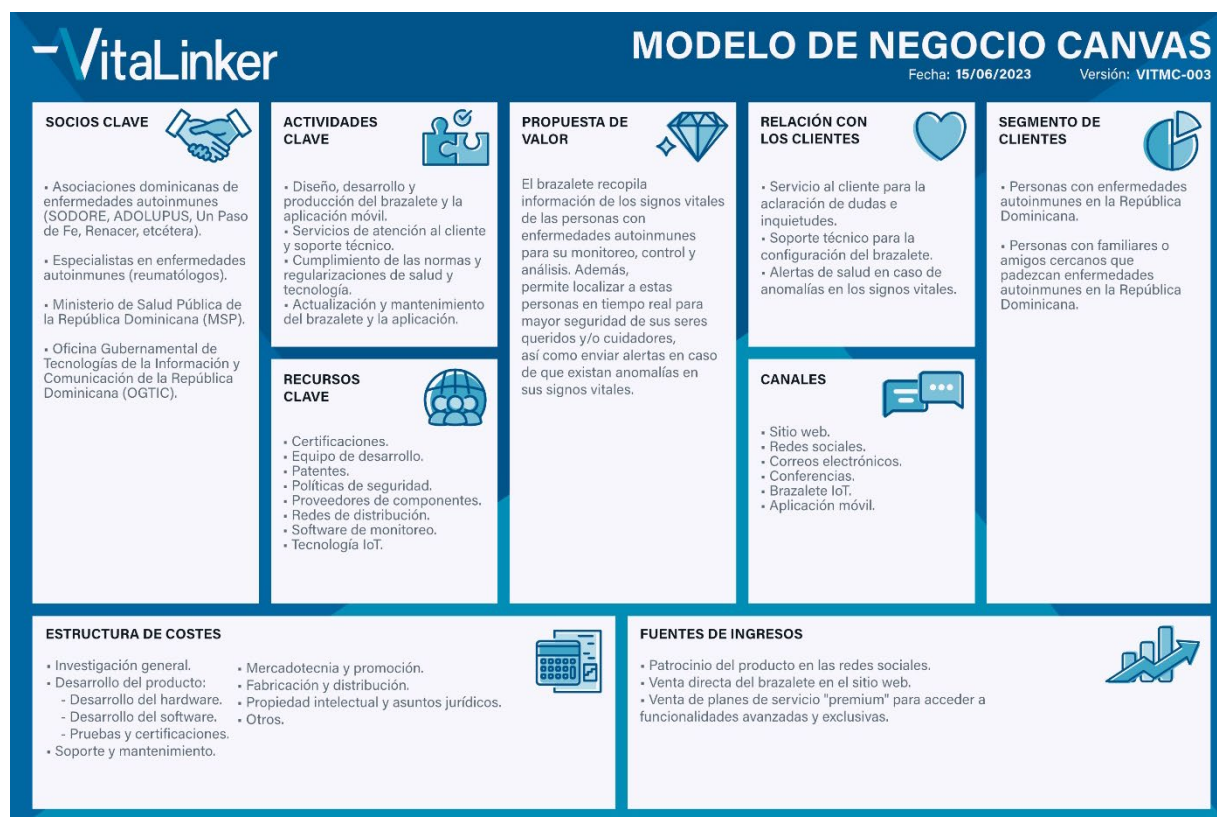


Figura 1. Modelo de negocio del proyecto utilizando el Modelo Canvas (elaboración propia).

4.4 Presupuesto

El presupuesto es una parte crucial en el plan de mercado porque ayuda a estimar los posibles costos de llevar a cabo una idea de negocio determinada. En nuestro caso, el presupuesto está conformado por una serie de actividades y recursos que deben ser considerados para el diseño y desarrollo de una primera versión de VitaLinker y otros aspectos que son necesarios a la hora de implementarlo y promocionarlo en el mercado.

El presupuesto de este proyecto está basado en un caso hipotético en el que un prototipo de VitaLinker sea diseñado, desarrollado y lanzado al mercado. Para la representación del valor de los costos estimados utilizamos el dólar estadounidense (USD\$) y tomamos de referencia los precios de productos y servicios en el mercado.

Tabla 2

Presupuesto estimado del proyecto “VitaLinker”.

PRESUPUESTO DE VITALINKER		
Código	Tarea	Costo estimado
IG	Investigación general	
IG-001	Investigación documental	\$750.00
IG-002	Estudio de mercado	\$1,500.00
IG-003	Investigación de usuario	\$1,000.00
IG-004	Investigación técnica	\$500.00
Subtotal de IG		\$3,750.00
DP	Desarrollo del producto	

DP-DH	Desarrollo del hardware	\$2,552.00
DP-DH-001	Sensores biomédicos	\$25.00
DP-DH-002	Microcontrolador	\$25.00
DP-DH-003	Porta batería	\$2.00
DP-DH-004	Diseño y fabricación del circuito impreso	\$500.00
DP-DH-005	Diseño y fabricación de la carcasa	\$2,000.00
DP-DS	Desarrollo del software	\$40,880.00
DP-DS-001	Configuración del dominio	\$75.00
DP-DS-002	Configuración del correo electrónico	\$30.00
DP-DS-003	Configuración del servidor Firebase	\$1,000.00
DP-DS-004	Sistema de control de versiones en GitHub	\$25.00
DP-DS-005	Desarrollo de APIs	\$500.00
DP-DS-006	Configuración de la base de datos	\$250.00
DP-DS-007	Desarrollo de la interfaz de usuario	\$10,000.00
DP-DS-008	Diseño e implementación de firmware	\$10,500.00
DP-DS-009	Depuración y optimización del firmware	\$3,000.00
DP-DS-010	Desarrollo de la aplicación móvil Android	\$15,000.00
DP-DS-011	Almacenamiento en la nube Firebase	\$500.00
DP-PC	Pruebas y certificaciones	\$4,500.00
DP-PC-001	Pruebas y depuración del dispositivo	\$2,000.00
DP-PC-002	Pruebas de cumplimiento y certificación	\$2,500.00

Subtotal de DP		\$47,932.00
SM	Soporte y mantenimiento	
SM-001	Soporte y mantenimiento del producto	\$9,586.40
Subtotal de SM		\$9,586.40
MP	Mercadotecnia y promoción	
MP-001	Diseño de marca y embalaje	\$4,500.00
MP-002	Página web y material promocional	\$5,000.00
MP-003	Comunicación y relaciones públicas	\$3,400.00
Subtotal de MP		\$12,900.00
FD	Fabricación y distribución	
FD-001	Tirada de la producción inicial	\$10,000.00
FD-002	Almacenamiento y logística	\$5,000.00
Subtotal de FD		\$15,000.00
PJ	Propiedad intelectual y asuntos jurídicos	
PJ-001	Presentación de patentes y tarifas legales	\$500.00
PJ-002	Registro de marcas	\$400.00
Subtotal de PJ		\$900.00
OT	Otros	
OT-001	Reservas de gestión	\$9,142.57
OT-002	Reservas de contingencia	\$1,250.00

Subtotal de OT	\$10,392.57
Subtotal general	USD\$100,460.97
ITBIS (18.00%)	USD\$18,082.97
TOTAL	USD\$118,543.94

Fuente: Elaboración propia.

Como se ilustra en la Tabla 2, cada una de las actividades y recursos del proyecto fueron identificados con un código y distribuidos bajo una categoría específica para un mejor entendimiento y visualización. Con los datos mostrados, se estima un presupuesto de USD\$100,460.97 (USD\$118,543.94 contando el ITBIS), para la creación y el lanzamiento de la primera versión de VitaLinker al mercado.

Tabla 3

Gastos de operación del proyecto “VitaLinker”.

OPEX		
Código	Tarea	Costo estimado
DP-DS-001	Configuración del dominio	\$75.00
DP-DS-011	Almacenamiento en la nube Firebase	\$500.00
SM-001	Soporte y mantenimiento del producto	\$9,586.40
FD-002	Almacenamiento y logística	\$5,000.00
OT-001	Reservas de gestión	\$9,142.57
Subtotal general		USD\$24,303.97

ITBIS (18.00%)	USD\$4,374.71
TOTAL	USD\$28,678.68

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del presupuesto se consideraron varios gastos de operación (OPEX) que deben ser cubiertos anualmente. En la Tabla 3 se puede apreciar que el total estimado de estos gastos es de USD\$24,303.97 (USD\$28,678.68 contando el ITBIS).

4.5 Retorno de la inversión

Para calcular el ROI (Retorno de la Inversión) del proyecto, es necesario estimar los ingresos potenciales o el ahorro de costes que generaría el producto en base al precio y a la cantidad de dispositivos estimados que se venderán. Para lograrlo, se consideró el CAPEX (Gastos de Capital) y el OPEX (Gastos Operativos) del mismo. El CAPEX equivale a un total estimado de USD\$76,157.00, y el OPEX, a un total estimado de USD\$24,303.97. La suma del CAPEX y el OPEX da como resultado los USD\$100,460.97 del presupuesto estimado.

Considerando el costo de inversión del presupuesto y sobre la base de la estimación de ventas de 300 unidades a USD\$200.00 cada una, los ingresos totales ascenderían a USD\$60,000.00. En consecuencia, con dicha cantidad es posible calcular la ganancia por inversión:

- Ganancia por inversión = USD\$60,000.00 – USD\$100,460.97 = –USD\$40,460.97
- $ROI = \left(\frac{-USD\$40,460.97}{USD\$100,460.97} \right) \times 100 = (-0.4028) \times 100 = -40.28\%$.

Para hacer una proyección de cinco años tras el lanzamiento de VitaLinker, nos basamos en las siguientes variables:

- Una tasa de crecimiento anual del 10.00% en la venta de dispositivos.

- Un precio de venta constante de USD\$200.00 dólares por unidad.
- El OPEX inicial de USD\$24,303.97, con un incremento anual del 3.50%.
- El presupuesto total de USD\$100,460.97 (incluyendo los gastos de capital).

Tabla 4

Ganancias anuales tras el lanzamiento de VitaLinker (a cinco años).

Año	Unidades vendidas	Ingresos totales	OPEX anual	Ganancia neta	ROI (%)
1	300	\$60,000.00	\$24,303.97	-\$40,460.97	-40.28%
2	330	\$66,000.00	\$26,035.02	\$39,964.98	39.78%
3	363	\$72,600.00	\$26,946.25	\$45,653.75	45.44%
4	399	\$79,800.00	\$27,889.36	\$51,910.64	51.67%
5	439	\$87,800.00	\$28,865.49	\$58,934.51	58.66%

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las estimaciones de las ganancias anuales presentadas en la Tabla 4, la inversión de VitaLinker podría ser parcialmente retornada a partir del cuarto año y aumentar poco a poco conforme pase el tiempo. Esto se debe a que se trata de un proyecto bastante complejo que requiere de muchos recursos.

CAPÍTULO V: Análisis, presentación de resultados y conclusiones

5.0 Introducción al capítulo

Una vez concluida la investigación general de los temas abordados en el proyecto, el desarrollo de su marco teórico y la explicación de su respectivo marco metodológico es necesario realizar el análisis y presentación de los resultados obtenidos y las conclusiones correspondientes. Este proceso suele detallarse en la comúnmente denominada “sección de resultados”, cuyo propósito es eso, presentar de forma clara, objetiva y ordenada los principales resultados y conclusiones producto de las investigaciones previas.

Tal y como expresa Cáceres Castellanos (2014): “En la práctica, la ciencia que transmite mejor sus resultados es la más útil, por ello es prioritario comunicar los resultados”. Esto significa que, sin importar el campo de estudio en el que se base una investigación, la presentación de los resultados y las conclusiones permite validar o desmentir hechos concretos y, por ende, proporcionar un mayor nivel de credibilidad y buena reputación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presentación y explicación de los resultados y las conclusiones es vital para todo proyecto de investigación ya que puede elevar su veracidad y fortalecer la solidez y precisión del objetivo general, los objetivos específicos y, sobre todo, la hipótesis preliminar planteada. A su vez, puede servir de base para el debate y la discusión de los mismos, y para el desarrollo de futuras investigaciones relacionadas con el proyecto en sí, contribuyendo no solo al área de estudio abordada, también a la comunidad académica y científica universal.

Por los diversos motivos expuestos, es importante que los resultados y conclusiones del proyecto de investigación sean analizados, explicados y justificados de forma clara y minuciosa, con la finalidad de evitar dudas e inquietudes de cualquier índole y, lo más importante, evitar que estos sean malinterpretados.

5.1 Encuestas

Para nuestro proyecto no consideramos la elaboración ni difusión de encuestas. Como detallamos en el Capítulo 3, específicamente en las Subsecciones 3.4.4 y 3.4.5, analizamos las opciones y concluimos que las entrevistas constituyen la técnica ideal para el levantamiento de los datos en nuestra investigación de usuario.

La razón principal de esta decisión es que, aunque las encuestas suelen ser más significativas para la obtención de datos cuantitativos, el tema central de este proyecto gira en torno a las enfermedades autoinmunes y al uso de tecnologías vestibles para su monitoreo; y como en la República Dominicana estas enfermedades no son tan comunes ni muy conocidas, consideramos apropiado recolectar los datos acudiendo directamente a especialistas en el área, representantes o miembros clave de organizaciones sin fines de lucro, y a personas con enfermedades autoinmunes en el país.

5.2 Entrevistas

El proceso de levantamiento de datos por medio de entrevistas tiende a ser más tedioso y delicado que el de las encuestas. Es un proceso tedioso principalmente por su naturaleza, que implica buscar y seleccionar a las personas adecuadas para las entrevistas, establecer la comunicación con ellas y negociar la fecha y el horario para realizarlas, lo que suele consumir más tiempo de lo previsto. También es un proceso delicado debido a la exposición a la que suelen someterse los participantes, que puede ser parcial o completa dependiendo del medio por el que se lleven a cabo estas entrevistas. Pese a estas desventajas, las entrevistas permiten que los investigadores, quienes adoptan el papel de entrevistadores para estos fines, tengan la posibilidad de interactuar con los entrevistados, dando paso a respuestas más completas, espontáneas, naturales y sinceras, aspectos importantes en toda investigación.

5.2.1 Modelos de entrevista.

Debido a la diversidad de los entrevistados planteamos tres tipos de modelos de entrevista: una entrevista orientada a especialistas en el área, una orientada a representantes o miembros clave de asociaciones sin fines de lucro, y otra orientada a personas con enfermedades autoinmunes. A continuación, mostraremos las preguntas asociadas a cada modelo y su justificación:

- **Modelo No. 1. Entrevista orientada a especialistas:**
 - **Pregunta 1:** ¿Tiene conocimiento sobre cuáles son las enfermedades autoinmunes más comunes en la República Dominicana y su prevalencia en la población?
 - **Justificación:** Obtener información más certera y precisa sobre estas enfermedades y su prevalencia, y así confirmar la importancia que tiene este tema a nivel local.
 - **Pregunta 2:** En términos de diagnóstico y tratamiento, ¿cuáles son los principales desafíos que enfrentan las personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana?
 - **Justificación:** Documentar, analizar y evidenciar las complicaciones más significativas de estos procedimientos para las personas con enfermedades autoinmunes.
 - **Pregunta 3:** ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta actualmente la República Dominicana en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades autoinmunes? ¿Qué medidas se están tomando para abordarlos?
 - **Justificación:** Identificar posibles soluciones, alternativas o mejoras que podrían ser cubiertas con la implementación del brazalete VitaLinker.

- **Pregunta 4:** ¿Cuáles son las opciones de tratamiento más utilizadas por estas personas para enfrentar las enfermedades autoinmunes? ¿Qué tan accesibles son para la población?
 - **Justificación:** Obtener información de la calidad de la atención, los tratamientos y las necesidades que no han sido cubiertas.
- **Pregunta 5:** ¿Cuál es su opinión sobre la aplicación de tecnologías emergentes, como por ejemplo, el internet de las cosas (IoT), para el tratamiento de enfermedades autoinmunes?
 - **Justificación:** Evaluar el impacto de estas tecnologías en la mejora del manejo de las enfermedades autoinmunes desde el punto de vista de un experto.
- **Pregunta 6:** ¿Cree que el uso de un brazalete IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana podría traer beneficios?
 - **Justificación:** Evidenciar la aceptación y el potencial que podría tener VitaLinker en el manejo de las enfermedades autoinmunes en el país.
- **Modelo No. 2. Entrevista orientada a representantes o miembros de asociaciones:**
 - **Pregunta 1:** ¿Tiene alguna estimación aproximada de cuántas personas podrían estar padeciendo alguna enfermedad autoinmune en la República Dominicana?
 - **Justificación:** Obtener información más certera y precisa sobre estas enfermedades y su prevalencia, y así confirmar la importancia que tiene este tema a nivel local.
 - **Pregunta 2:** ¿Qué servicios proporciona su asociación para apoyar a estas personas y a sus familiares y/o cuidadores en el manejo de las enfermedades autoinmunes?

- **Justificación:** Comprender cuál es el papel y el alcance de la asociación en términos de apoyo a los pacientes y a sus familias, así como el impacto y la difusión que ha tenido.
- **Pregunta 3:** ¿Cuáles son los principales desafíos que enfrenta actualmente la República Dominicana en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades autoinmunes? ¿Qué clase de estrategias ha implementado su asociación para abordarlos?
 - **Justificación:** Identificar posibles soluciones, alternativas o mejoras que está implementando actualmente la asociación y que pudiéramos considerar para consolidar los objetivos de VitaLinker.
- **Pregunta 4:** ¿Cuál es su opinión sobre la aplicación de tecnologías emergentes, como por ejemplo, el internet de las cosas (IoT), para el tratamiento de enfermedades autoinmunes?
 - **Justificación:** Evaluar el impacto de estas tecnologías en la mejora del manejo de las enfermedades autoinmunes desde el punto de vista de un representante o miembro importante de la asociación.
- **Pregunta 5:** ¿Cree que el uso de un brazalete IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana, complementaría o fortalecería las iniciativas de su asociación?
 - **Justificación:** Evidenciar el nivel de aceptación y potencial que podría tener VitaLinker en el manejo de las enfermedades autoinmunes en el país y el interés de la asociación en promocionarlo y/o utilizarlo.

- **Modelo #3. Entrevista orientada a personas con enfermedades autoinmunes:**

- **Pregunta 1:** ¿Cómo ha impactado la enfermedad autoinmune que padece en su vida diaria y bienestar?
 - **Justificación:** Comprender y evidenciar el impacto que podrían tener las enfermedades autoinmunes en la vida cotidiana de las personas que las padezcan.
- **Pregunta 2:** ¿Cuáles son los principales desafíos que ha enfrentado para acceder a la atención médica y los tratamientos necesarios para manejar su condición?
 - **Justificación:** Identificar los obstáculos que están enfrentando las personas con enfermedades autoinmunes y determinar aquellos que VitaLinker pudiera solucionar y/o mejorar.
- **Pregunta 3:** ¿Qué medicamentos, terapias y/o enfoques ha utilizado hasta el momento para lidiar con su condición? ¿Ha encontrado algún tratamiento o enfoque que haya sido especialmente efectivo para usted?
 - **Justificación:** Obtener información sustancial que nos permita identificar alternativas más eficientes o necesidades que no han sido cubiertas.
- **Pregunta 4:** ¿Cree que el uso de tecnologías emergentes, como el internet de las cosas (IoT), podría mejorar el manejo de su condición?
 - **Justificación:** Evaluar el impacto de estas tecnologías en la mejora del manejo de las enfermedades autoinmunes desde el punto de vista de una persona con este tipo de enfermedades.
- **Pregunta 5:** ¿Estaría dispuesto a utilizar un brazalete IoT para la monitorización continua de sus signos vitales y su geolocalización para el manejo de su enfermedad autoinmune?

- **Justificación:** Evaluar el interés y la disposición del paciente en adquirir y utilizar a VitaLinker y, de acuerdo a eso, llevar a cabo mejoras en las características y funcionalidades establecidas hasta el momento.

Cabe resaltar que algunas de las preguntas planteadas fueron repetidas en los tres modelos de entrevista debido a que aplican para los tres tipos de entrevistados, es decir, que para cada caso son igual de necesarias.

5.2.2 Presentación y análisis de los resultados de las entrevistas.

Durante la investigación de usuario realizada tuvimos la oportunidad de entrevistar a un total de cinco personas: un especialista, una representante de una asociación sin fines de lucro, y tres mujeres con enfermedades autoinmunes, dos con Lupus Eritematoso Sistémico (LES) y una con Esclerosis Múltiple (EM). A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos en cada uno de los casos:

- **Entrevista a especialista en enfermedades autoinmunes.** Uno de nuestros entrevistados resultó ser un reumatólogo del Centro Médico de Diabetes, Obesidad y Especialidades (CEMDOE). Su vasta experiencia en el área nos permitió expandir nuestro conocimiento sobre las enfermedades autoinmunes y su situación en el país. Su intervención se resume a los siguientes puntos:
 - Enfermedades autoinmunes más comunes y su prevalencia en la población: Nos informó que la República Dominicana no cuenta con estadísticas sobre las enfermedades autoinmunes y su prevalencia.
 - Principales desafíos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades autoinmunes: Nos explicó que el principal desafío al que se enfrentan las personas con enfermedades autoinmunes es el costo de los tratamientos, ya que no suele ser

- cubiertos por los seguros médicos. Normalmente, estos consisten en medicamentos recetados que tienden a ser poco efectivos y pueden causar efectos secundarios a los pacientes. Aun así, en el país no se han tomado medidas de ningún tipo para lidiar con esta problemática.
- Aplicación de tecnologías para el tratamiento de enfermedades autoinmunes: Nos comentó que la aplicación de tecnologías para el tratamiento de enfermedades autoinmunes podría ser de utilidad o no dependiendo de cómo se emplee. Teniendo esto en cuenta, él opina que un brazalete IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes sería bastante útil e interesante en términos de diagnóstico y seguimiento.
 - **Entrevista a representante de asociación de Esclerosis Múltiple (EM).** Logramos contactar con la Coach Personal Certificada Mary Cruz Mejía, paciente de EM y vicepresidenta de la Fundación Dominicana de Esclerosis Múltiple: Renacer. Según lo que nos comentó, esta asociación está enfocada a orientar y brindar apoyo a pacientes con esta enfermedad para la realización de pruebas diagnósticas y la renovación de los expedientes de ingreso al Programa de Medicamentos de Alto Costo de la República Dominicana (PMAC). Su participación se resume a los siguientes puntos:
 - Prevalencia de la EM en la población: Nos informó que aunque no posee datos precisos, el rango aproximado de personas con EM a nivel local oscila entre las 300 y 400 personas.
 - Principales desafíos en el diagnóstico y tratamiento de la EM: Nos explicó que el país enfrenta un gran desafío relacionado al tratamiento de estas enfermedades y que ha intentado ser abordado por Renacer: el acceso a los medicamentos. Esto se

debe principalmente a la poca oferta y la alta demanda de los mismos, lo que ha provocado que su costo aumente significativamente.

- Aplicación de tecnologías para el tratamiento de la EM: Nos comentó que todo avance tecnológico es valioso, siempre y cuando sea usado con criterio y profesionalismo. En ese sentido, considera que el uso de un brazalete IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de personas con enfermedades autoinmunes sería una iniciativa bastante interesante.
- **Entrevista a estudiante con Lupus Eritematoso Sistémico (LES).** Esta estudiante de la Universidad Iberoamericana (UNIBE) se mostró interesada en compartir su experiencia con nosotros. Su testimonio se resume a los siguientes puntos:
 - Impacto del LES en su vida diaria y bienestar: Nos comentó que el LES ha impactado significativamente en su vida ya que ha presentado dificultades para lidiar con los síntomas, sobre todo los que suelen manifestarse en su piel. Esto ha hecho que se sienta cohibida, frustrada e insegura, especialmente al interactuar con otras personas.
 - Principales desafíos en el acceso a la atención médica y el tratamiento del LES: Nos explicó que el principal desafío al que se enfrenta, además de lidiar con los síntomas habituales que le provoca el LES, es el acceso a los medicamentos pues estos tienden a ser difíciles de conseguir y, por ende, muy costosos para una persona promedio.
 - Aplicación de tecnologías para el tratamiento del LES: Nos comentó que está de acuerdo con el uso de tecnologías para mejorar el manejo del LES, especialmente si estas se enfocan en la detección de crisis y el control de ingesta de

medicamentos. A su vez, nos dijo que estaría dispuesta a utilizar un brazalete con tecnología IoT para la monitorización continua de sus signos vitales y su geolocalización, y más porque considera que con esto estaría contribuyendo a la difusión de conocimiento relacionado a estas enfermedades en el país.

- **Entrevista a colaboradora con Lupus Eritematoso Sistémico (LES).** Esta paciente perteneciente a la Asociación Dominicana de Lupus (ADOLUPUS) aceptó contar su experiencia y opinión. Su testimonio se resume a los siguientes puntos:
 - Impacto del LES en su vida diaria y bienestar: Nos dijo que desde que fue diagnosticada con LES se ha sentido limitada tanto a nivel económico, por el costo de los medicamentos y las visitas médicas, como a nivel social, ya que se suele sentir insegura con los demás cuando se manifiestan los síntomas en su piel.
 - Principales desafíos en el acceso a la atención médica y el tratamiento del LES: Al principio, el mayor desafío para ella fue la precisión del diagnóstico ya que tuvo que recurrir a varios especialistas para que finalmente la diagnosticaran con LES. A partir de ese entonces, el desafío principal pasó a ser el costo y la disponibilidad de los medicamentos.
 - Medicamentos, terapias y/o enfoques más efectivos para lidiar con el LES: Además de que los medicamentos son difíciles de conseguir, los pocos que ha utilizado para tratar el LES no le han resultado como ella esperaba y más porque estos le han provocado efectos secundarios que la han obligado a detener su uso.
 - Aplicación de tecnologías para el tratamiento del LES: Nos comentó que considera a la tecnología como una herramienta que posee mayor exactitud que los especialistas, por lo que está de acuerdo con que esta puede servir para

mejorar el manejo del LES y, por ende, estaría dispuesta a utilizar un brazalete con tecnología IoT para la monitorización continua de sus signos vitales y su geolocalización.

- **Entrevista a colaboradora con Esclerosis Múltiple (EM).** Contactamos con esta paciente que forma parte de la Fundación Dominicana de Esclerosis Múltiple: Renacer, y que accedió a ser entrevistada para dar a conocer su experiencia. Su testimonio se resume a los siguientes puntos:
 - Impacto de la EM en su vida diaria y bienestar: Nos comentó que pese a las consecuencias que ha provocado esta enfermedad en su vida, ella le encontró un lado positivo a toda esta situación. Considera que gracias a esta enfermedad ha conocido personas que la han ayudado y apoyado, cosa que ha hecho que se sienta más segura y mejor consigo misma.
 - Principales desafíos en el acceso a la atención médica y el tratamiento de la EM: Nos dijo que a pesar de formar parte del PMAC desde el año 2015, ha presentado desafíos en el acceso a los medicamentos porque son muy costosos y difíciles de adquirir. También ha presentado dificultades en el diagnóstico de síntomas.
 - Medicamentos, terapias y/o enfoques más efectivos para lidiar con la EM: Aunque ha utilizado varios tipos de medicamentos, no ha conseguido uno en particular que haya sido realmente efectivo para ella. Al principio consumía medicamentos por inyección pero dejó de hacerlo porque esta práctica le ocasionaba moretones. Luego, optó por la ingesta de medicamentos pero dejó de hacerlo por los efectos secundarios que le provocaban y porque solía olvidarse de tomarlos.

- Aplicación de tecnologías para el tratamiento de la EM: Nos comentó que la tecnología pudiera ayudar dependiendo de cómo se use pero estaría dispuesta a utilizar un brazalete con tecnología IoT para la monitorización continua de sus signos vitales y su geolocalización.

Tras analizar cada una de las cinco entrevistas realizadas, pudimos detectar patrones en algunos de los resultados:

- Los cinco entrevistados comentaron que el costo y la disponibilidad de los tratamientos constituye uno de los mayores desafíos presentes en el país y con el que deben lidiar constantemente de alguna manera u otra.
- Dos de las pacientes entrevistadas mencionaron haber presentado dificultades en relación al diagnóstico de su respectiva enfermedad autoinmune y ciertos síntomas asociados a las mismas.
- Las tres pacientes entrevistadas mencionaron haber presentado efectos secundarios tras el consumo de los medicamentos correspondientes y dos de ellas especificaron que estos no fueron efectivos. Esto es sustentado con los resultados mostrados en la entrevista del especialista, pues él mencionó que tienden a no ser tan efectivos y pueden ocasionar efectos adversos.
- Los cinco entrevistados coincidieron en que la tecnología puede ayudar en el tratamiento de enfermedades autoinmunes y consideran que un brazalete como VitaLinker pudiera cumplir con este propósito.

5.3 Resultados de la hipótesis planteada

En el Capítulo 1, específicamente en la Sección 1.6, planteamos la siguiente hipótesis preliminar:

El uso de la tecnología vestible y su integración con las tecnologías emergentes para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de las personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana contribuye a la detección temprana de otras enfermedades relacionadas, brinda seguridad y eficientiza los servicios de atención médica, mejorando la calidad de vida no solo de las personas que las padecen, también la de sus seres queridos y/o cuidadores.

Según las investigaciones realizadas y el análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas correspondientes, podemos afirmar que la hipótesis preliminar en un principio tiene validez.

5.4 Verificación y evaluación de objetivos

Tal y como en el caso de la hipótesis preliminar, es importante que los objetivos establecidos sean evaluados y verificados para determinar si existe concordancia entre las ideas plasmadas y los resultados obtenidos.

5.4.1 Verificación del objetivo general.

En el Capítulo 1, específicamente en la Subsección 1.7.1, planteamos el siguiente objetivo general:

El objetivo general de este proyecto es llevar a cabo una investigación exhaustiva sobre el uso de dispositivos vestibles y su integración con tecnologías emergentes, como el internet de las cosas (IoT), para el monitoreo y la detección temprana de síntomas asociados a las enfermedades autoinmunes. De esa forma, buscamos determinar el impacto de estas tecnologías en la calidad de vida de las personas con estas enfermedades en la República Dominicana, al igual que en la de sus seres queridos y/o cuidadores que se preocupen por ellas.

Según las investigaciones realizadas y el análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas correspondientes, podemos afirmar que el objetivo general establecido ha sido verificado en los Capítulos 1, 2 y 5 respectivamente por las razones mostradas a continuación:

- Capítulo 1: Contiene información básica y general relacionada a las enfermedades autoinmunes: qué son, sus causas y consecuencias, su prevalencia (a nivel global y local) y las soluciones actuales para su tratamiento.
- Capítulo 2: Contiene información sobre la implementación de la tecnología en el sector de la salud, haciendo énfasis en el uso e integración de las tecnologías vestibles y emergentes para el seguimiento y la detección temprana de enfermedades y/o síntomas específicos a través del monitoreo continuo y el posterior análisis de los signos vitales medidos.
- Capítulo 5: Contiene los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas y su respectivo análisis, siendo estos en su mayoría beneficiosos tanto para la hipótesis preliminar como para los objetivos establecidos.

5.4.2 Verificación de los objetivos específicos.

Según las investigaciones realizadas y el análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas, podemos afirmar que los objetivos específicos planteados en la Subsección 1.7.2 han sido verificados en diversas partes del proyecto de investigación:

- **Objetivo 1:** “Indagar sobre las enfermedades autoinmunes y su estado actual, tanto alrededor del mundo como en la República Dominicana, haciendo énfasis en su prevalencia y en las necesidades o desafíos que enfrentan las personas que las padecen”.
 - Verificación: Este objetivo fue verificado en las Secciones 1.1, 1.2 y 1.4, ya que contienen información sobre las características de estas enfermedades, sus causas y

consecuencias, su prevalencia y las soluciones actuales para su tratamiento; y en la Subsección 2.2.11, porque contiene información sobre los tipos de enfermedades autoinmunes.

- **Objetivo 2:** “Revisar y analizar los estudios, investigaciones, noticias, proyectos y otros recursos existentes que aborden el tema de la tecnología vestible y las tecnologías emergentes, especialmente aquellos recursos que posean relevancia en el territorio nacional”.
 - **Verificación:** Este objetivo fue verificado en la Sección 2.1, ya que contiene información detallada sobre algunas investigaciones y proyectos de varias partes del mundo relacionados al uso de estas tecnologías para el monitoreo de los signos vitales, y la detección temprana de síntomas y/o enfermedades.
- **Objetivo 3:** “Evaluar el impacto del uso de los dispositivos vestibles y las tecnologías emergentes en la mejora del monitoreo y la detección temprana de síntomas asociados a determinados tipos de enfermedades”.
 - **Verificación:** Así como el Objetivo 2, este objetivo también fue verificado en la Sección 2.1, ya que contiene los resultados obtenidos de cada una de las investigaciones y proyectos explicados, siendo estos resultados prometedores para nuestro proyecto.
- **Objetivo 4:** “Estudiar las características de las tecnologías existentes en el mercado para el monitoreo y seguimiento de enfermedades, dándole prioridad a aquellas destinadas a las enfermedades autoinmunes”.
 - **Verificación:** Este objetivo fue verificado en la Subsección 2.1.1, ya que contiene información sobre las características de algunos dispositivos vestibles disponibles en

el mercado relacionados a la detección, monitoreo y seguimiento de síntomas y/o enfermedades.

- **Objetivo 5:** “Solicitar la orientación de profesionales de la salud, organizaciones de pacientes y otras partes interesadas que nos proporcionen sugerencias sobre la aplicación de las tecnologías actuales en la atención de la salud a nivel local”.
 - **Verificación:** Este objetivo fue verificado en la Sección 5.2, ya que esta contiene los resultados obtenidos de cada una de las entrevistas realizadas, su respectivo análisis y una conclusión en torno a ellas. Estos resultados en cuestión fueron favorables para nuestra investigación.
- **Objetivo 6:** “Diseñar, desarrollar e implementar un prototipo de brazalete con tecnología IoT para la monitorización continua de los signos vitales y la geolocalización de las personas con enfermedades autoinmunes en el país”.
 - **Verificación:** Este objetivo fue verificado en el Capítulo 6, ya que contiene información detallada sobre los objetivos, las características y funcionalidades del prototipo de VitaLinker, así como la explicación del diseño y proceso de desarrollo del mismo.
- **Objetivo 7:** “Realizar una evaluación del nivel de aceptación y viabilidad del uso del brazalete IoT por parte de la población dominicana con enfermedades autoinmunes”.
 - **Verificación:** Tal y como en el caso del Objetivo 5, este objetivo fue igualmente verificado en la Sección 5.2, ya que esta contiene los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas, su respectivo análisis y las conclusiones. Dichos resultados nos sirvieron como medio para la evaluación de la aceptación y viabilidad de nuestro proyecto.

5.4.3 Respuestas a las preguntas de investigación.

Con las investigaciones realizadas y el análisis de los resultados obtenidos en las entrevistas, fue posible para nosotros contestar cada una de las preguntas de investigación planteadas en la Sección 1.8. Las respectivas respuestas se muestran a continuación:

- **Pregunta 1:** “¿Cuáles son las enfermedades autoinmunes más prevalentes en la República Dominicana?”
 - **Respuesta:** Como se mencionó en la Subsección 1.1.3, si bien es cierto que hay constancia de la presencia de estas enfermedades en el país, actualmente no cuenta con estadísticas exactas sobre su prevalencia. En ese sentido, no podemos afirmar ni especificar cuáles enfermedades autoinmunes son las más comunes en la República Dominicana y cuántas personas las padecen.
- **Pregunta 2:** “¿Existen instituciones y/u organizaciones locales que aborden las enfermedades autoinmunes?”
 - **Respuesta:** Sí, como se mencionó en la Subsección 1.1.3 y se evidenció en la Sección 5.2, existen varias asociaciones dominicanas sin fines de lucro que se encargan de apoyar y ayudar a pacientes con estas enfermedades. Las más prominentes son: La Sociedad Dominicana de Reumatología (SODORE), la Asociación Dominicana de Lupus (ADOLUPUS), Renacer: Fundación Dominicana de Esclerosis Múltiple y Un Paso de Fe: Fundación para Pacientes de Artritis Reumatoide.
- **Pregunta 3:** “¿Qué tan costoso es el tratamiento de las diferentes enfermedades autoinmunes existentes en el país?”
 - **Respuesta:** Debido a la gran cantidad de enfermedades autoinmunes y sus características, el tipo de tratamiento puede variar y, por ende, su costo. No obstante,

- como se comprobó en la Sección 5.2, el tipo de tratamiento más común empleado por los pacientes es el consumo de medicamentos, cuyo costo tiende a ser muy elevado no solo por lo difíciles que son de conseguir, sino también porque no suelen ser cubiertos por los seguros médicos.
- **Pregunta 4:** “¿Existe alguna ley o reglamento que regule el uso de dispositivos vestibles para la monitorización de enfermedades autoinmunes en el país?”
 - **Respuesta:** No, como se mencionó en la Subsección 1.1.3 y se evidenció en la Sección 2.3, actualmente la República Dominicana no cuenta con una ley o reglamento para la regulación del uso de los dispositivos vestibles y mucho menos destinados a la salud. En la actualidad es necesario acudir a la Oficina Gubernamental de Tecnologías de la Información y Comunicación (OGTIC) para implementar proyectos con tecnología vestible.
 - **Pregunta 5:** “¿Cómo ayudaría un dispositivo vestible para la monitorización de los signos vitales en la gestión de los síntomas provocados por las enfermedades autoinmunes?”
 - **Respuesta:** Como se mencionó en la Sección 1.4, un dispositivo vestible como VitaLinker ayudaría a las personas con enfermedades autoinmunes a tener un mejor control de su salud por medio de la recolección de los datos de sus signos vitales. Los mismos serían suministrados a una aplicación móvil para que puedan ser visualizados de forma continua y con los que se pudieran realizar análisis posteriores.
 - **Pregunta 6:** “¿Cómo un dispositivo vestible para la monitorización de los signos vitales podría integrarse con los sistemas de salud existentes para proporcionar a los especialistas datos valiosos con los que puedan gestionar a pacientes con enfermedades autoinmunes?”

- **Respuesta:** Como se mencionó en la Sección 1.4, un dispositivo vestible como VitaLinker proporcionaría información más precisa a los profesionales por medio del análisis de los datos medidos por los sensores integrados en el brazalete, ayudándoles a detectar patrones y anomalías que pudieran afectar a los pacientes.

5.5 Conclusiones

Tras realizar las investigaciones de lugar y analizar los resultados obtenidos, podemos afirmar los siguientes puntos en torno a las enfermedades autoinmunes en la República Dominicana:

1. El país no cuenta con estadísticas oficiales que avalen la prevalencia de las enfermedades autoinmunes. Si bien existen datos estadísticos sobre algunas de estas enfermedades, se tratan de estimaciones no centralizadas
2. El país presenta un gran problema en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades autoinmunes, principalmente para su tratamiento, pues tiende a consistir en medicamentos recetados cuyo costo no suele ser cubierto por los seguros médicos. A esto se le suma su poca efectividad y los efectos secundarios que pueden provocar.
3. El país no cuenta con los conocimientos ni la tecnología necesaria para lidiar con las enfermedades autoinmunes. Esto se refleja en lo poco conocidas que son en el territorio nacional y en la falta de políticas relacionadas al uso de tecnologías para su monitoreo.

Con estos puntos aclarados, podemos concluir que a pesar de que las tecnologías actuales no pueden curar las enfermedades autoinmunes, sí pueden servir para monitorearlas a través de los signos vitales y, en ciertos casos, ayudar a predecir síntomas o patologías subyacentes. Por lo tanto, el uso e integración de tecnologías vestibles y emergentes puede ayudar a mejorar la detección de síntomas asociados a las enfermedades autoinmunes en el país.

5.6 Líneas futuras de investigación

A lo largo del proceso de investigación, nos han surgido ideas relacionadas al prototipo de VitaLinker que, debido a limitaciones de tiempo y otros recursos, se nos escapan de nuestro alcance. Aun así, pudieran servir como un punto de partida para futuros proyectos relacionados, es decir, como líneas futuras de investigación. Estas ideas son:

- **Integración de un sistema centralizado para el abastecimiento y control de medicamentos de alto costo para personas con enfermedades autoinmunes.**

Consiste en investigar sobre el uso de la tecnología para eficientizar el Programa de Medicamentos de Alto Costo (PMAC) o similares, de modo que el proceso de solicitar medicamentos o reportar la falta de estos sea más rápido para las personas con enfermedades autoinmunes, las asociaciones y otras instituciones relacionadas.

- **Implementación de algoritmos de aprendizaje automático para la predicción de síntomas y enfermedades subyacentes en personas con enfermedades autoinmunes.**

Consideramos que sería interesante investigar sobre la posibilidad y eficacia de implementar algoritmos de aprendizaje automático para predecir de forma más precisa síntomas y/o posibles enfermedades subyacentes en personas con enfermedades autoinmunes, a través de los datos recolectados y almacenados.

- **Ampliación y optimización de la medición de los signos monitoreados y recopilados de personas con enfermedades autoinmunes.**

Consideramos que una investigación centrada en la adición e integración de sensores biomédicos más complejos sería llamativa, ya que con estos componentes y las configuraciones correspondientes, se podría lograr un sistema capaz de analizar una mayor cantidad de signos del cuerpo, proporcionando resultados más diversos que beneficiarían a estas personas.

CAPÍTULO VI: Análisis y diseño del prototipo

6.0 Introducción al capítulo

El proceso de llevar a cabo una investigación en torno a un tema específico, documentar los resultados obtenidos, analizarlos y presentarlos, es bastante arduo en la mayoría de los casos debido a la cantidad de tiempo y recursos que los investigadores deben invertir para garantizar que el tema que están desarrollando sea relevante en la actualidad y sea explicado de forma pertinente, a través de la búsqueda de fuentes que proporcionen información lo más certera y completa posible.

Con la investigación realizada y documentada en los capítulos anteriores hemos adquirido nuevos conocimientos y ampliado aquellos que ya poseíamos sobre los temas de estudio desarrollados, lo que nos ha permitido pulir nuestra idea inicial concebida sobre el proyecto. Sin embargo, en algunos casos, este proceso no representa el final de un proyecto de investigación determinado, tal y como ocurre con los proyectos de investigación relacionados con la tecnología. Como el presente proyecto está orientado a la investigación tecnológica, su objetivo final consiste en evidenciar todos los conocimientos adquiridos y perfeccionados a lo largo de este proceso. Para eso, es necesario que estos sean llevados a la práctica, y esto se logra por medio de la creación de un prototipo relacionado a la idea del proyecto.

En un principio mencionamos que este proyecto de investigación conlleva al desarrollo de un prototipo de VitaLinker, un dispositivo vestible que con la integración de las tecnologías emergentes, como el internet de las cosas (IoT), puede ayudar a las personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana. Por lo tanto, debemos proporcionar los detalles relacionados al mismo. Esto incluye: la explicación de sus objetivos; las características y funcionalidades que posee; el diseño, desarrollo e integración de sus componentes; y las herramientas empleadas para realizar estos procedimientos.

6.1 Narrativa general

Con la explicación de VitaLinker buscamos proporcionar un mejor contexto sobre nuestro proyecto y lo que queremos lograr con el mismo.

6.1.1 Objetivos de la institución, empresa o sector al que está dirigido el proyecto.

Nuestro proyecto está dirigido al sector de la salud de la República Dominicana, específicamente a la población con enfermedades autoinmunes. Este sector está regulado por el Ministerio de Salud Pública (MSP) del país, cuyos objetivos están descritos en el Artículo 14 de la ya mencionada Ley General de Salud, No. 42-01. De forma textual, estos objetivos son:

- a) El diseño y ejecución de las políticas del sector salud.
- b) Propender por la realización de los principios consagrados en la presente ley al interior del Sistema Nacional de Servicios de Salud, y de este frente a los demás sectores públicos y privados, cuya actividad esté relacionada con la administración de recursos o prestación de servicios de salud.
- c) Garantizar los derechos de los pacientes a la información comprensible y veraz sobre sus casos y su condición de salud, así como sobre el funcionamiento de los servicios sanitarios e informar a los usuarios de los servicios del sector salud o vinculados a él, de sus derechos y deberes a través de las instituciones competentes del Sistema Nacional de Salud.
- d) Garantizar a los pacientes una atención oportuna, de calidad y prestada con calidez, respetuosa de su ambiente cultural y de sus derechos humanos y de ciudadanía consagrados en la normativa constitucional.
- e) Garantizar que toda persona física o moral o institución que pertenezca o se relacione con el Sistema Nacional de Salud y sus áreas afines, cumpla con los criterios de la bioética, y

que respete siempre la condición y dignidad de la persona humana, acorde a los convenios internacionales ratificados y las normas jurídicas dominicanas vigentes.

- f) Coordinar la adecuada aplicación y desarrollo de los recursos disponibles, cuya administración compete a la Secretaría de Estado de Salud Pública y Asistencia Social (SESPAS).
- g) Formular todas las medidas, normas y procedimientos que conforme a las leyes, reglamentos y demás disposiciones competan al ejercicio de sus funciones y tiendan a la protección de la salud de los habitantes.
- h) Promover el interés individual, familiar y social por la salud, mediante la educación adecuada de la misma, asumiendo esta educación en sentido integral como base de las políticas sanitarias del país.
- i) Garantizar que las instituciones del sistema desarrollen acciones de promoción de la salud, prevención de las diferentes enfermedades y de protección, recuperación y rehabilitación de la salud y las complementarias pertinentes, a fin de procurar a la población la satisfacción de sus necesidades en salud.
- j) Garantizar la creación de condiciones necesarias para asegurar un adecuado acceso de la población a los servicios de salud.
- k) Coordinar el funcionamiento integrado de las entidades que se encuentren vinculadas al Sistema Nacional de Salud.
- l) Coordinar con las instituciones educativas en los niveles superiores y técnicos y con las demás instituciones del Estado competentes, la formulación y ejecución de los planes y programas de desarrollo del recurso humano para el área de salud, de acuerdo a las necesidades del sistema.

- m) Promover las acciones necesarias para la rehabilitación funcional y reinserción social del paciente.
- n) Coordinar y promover la participación sectorial y extrasectorial del sector privado y los subsectores públicos, nacionales e internacionales, en el desarrollo y consolidación del Sistema Nacional de Salud.
- o) Nombrar, supervisar y evaluar los programas y servicios que desarrollen sus expresiones descentralizadas y estructuras organizativas correspondientes.
- p) Propender por la descentralización y desconcentración del sistema y sus expresiones territoriales, mediante el fortalecimiento y desarrollo institucional y sus estructuras organizativas correspondientes.
- q) Colaborar con la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales por la preservación y el mejoramiento del medio ambiente.
- r) Establecer y coordinar las políticas de supervisión que demande el sistema, con el fin de garantizar una eficaz y eficiente aplicación de las normas científicas, técnicas y administrativas que fueren expedidas.
- s) Disponer las acciones disciplinarias o administrativas previstas por la presente ley o cualquier otra disposición legal.
- t) Definir los grupos prioritarios de la población, y los problemas sobre los que el Estado debe hacer una mayor inversión en la política nacional de salud.
- u) Velar por el cumplimiento de los tratados y convenios internacionales relacionados con la salud.

Resumiendo estos objetivos, lo que la MSP busca es garantizar la salud de la población presente en el país a través del desarrollo e implementación de medidas.

6.1.2 Breve descripción del sistema propuesto.

VitaLinker consiste en un prototipo de brazalete IoT para monitorizar continuamente los signos vitales de las personas con enfermedades autoinmunes en la República Dominicana y geolocalizarlas. Los datos medidos por los módulos integrados en el dispositivo son transmitidos a una aplicación móvil en donde pueden ser visualizados en tiempo real a través de gráficas, procesados para proveer informes de seguimiento, utilizados para enviar alertas a las personas autorizadas por los usuarios y proveer la ubicación en tiempo real de los mismos.

6.1.3 Objetivos del sistema o proyecto.

VitaLinker cuenta con cuatro objetivos clave que describen lo que es capaz de realizar hasta el momento. Estos objetivos son:

1. Transmitir las mediciones de los signos vitales de los pacientes para que puedan ser visualizadas en la aplicación móvil de forma continua a través de gráficas.
2. Proveer la ubicación en tiempo real de los pacientes para que pueda ser visualizada en la aplicación móvil a través de un mapa y enviada a los usuarios autorizados.
3. Proporcionar informes de seguimiento diarios, semanales y mensuales de los signos vitales medidos.
4. Enviar alertas automáticas a los usuarios autorizados por los pacientes en caso de que se presenten anomalías en los signos vitales medidos en esos momentos.

6.1.4 Innovaciones del sistema propuesto.

Actualmente, en la República Dominicana no existen herramientas tecnológicas locales orientadas a las personas con enfermedades autoinmunes y mucho menos dispositivos vestibles para estos fines. Por lo tanto, VitaLinker representa una oportunidad para contribuir a la medicina local y, sobre todo, a la población dominicana con estas enfermedades.

6.1.5 Ventajas y beneficios.

Con la implementación exitosa de un prototipo de VitaLinker, las personas que padecen enfermedades autoinmunes en la República Dominicana podrían:

- Tener un mejor control de su salud, a través de los sensores integrados en el prototipo del brazalete y el uso del internet de las cosas (IoT).
- Tranquilizar a sus seres queridos y/o cuidadores, por medio del envío de alertas automáticas y la visualización de su ubicación geográfica en tiempo real.
- Proveer información más precisa a los profesionales del área, por medio del análisis de los datos suministrados por el prototipo de brazalete IoT. Estos análisis les ayudarían a detectar patrones y anomalías que pudieran afectar a estas personas tanto a corto como a largo plazo.

6.2 Análisis FODA del sistema propuesto



Figura 2. Análisis FODA del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).

6.3 Diagrama de contexto del sistema

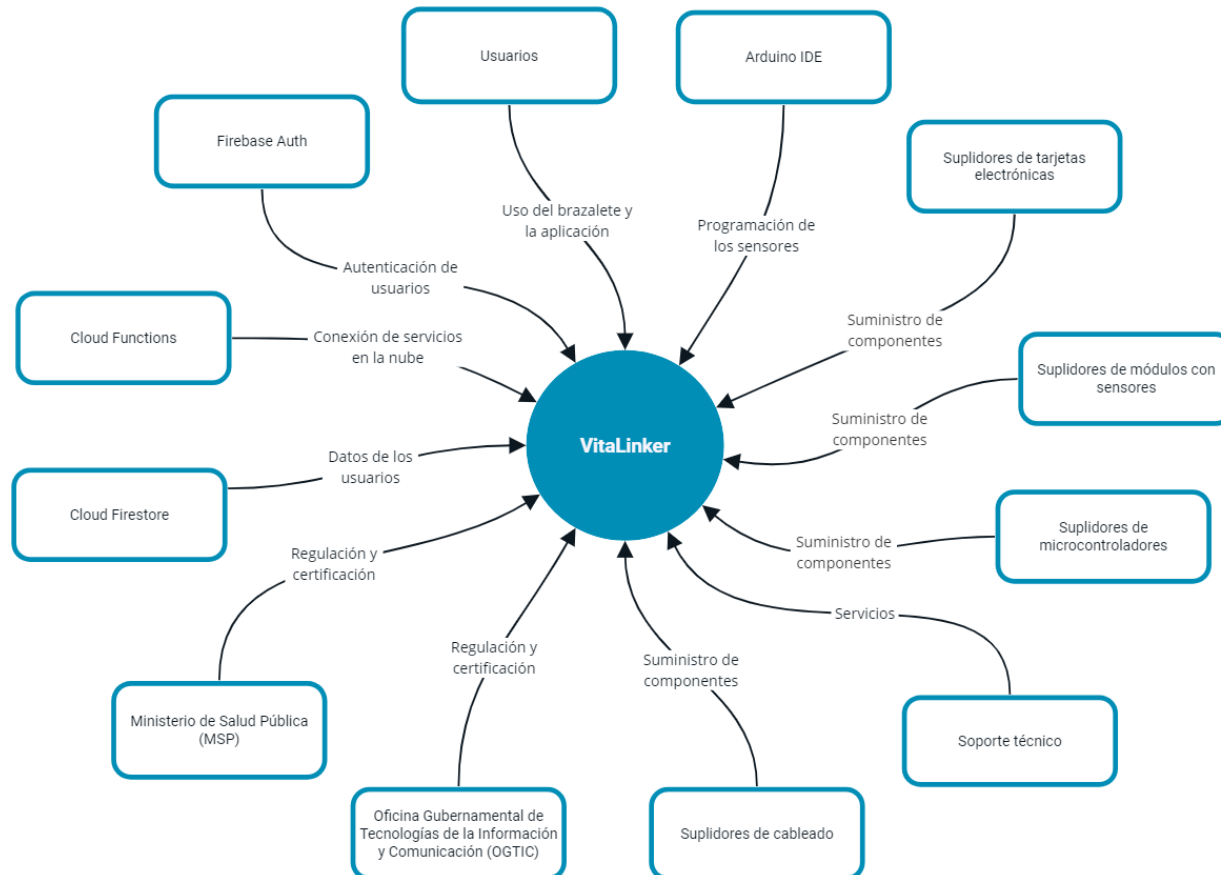


Figura 3. Diagrama de contexto del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).

6.4 Análisis funcional del sistema

El prototipo de VitaLinker está compuesto por dos partes principales: la parte de hardware y la parte de software:

- **Parte de hardware.** Consiste en el brazalete IoT como tal. Este se encarga de medir los signos vitales y obtener la ubicación geográfica de los pacientes, con el propósito de suministrarlos a la parte de software a través de protocolos de comunicación.
- **Parte de software.** Se trata de la aplicación móvil. Esta recibe los datos de la parte de hardware para su visualización y análisis. De esa forma, puede proveer informes de seguimiento y enviar alertas en caso de detectar anomalías en los mismos.

6.4.1 Brazaletes IoT.

El prototipo de brazaletes IoT está compuesto por un circuito impreso en el que se encuentran cuatro componentes principales:

- Un microcontrolador (Microcontrolador Arduino Nano 33 BLE), que sirve como un intermediario entre los dos módulos, el termistor y la parte de software.
- Un módulo que posee sensores integrados que miden la frecuencia cardíaca y el nivel de oxígeno en la sangre (Módulo MAX30102).
- Un módulo que obtiene la ubicación geográfica a través de una antena conectada (Módulo GPS GT-U7).
- Un termistor que mide la temperatura de la piel (Termistor Chip NTC).

A su vez, cuenta con un porta baterías (BH23APC) que permite la inserción de una pila. También posee dos bandas elásticas con velcro a cada lado del circuito impreso para que pueda ser colocado alrededor de la muñeca.

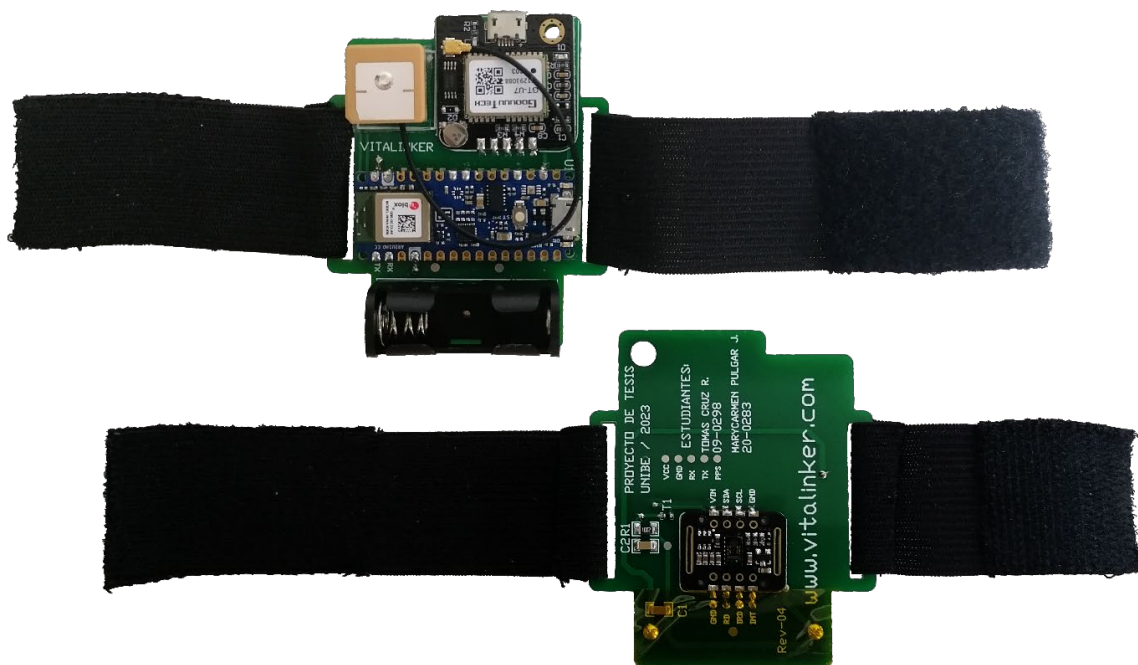


Figura 4. Vista frontal y posterior del prototipo de brazaletes IoT (elaboración propia).

Las características de cada uno de los componentes de este prototipo de brazalete IoT son las siguientes:

- **Circuito impreso.** Se trata de un circuito impreso que fue diseñado y fabricado exclusivamente para este proyecto. Contiene un espacio asignado para cada elemento descrito anteriormente y las pistas necesarias para la interconexión.

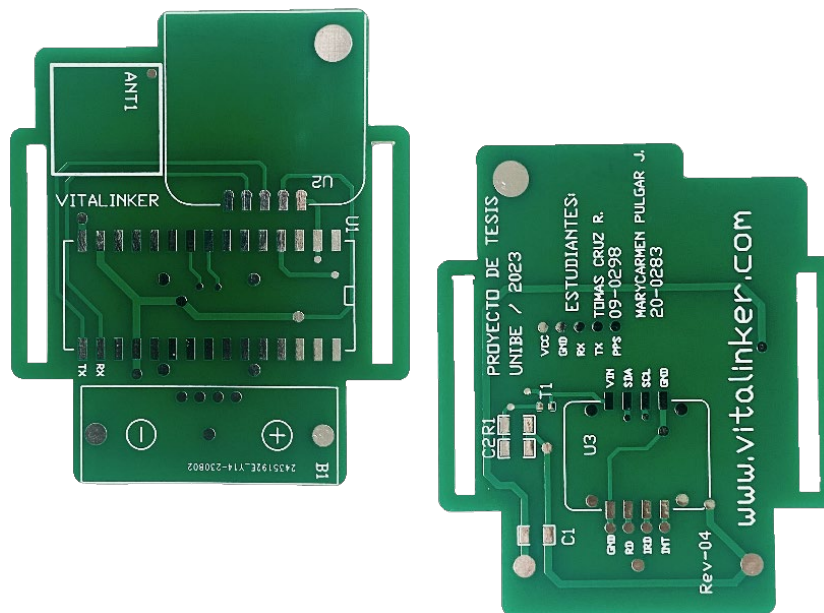


Figura 5. Vista frontal y posterior del circuito impreso (elaboración propia).

- **Microcontrolador Arduino Nano 33 BLE.** Según la tienda oficial de Arduino, lugar donde fue adquirido este componente, se trata de una versión mejorada del Arduino Nano tradicional, pues viene con un procesador más potente, una unidad de medida inercial de 9 ejes (IMU), que incluye un acelerómetro, un giroscopio y un magnetómetro con 3 ejes de resolución cada uno; y capacidad para establecer conexión a través de Bluetooth. Esto lo hace ideal para proyectos que requieran establecer comunicación inalámbrica a corta distancia. Sus especificaciones técnicas son:
 - Microcontrolador: nRF52840.
 - Voltaje de operación: 3.30 V.

- Voltaje de entrada pico: 21.00 V.
- Corriente máxima por pin de E/S: 15.00 mA.
- Velocidad de reloj: 64.00 MHz.
- Memoria flash: 1 MB (nRF52840).
- Memoria SRAM: 256 KB (nRF52840).
- EEPROM: Ninguno.
- Pines digitales de E/S: 14.
- Pines PWM: Todos los pines digitales.
- Comunicación: I²C, SPI, UART y USB (Nativo del procesador nRF52840).
- Pines análogos de entrada: 8 (ADC 12 bit 200 kSamples).
- Pines análogos de salida: Solo a través de PMW (No DAC).
- Interrupciones externas: Todos los pines digitales.
- LED_BUILTIN: 13.
- Dimensiones: 45.00 mm × 18.00 mm.
- Peso: 5.00 g (con los conectores eléctricos).

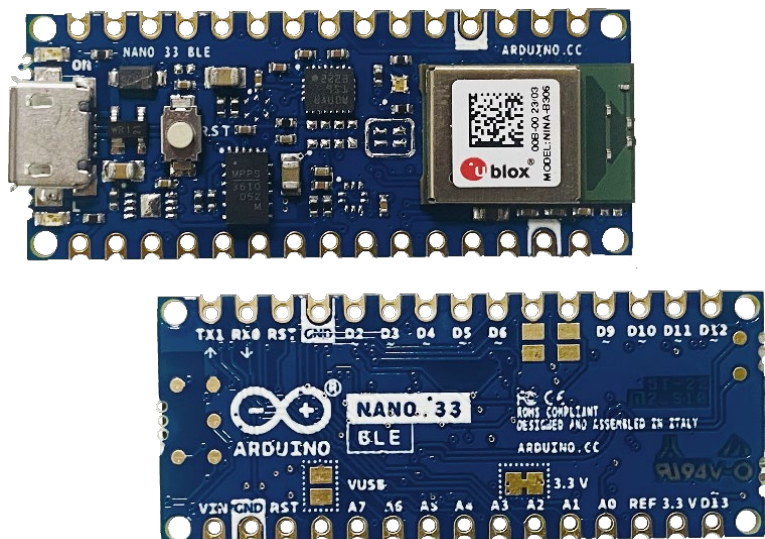


Figura 6. Vista frontal y posterior del Microcontrolador Arduino Nano 33 BLE.

- **Módulo MAX30102.** Según la página oficial de UNIT Electronics y la tienda oficial de Amazon, siendo este último el lugar donde fue adquirido este componente, es un módulo que viene con un pulsioxímetro y un monitor de frecuencia cardíaca integrados. También cuenta con un LED infrarrojo, detectores fotoeléctricos, dispositivos ópticos y circuitos electrónicos de baja frecuencia con supresión de luz ambiental. Esto lo hace ideal para proyectos donde se requiera medir la frecuencia cardíaca y el nivel de oxígeno en la sangre a través de dispositivos portátiles. Sus especificaciones técnicas son:
 - Longitud pico de onda LED: 660.00/880.00 nm.
 - Voltaje de alimentación: 3.30 V – 5.00 V.
 - Corriente de trabajo: 60.00 mA.
 - Potencia pico: 0.3 W.
 - Tipo de señal de detección: Reflexión de luz (PPG).
 - Comunicación: I²C.
 - Voltaje de comunicación: 1.80 V – 5.00 V.
 - Filtro de luz: 50.00 Hz – 60.00 Hz.
 - Dimensiones: 21.00 mm × 15.00 mm.

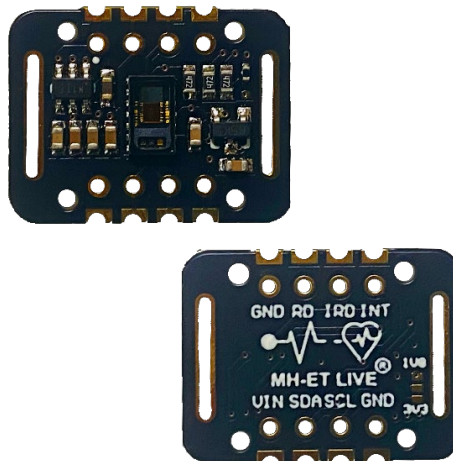


Figura 7. Vista frontal y posterior del Módulo MAX30102.

- **Módulo GPS GT-U7.** Según la tienda de Naylamp Mechatronics y la tienda oficial de Amazon, siendo este último el lugar donde fue adquirido este componente, se trata de un módulo con un chip original de 7^{ma} generación y un software compatible con el Módulo GPS NEO-6M que viene con una antena con una interfaz IPX para la recepción de la señal. Posee una alta sensibilidad, precisión de posicionamiento y un bajo consumo de energía. Esto lo hace ideal para proyectos que requieran obtener la ubicación geográfica de forma precisa sin consumir mucha energía. Sus especificaciones técnicas son:
 - Voltaje de operación: 3.60 V – 5.00 V (o alimentación directa con USB).
 - Velocidad de transmisión: 9600 bd (puede ser modificado).
 - E2PROM: Integrado.
 - Dimensiones: 27.61 mm × 26.59 mm (se puede insertar o seleccionar parche con agujeros de posicionamiento).

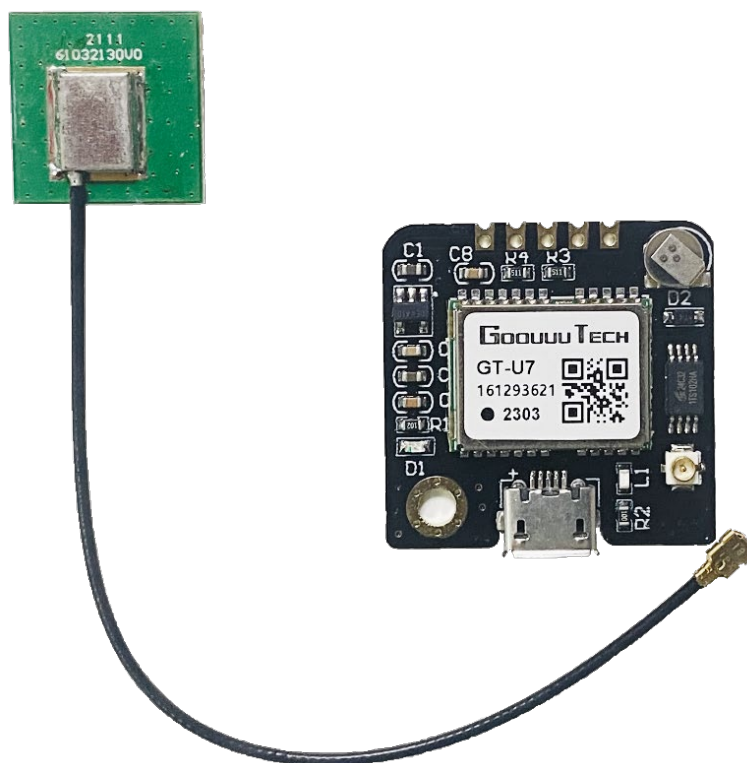


Figura 8. Vista frontal del Módulo GPS GT-U7 y su antena.

- **Termistor Chip NTC.** Según la hoja de datos de la página oficial de TDK Corporation, lugar donde fue adquirido este componente, se trata de un sensor muy pequeño de la serie NTCG que permite medir la temperatura de forma muy precisa. Sus especificaciones técnicas son:
 - Modelo: NTCG064BH103HTB.
 - Resistencia (a 25 °C): 10,000.00 $\Omega \pm 3.00\%$.
 - Constante B (a 25/50 °C): 4,067.00 K.
 - Constante B (a 25/85 °C): 4,100.00 K $\pm 3.00\%$.
 - Potencia máxima (a 25 °C): 100.00 mW.
 - Constante de disipación térmica (a 25 °C): 1.00 mW/ °C.
 - Corriente de operación permisiva (a 25 °C): 0.31 mA.
 - Voltaje máximo: 5.00 V.
 - Temperatura de operación: -40 °C – 125 °C.
 - Dimensiones: 0.60 \pm 0.030 mm \times 0.30 \pm 0.030 mm.



Figura 9. Vista frontal del Termistor Chip NTC.

- **Porta baterías BH23APC.** Este porta baterías cilíndrico de plástico está hecho para albergar solo una pila de poco tamaño y capacidad. Sus especificaciones técnicas son:
 - Material de la carcasa: Polipropileno negro.
 - Temperatura de operación: -10 °C – 100 °C.
 - Material del muelle: Acero con níquel.
 - Material de los pines de PC: Acero con níquel.
 - Resistencia de contacto: Menos de 50.00 Ω .



Figura 10. Vista frontal del Porta baterías BH23APC.

- **Bandas elásticas con velcro.** Tanto la banda elástica como el velcro fueron adquiridos por separado y posteriormente unidos utilizando hilos de cocer.



Figura 11. Vista frontal de la banda elástica y el velcro.

El Microcontrolador Arduino Nano 33 BLE y el Módulo GPS GT-U7 se encuentran en la parte frontal del circuito impreso, mientras que el Módulo MAX30102 y el Termistor Chip NTC están en la parte posterior del mismo para que, al momento de que el prototipo de brazalete IoT sea colocado en la muñeca, estos permanezcan rozando constantemente con la piel de la zona y puedan medir los signos vitales correspondientes con una mayor precisión. Como el circuito impreso tiene las pistas requeridas para la interconexión en ambos lados, el microcontrolador recibe energía de la pila conectada al porta baterías, y este a su vez le proporciona energía a los módulos y al termistor. Esto también se puede lograr con el uso de un cable USB.

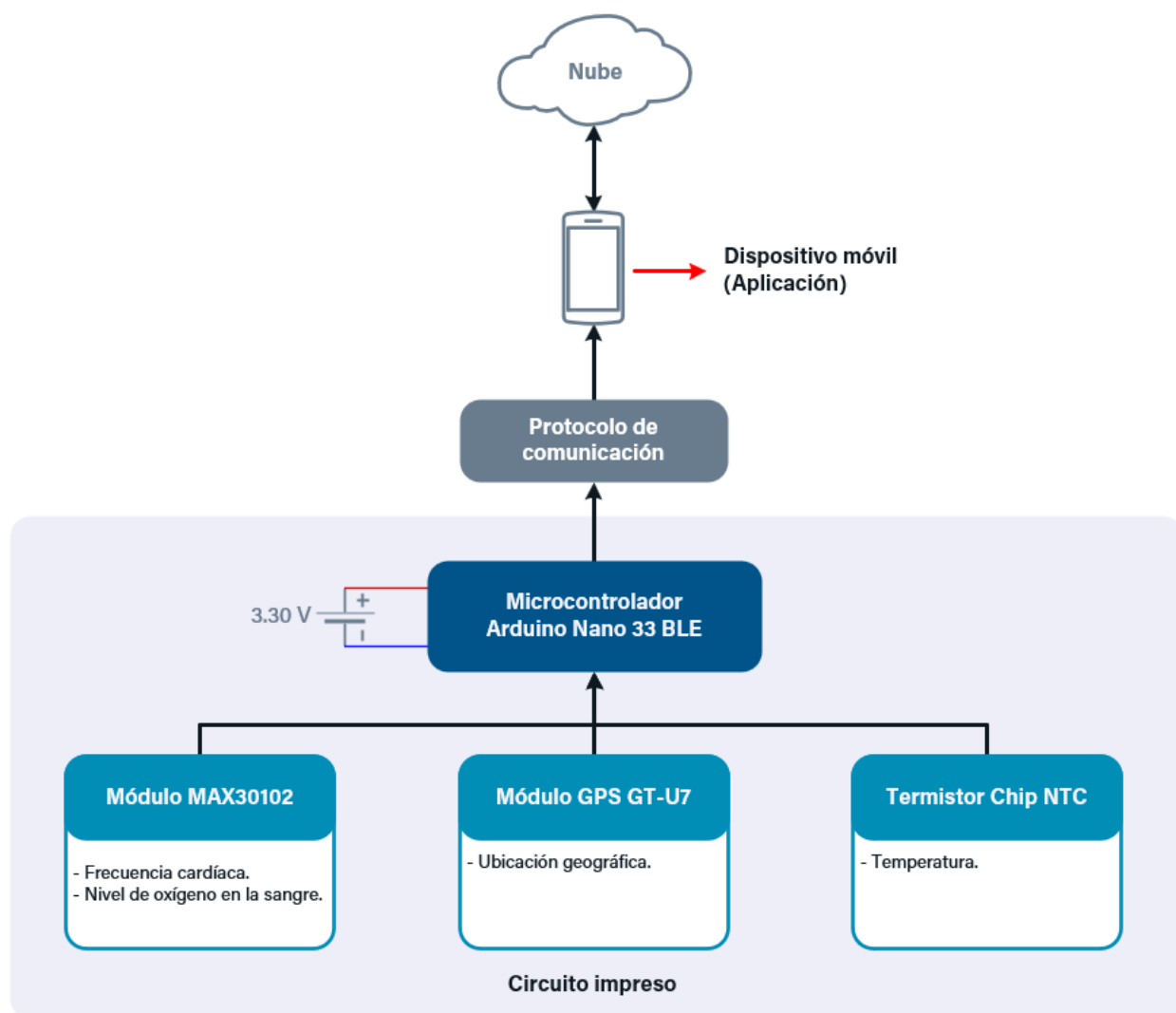


Figura 12. Diagrama de interconexión de los componentes principales (elaboración propia).

6.4.2 Aplicación móvil.

El prototipo de aplicación móvil se basa en una arquitectura cliente-servidor, donde esta actúa como un cliente que se comunica con un backend alojado en la nube. Posee seis módulos principales:

- **Módulo de autenticación.** Gestiona el registro de la cuenta, el inicio de sesión, la recuperación de la contraseña y el cierre de sesión de los usuarios.
- **Módulo de monitorización.** Integra la comunicación con la parte de hardware, recopilando y transmitiendo los datos en tiempo real.
- **Módulo del tablero.** Proporciona una interfaz para que los usuarios visualicen sus signos vitales en tiempo real y accedan a registros históricos de los datos analizados.
- **Módulo de configuración.** Permite a los usuarios personalizar el sistema de alertas y el entorno de la aplicación, modificar sus datos personales y cambiar la contraseña.
- **Módulo de alertas.** Genera y gestiona las alertas basadas en las lecturas de los signos vitales y las configuraciones previas del usuario.
- **Módulo de respaldo.** Gestiona las copias de seguridad y la restauración de los datos según las políticas establecidas.

6.5 Diagramas de flujo de los procesos

El prototipo de VitaLinker cuenta con una serie de procesos que van desde la entrada a la aplicación hasta la configuración de los datos personales. Para un mejor entendimiento, cada uno fue representado a través de diagramas de flujo:

- **Diagramas de flujo del registro de cuenta.** Son aquellos relacionados al proceso de registrar una cuenta en la aplicación móvil a través de diversos medios. Dentro de estos diagramas están:

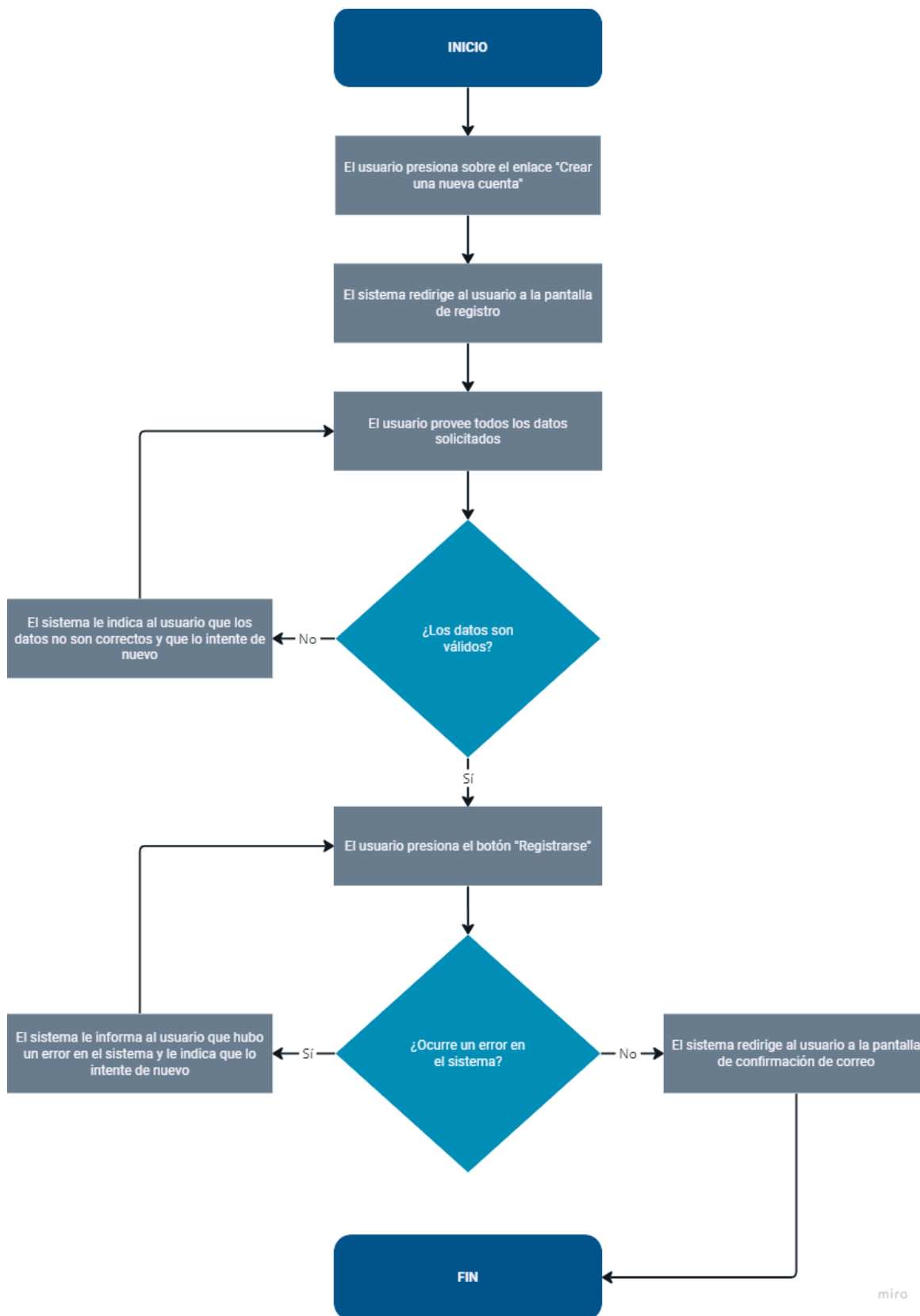


Figura 13. Flujo del registro de cuenta con correo electrónico (elaboración propia).

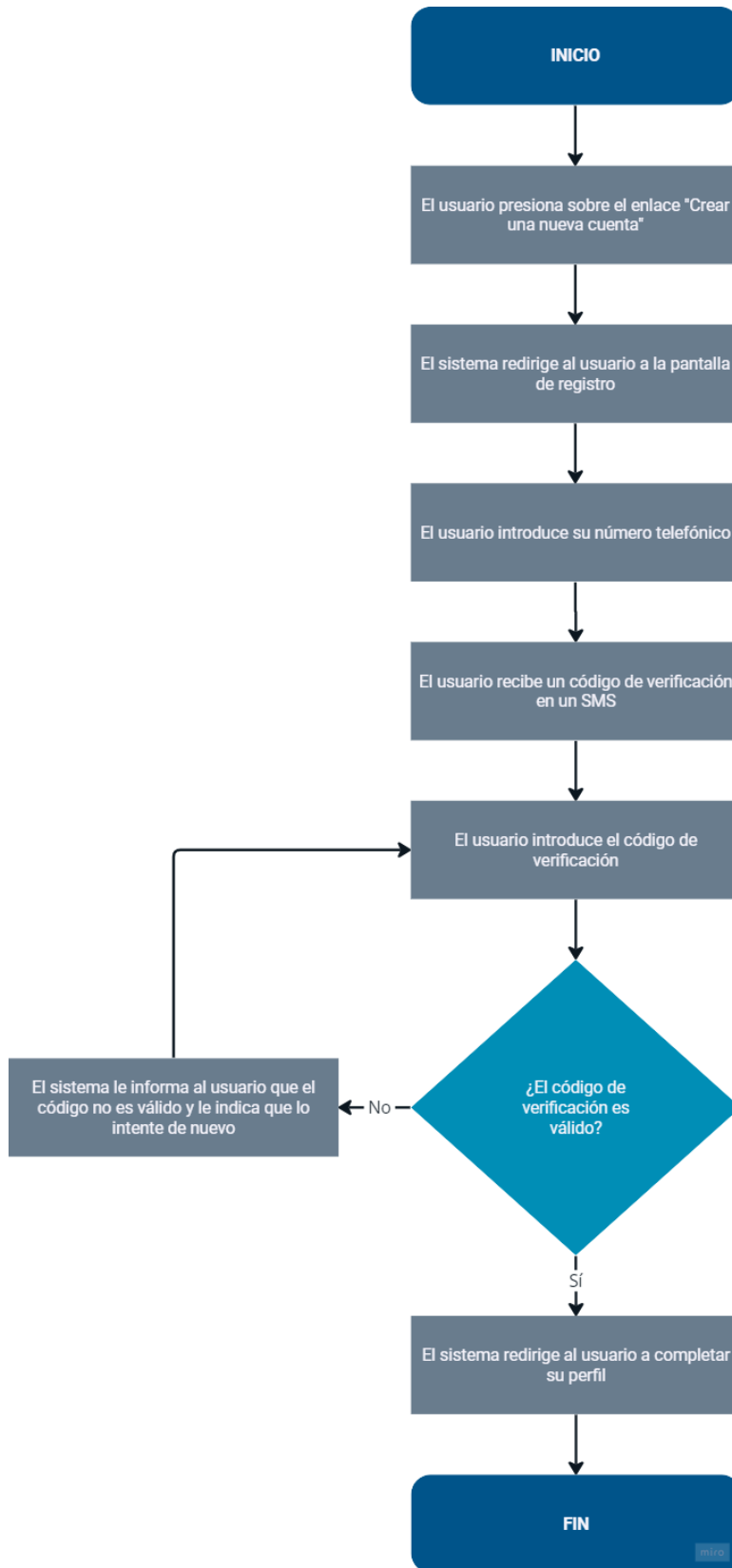


Figura 14. Flujo del registro de cuenta con número telefónico (elaboración propia).

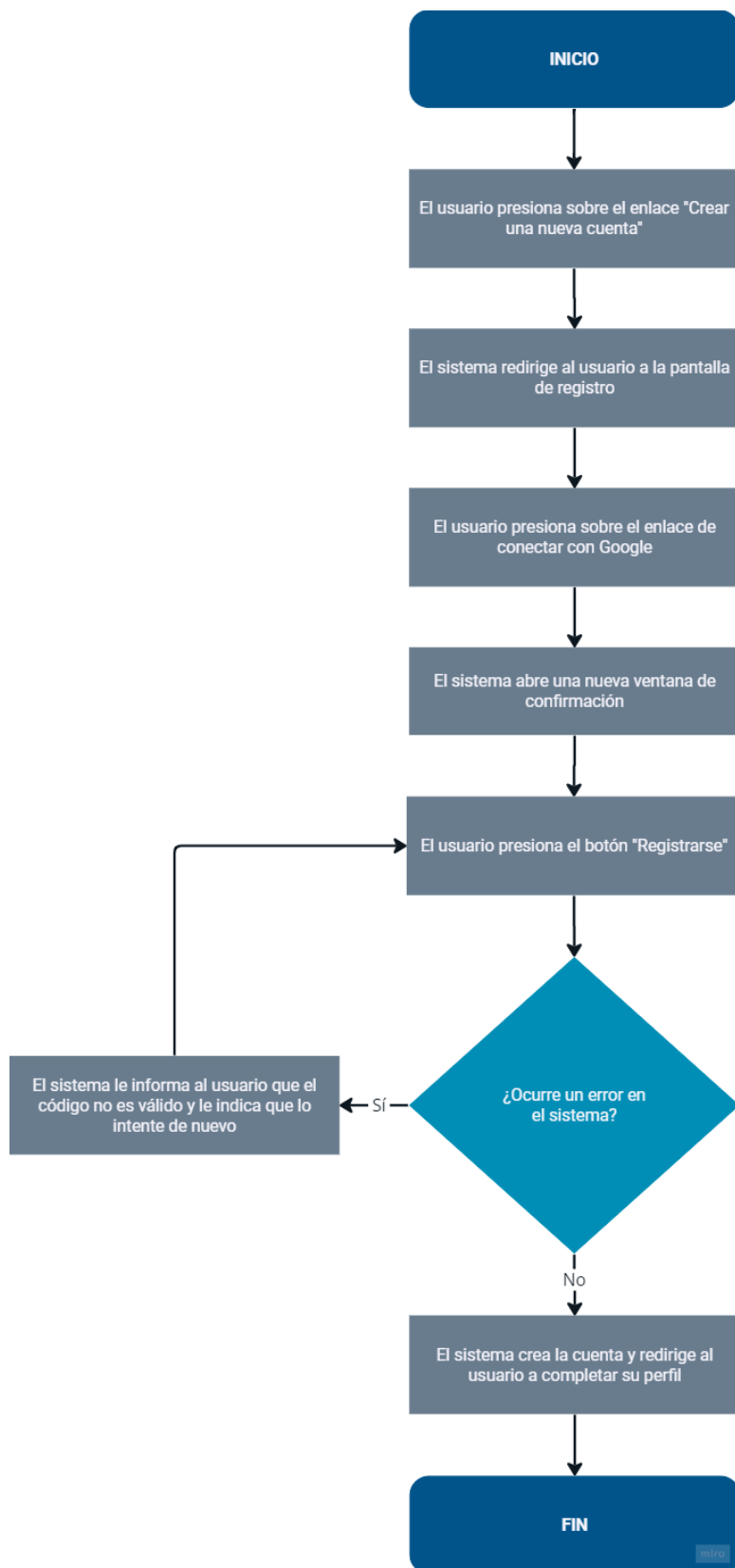


Figura 15. Flujo del registro de cuenta con cuenta de Google (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo de la verificación de la cuenta.** Son aquellos relacionados al proceso de verificar la cuenta para que el usuario pueda utilizar formalmente el brazalete IoT junto con la aplicación móvil. Dentro de estos diagramas están:

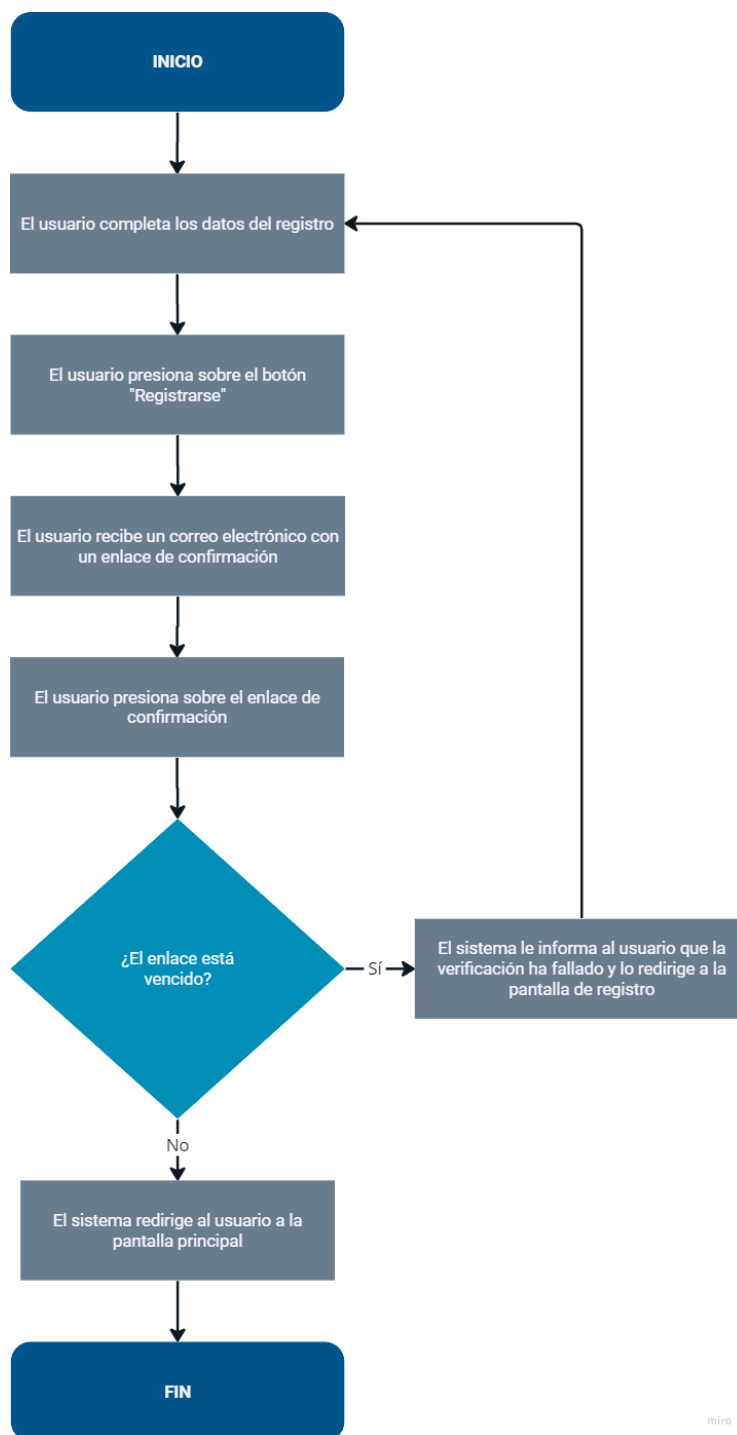


Figura 16. Flujo de verificación de la cuenta (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo del inicio de sesión.** Son aquellos relacionados al proceso de iniciar sesión en la aplicación móvil a través de los medios utilizados para el registro. Dentro de estos diagramas están:

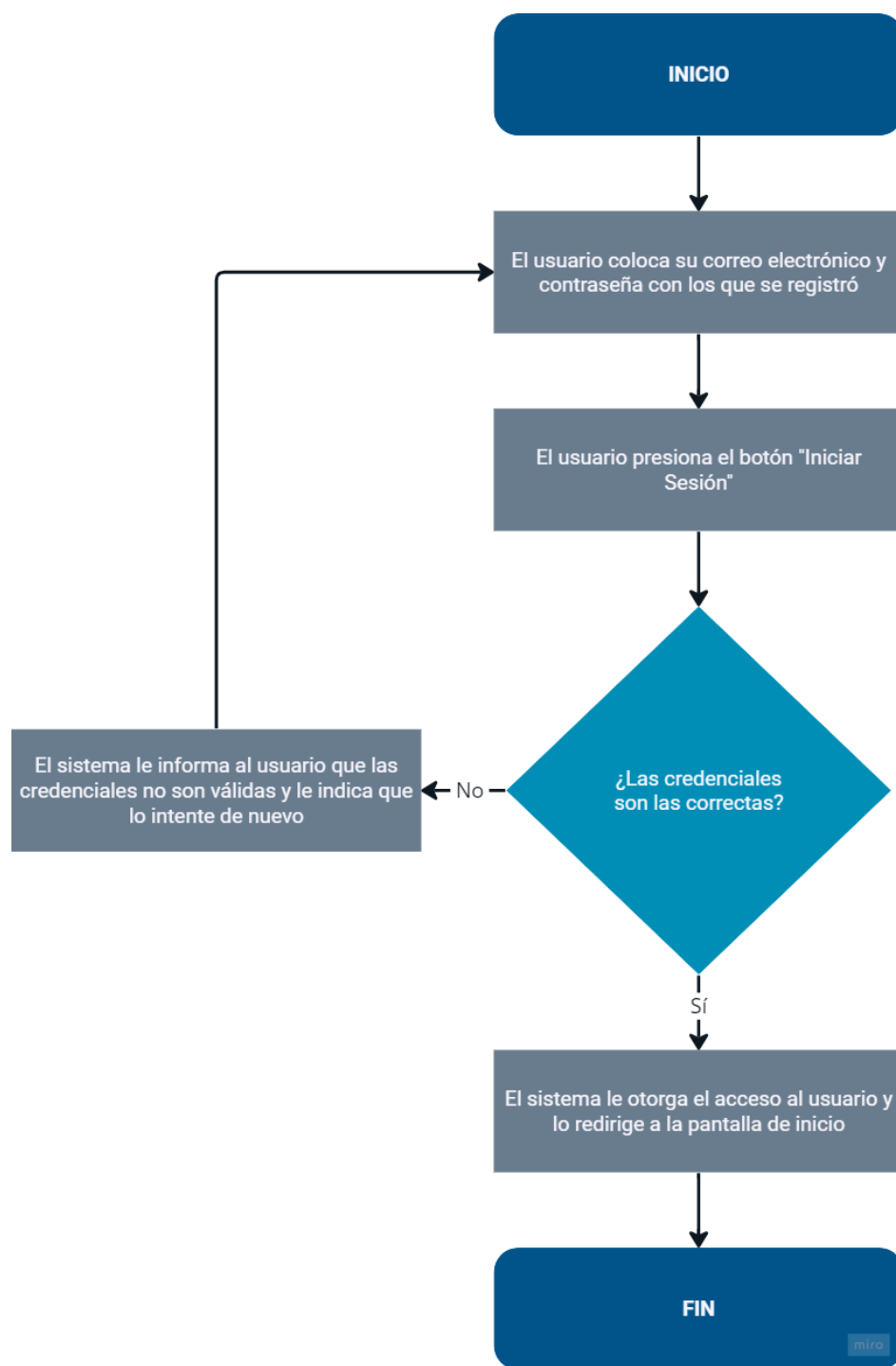


Figura 17. Flujo de inicio de sesión con correo electrónico (elaboración propia).

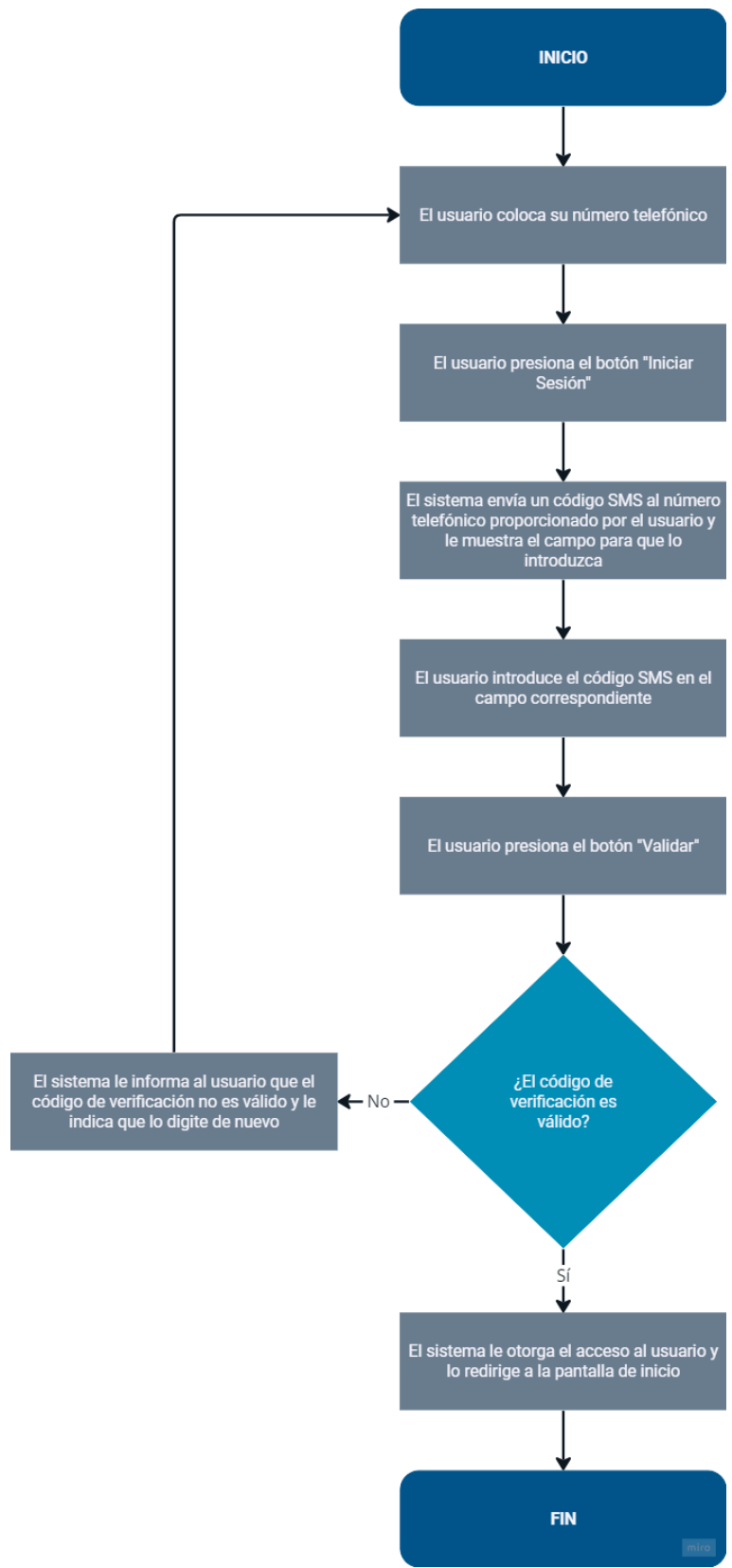


Figura 18. Flujo de inicio de sesión con número telefónico (elaboración propia).

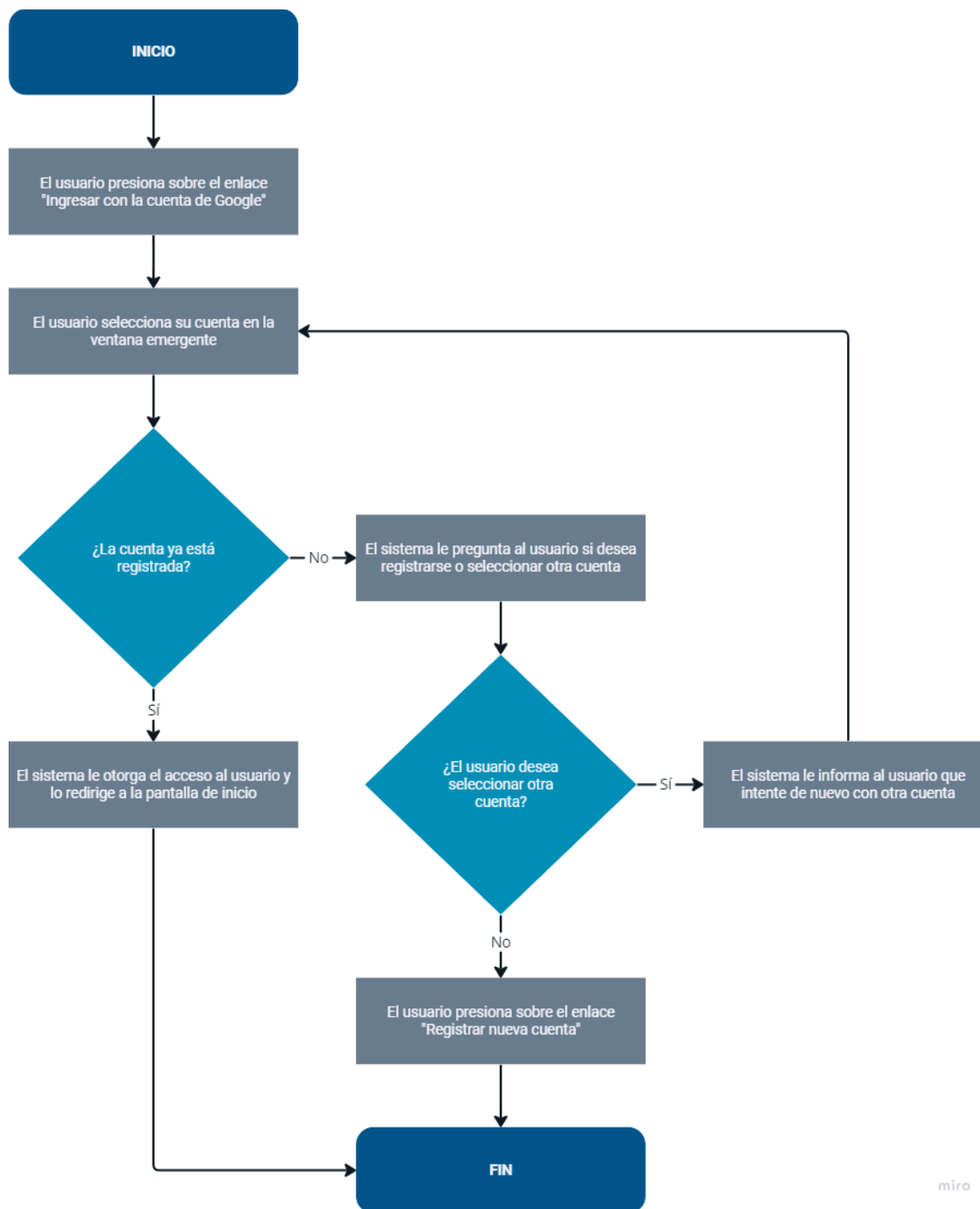


Figura 19. Flujo de inicio de sesión con cuenta de Google (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo de la recuperación de la contraseña.** Son aquellos relacionados al proceso de recuperar la contraseña en caso de que esta haya sido olvidada por el usuario. Dentro de estos diagramas están:

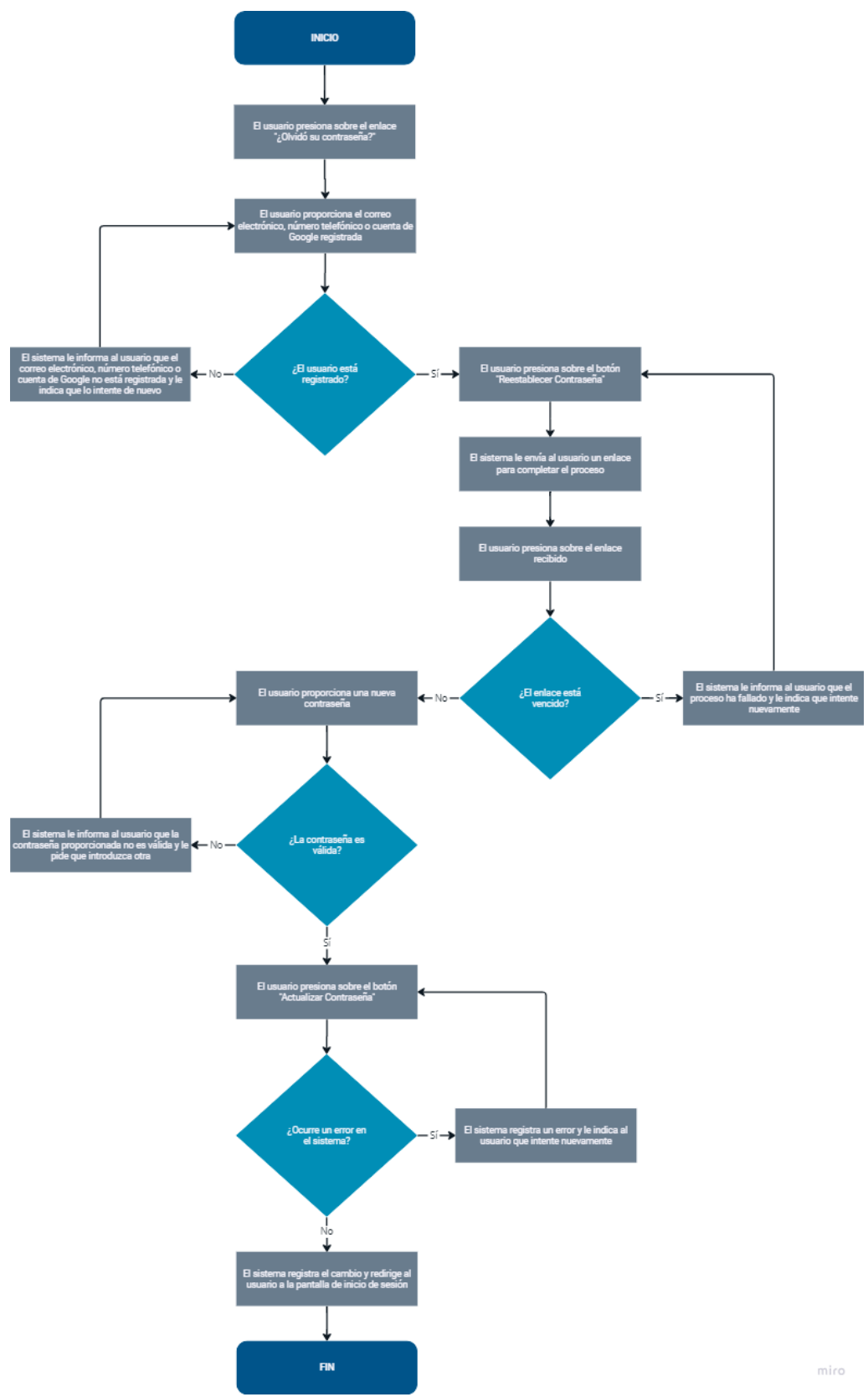


Figura 20. Flujo de recuperación de la contraseña (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo del tablero.** Son aquellos relacionados al proceso de ingresar al tablero de la aplicación móvil, pantalla principal de la misma. Dentro de estos diagramas están:

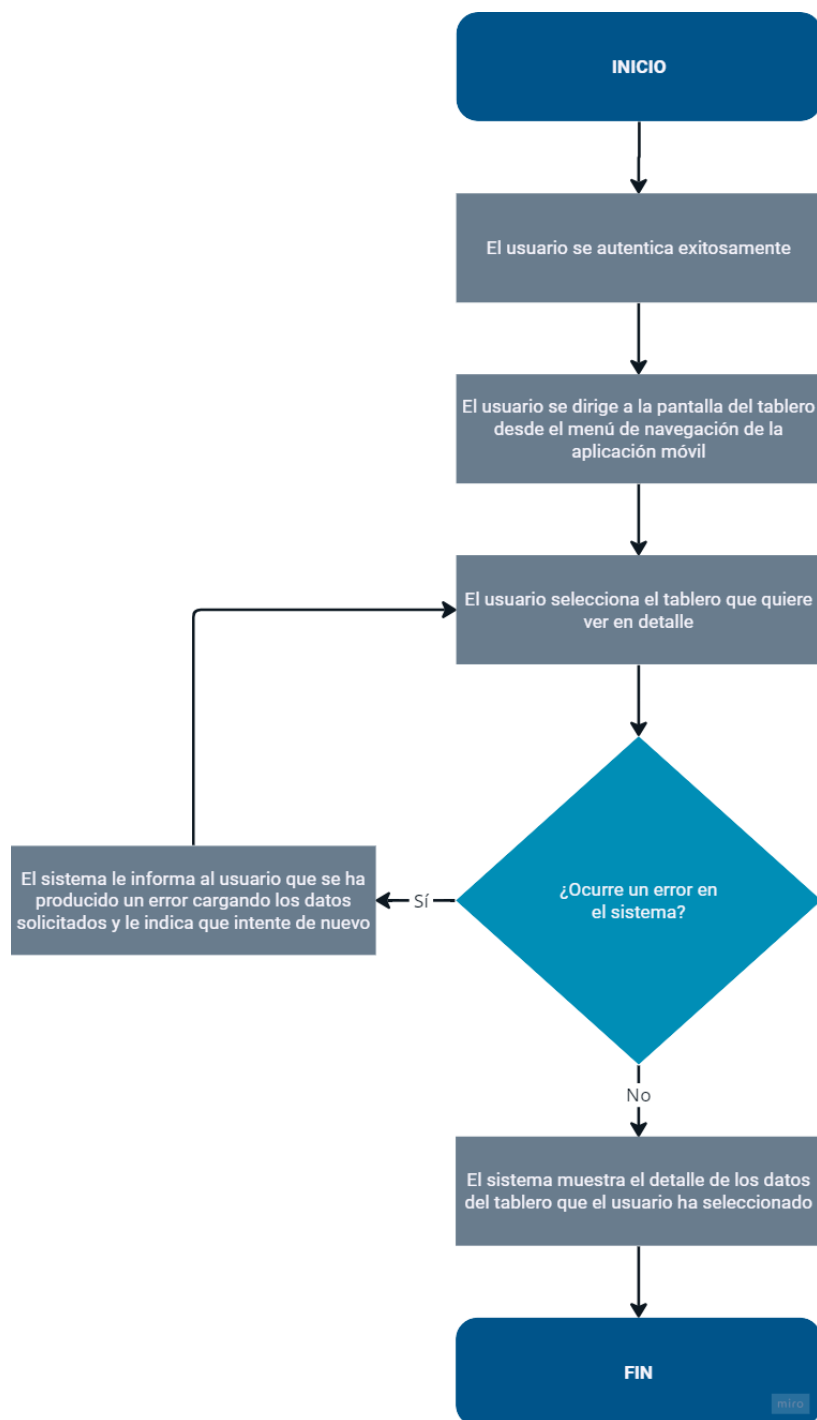


Figura 21. Flujo de visualización del tablero (elaboración propia).

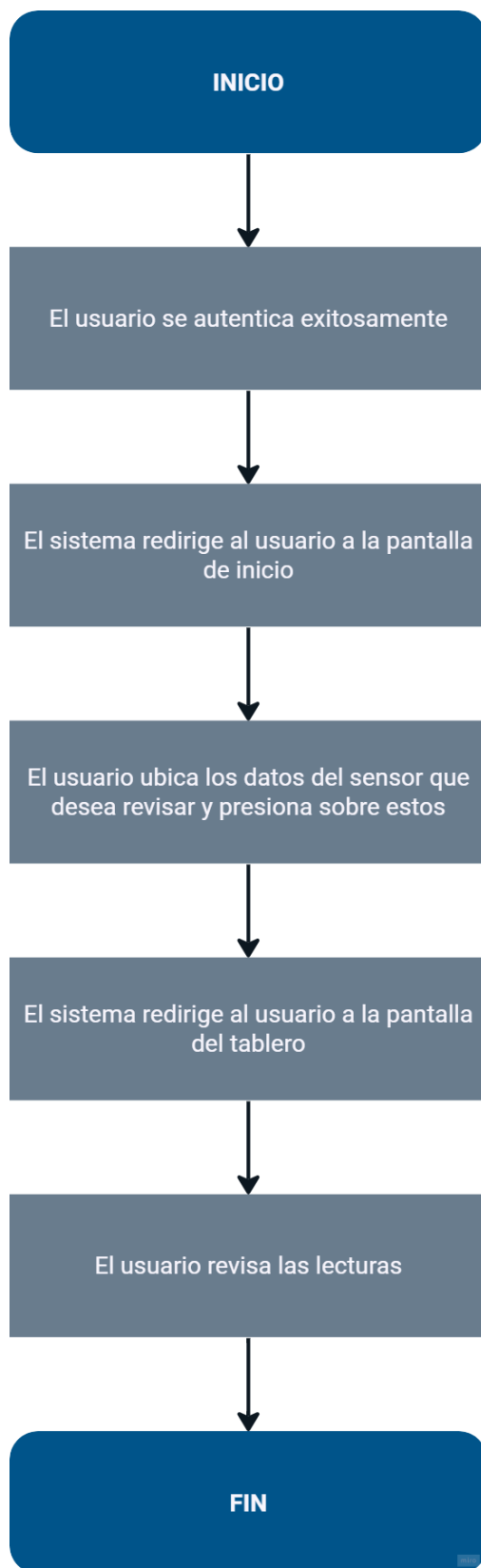


Figura 22. Flujo de visualización del promedio de lecturas (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo de la configuración.** Son aquellos relacionados al proceso de configurar aspectos relativos a las características y funcionalidades de la aplicación, así como datos personales. Dentro de estos diagramas están:
 - Diagramas de flujo de la configuración de las notificaciones: Son aquellos relacionados a la configuración del sistema de notificaciones de la aplicación:

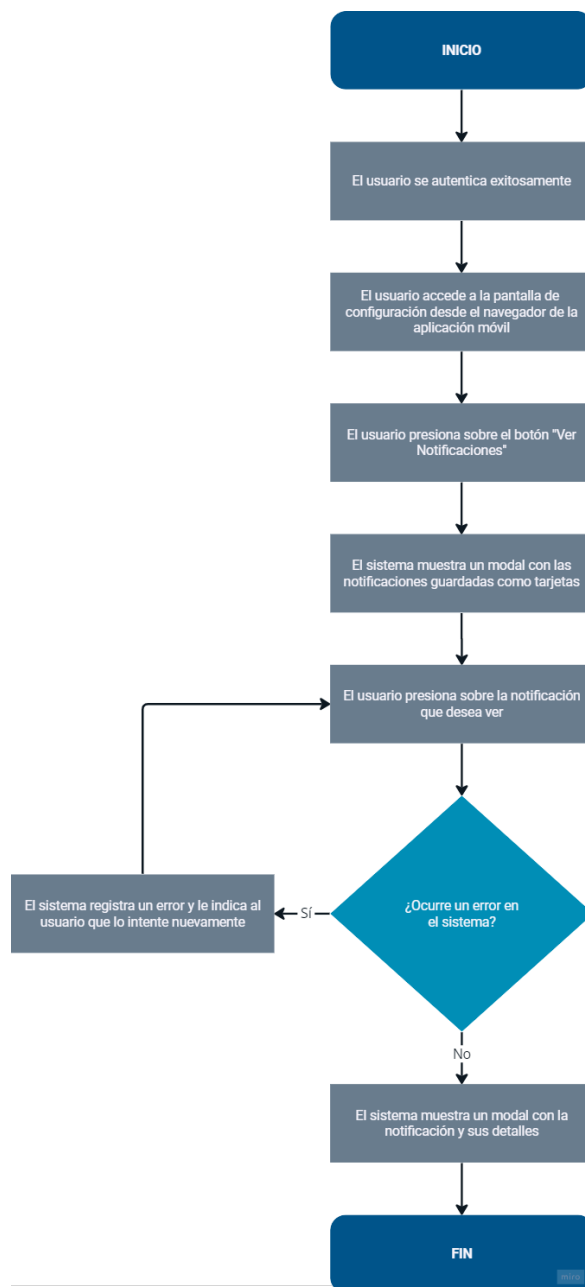


Figura 23. Flujo de visualizar notificaciones (elaboración propia).

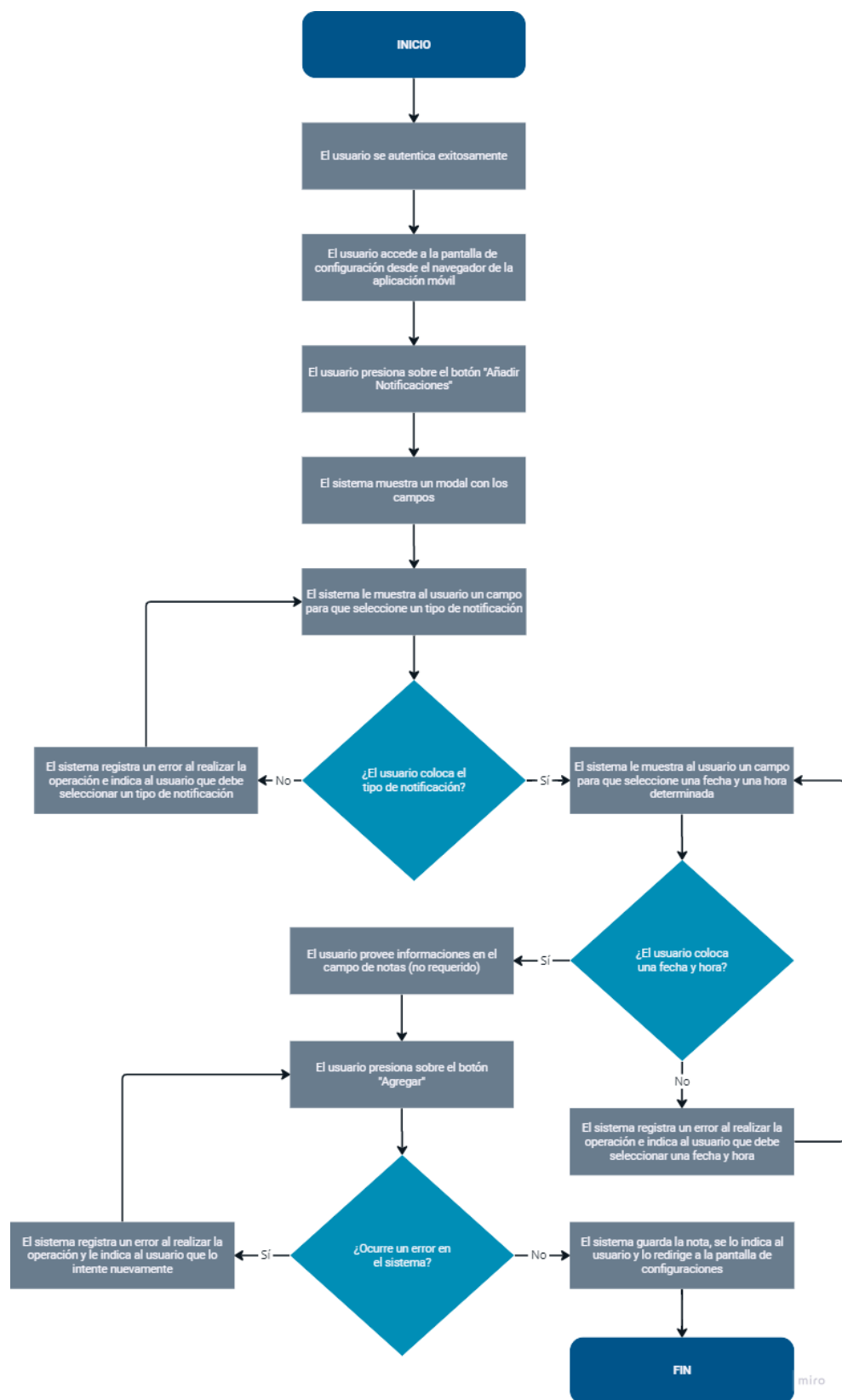


Figura 24. Flujo de añadir notificaciones (elaboración propia).

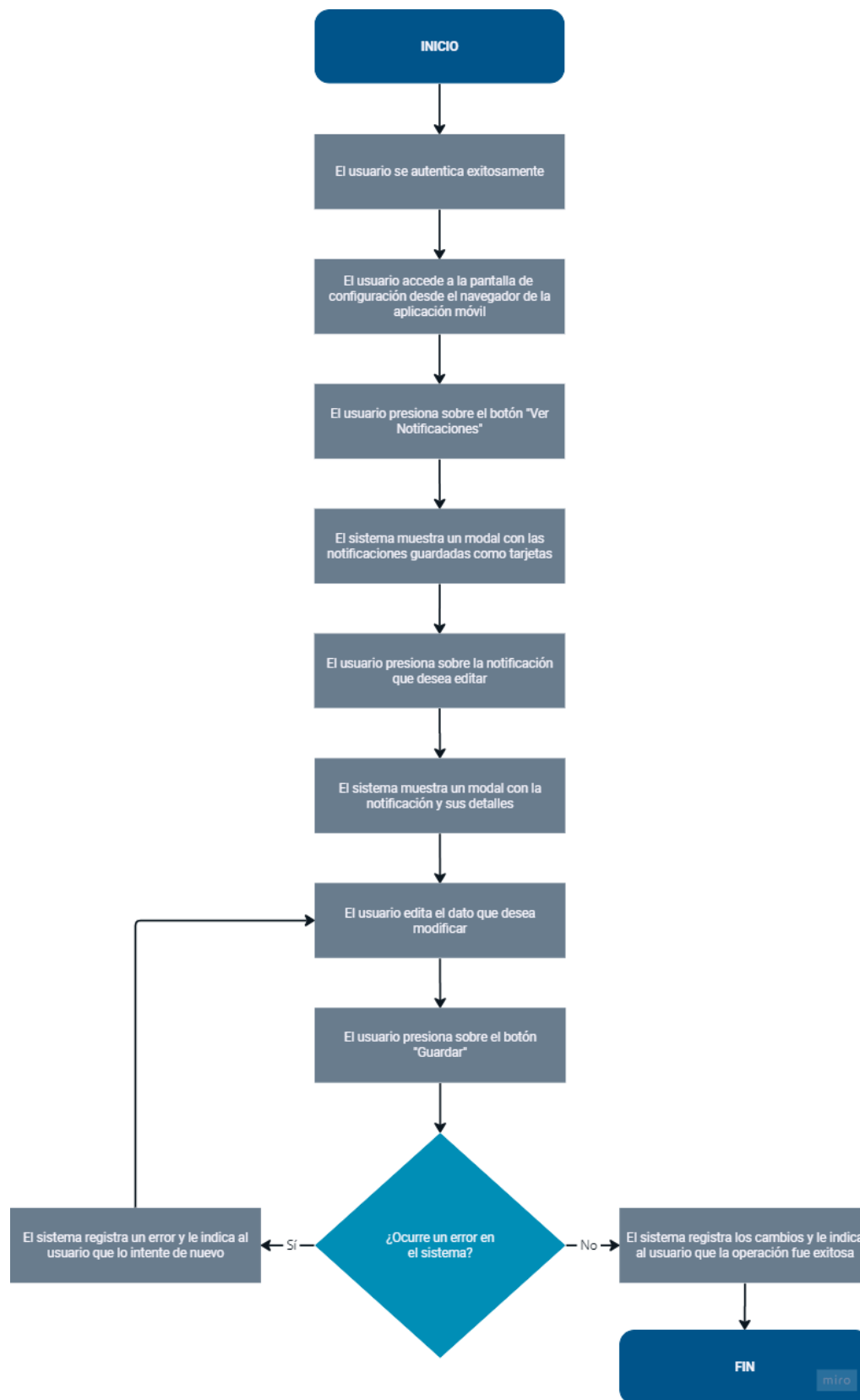


Figura 25. Flujo de editar notificaciones (elaboración propia).

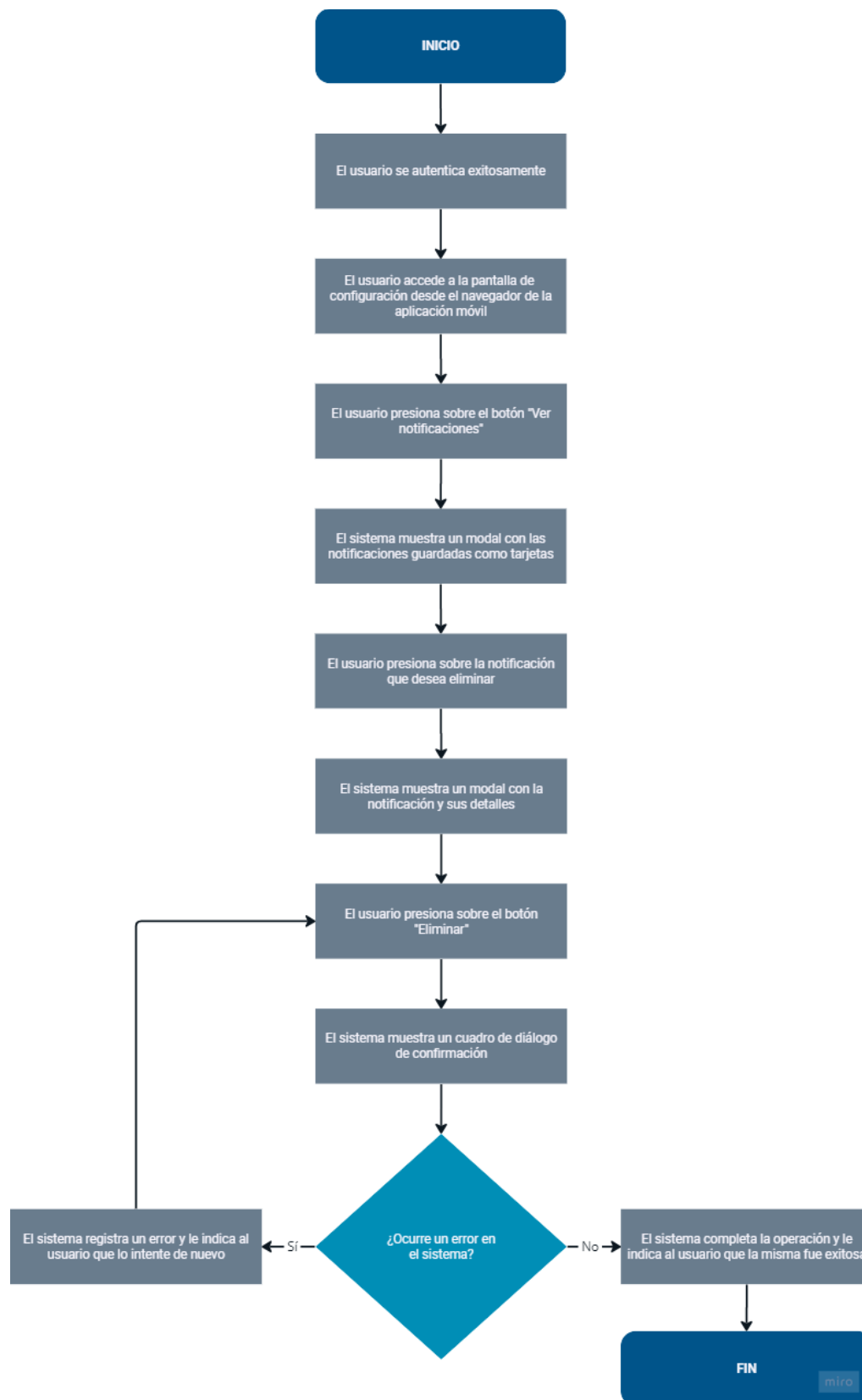


Figura 26. Flujo de eliminar notificaciones (elaboración propia).

- Diagramas de flujo de la configuración del tema: Son aquellos relacionados a la configuración del tema de la aplicación (tema claro y tema oscuro):

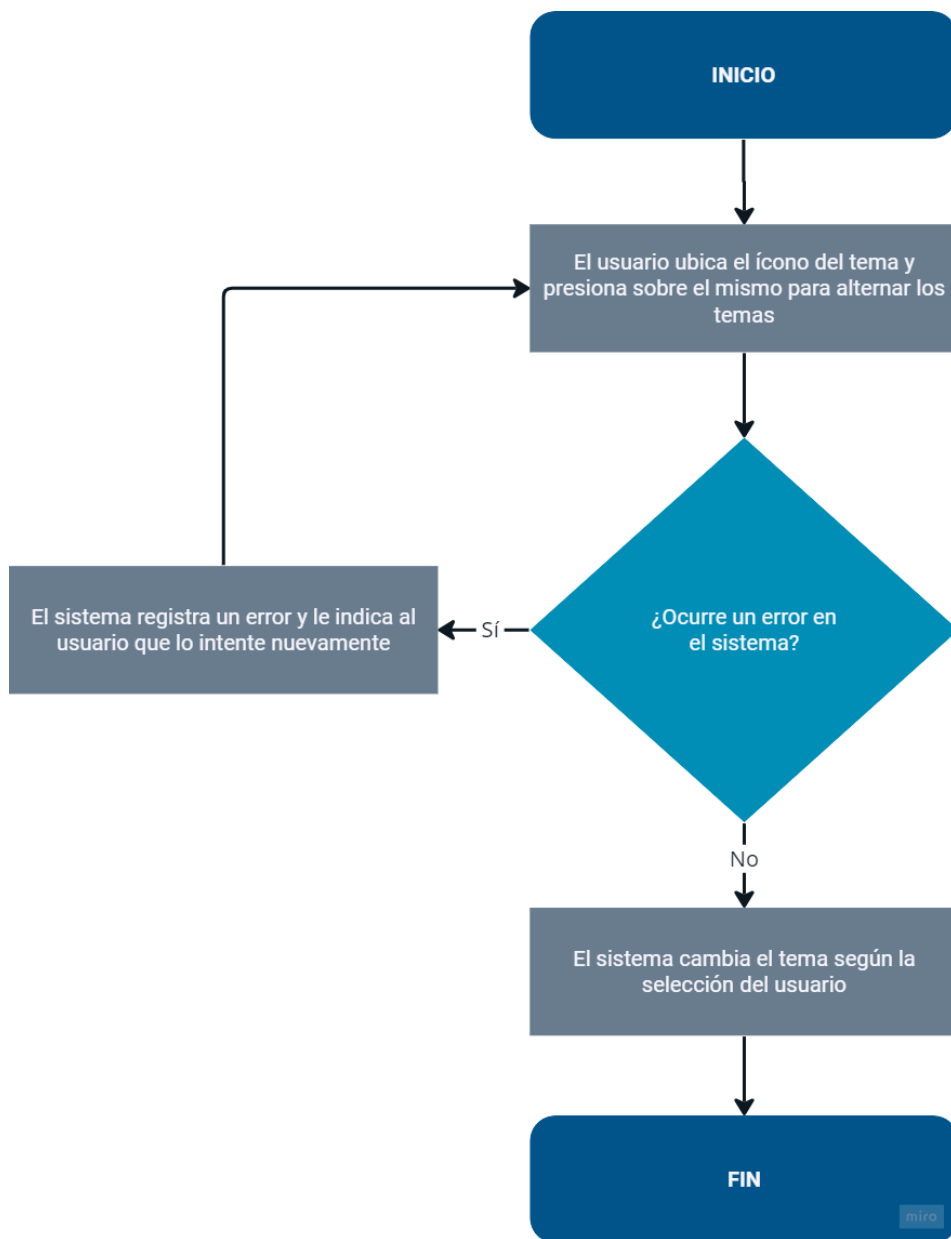


Figura 27. Flujo de cambio del tema como invitado (elaboración propia).

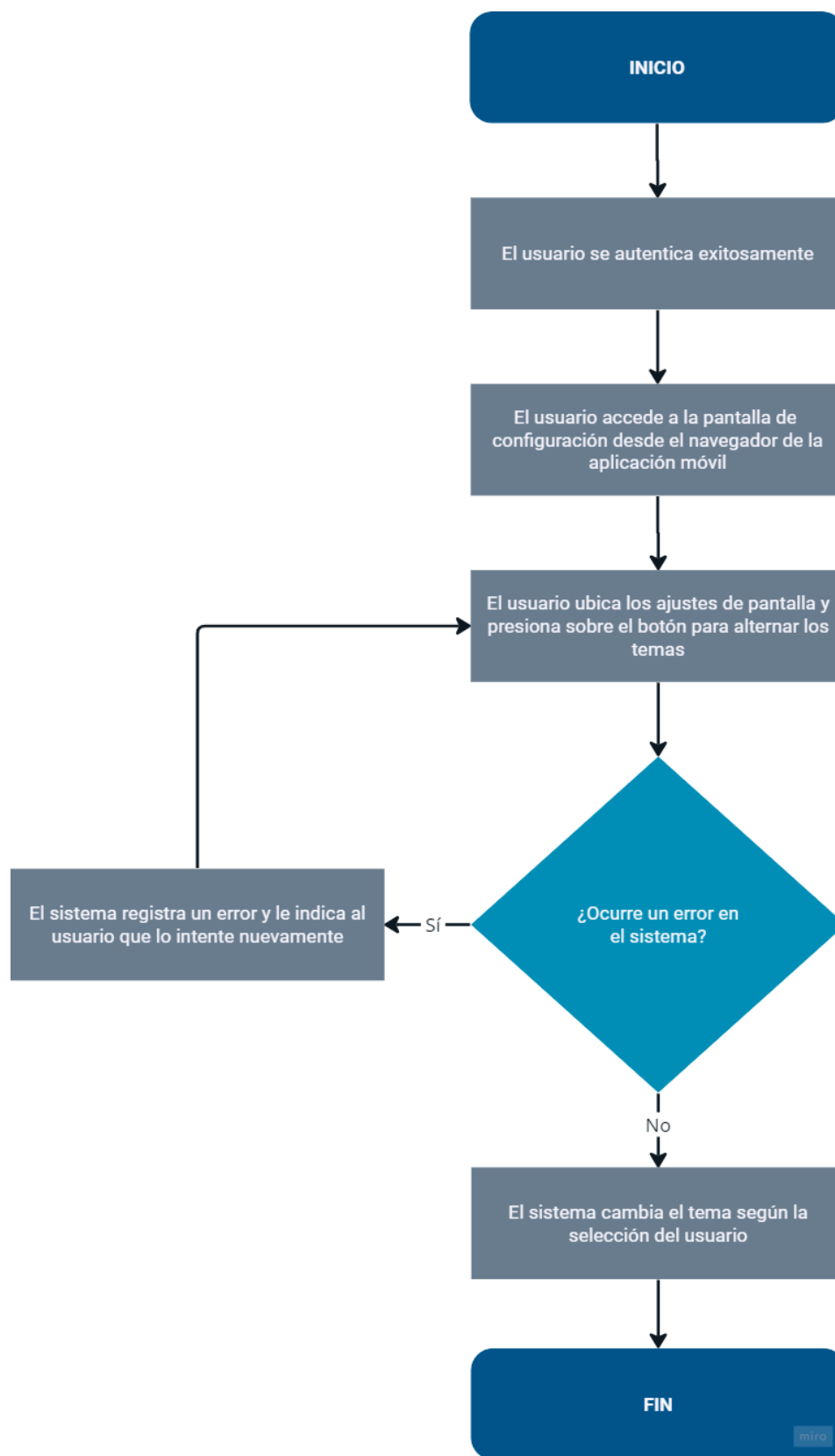


Figura 28. Flujo de cambio del tema como usuario (elaboración propia).

- Diagramas de flujo de la configuración del perfil: Son aquellos relacionados a la configuración de los datos del perfil y otros aspectos relacionados a la cuenta.

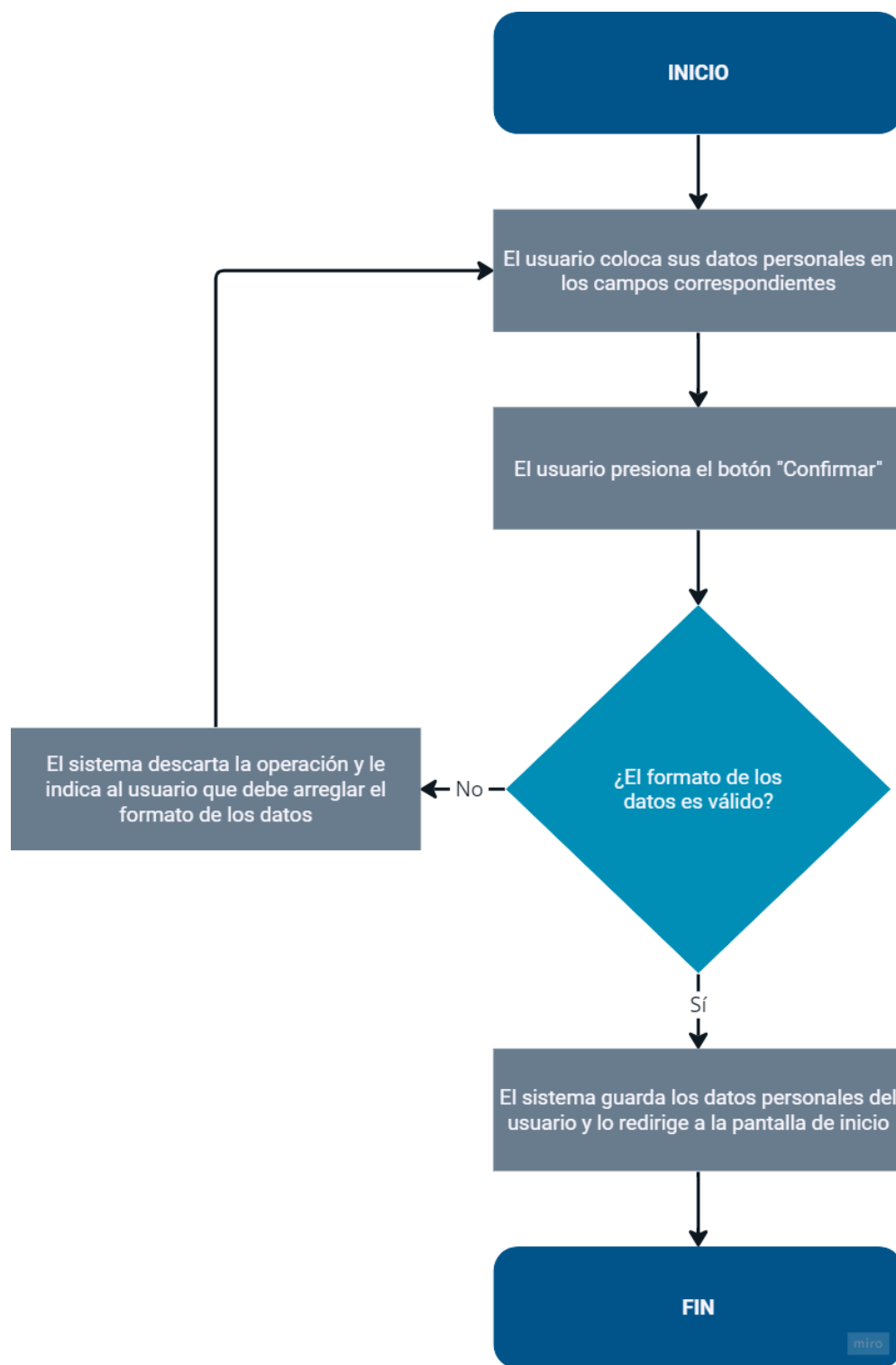


Figura 29. Flujo de completar los datos del perfil (elaboración propia).

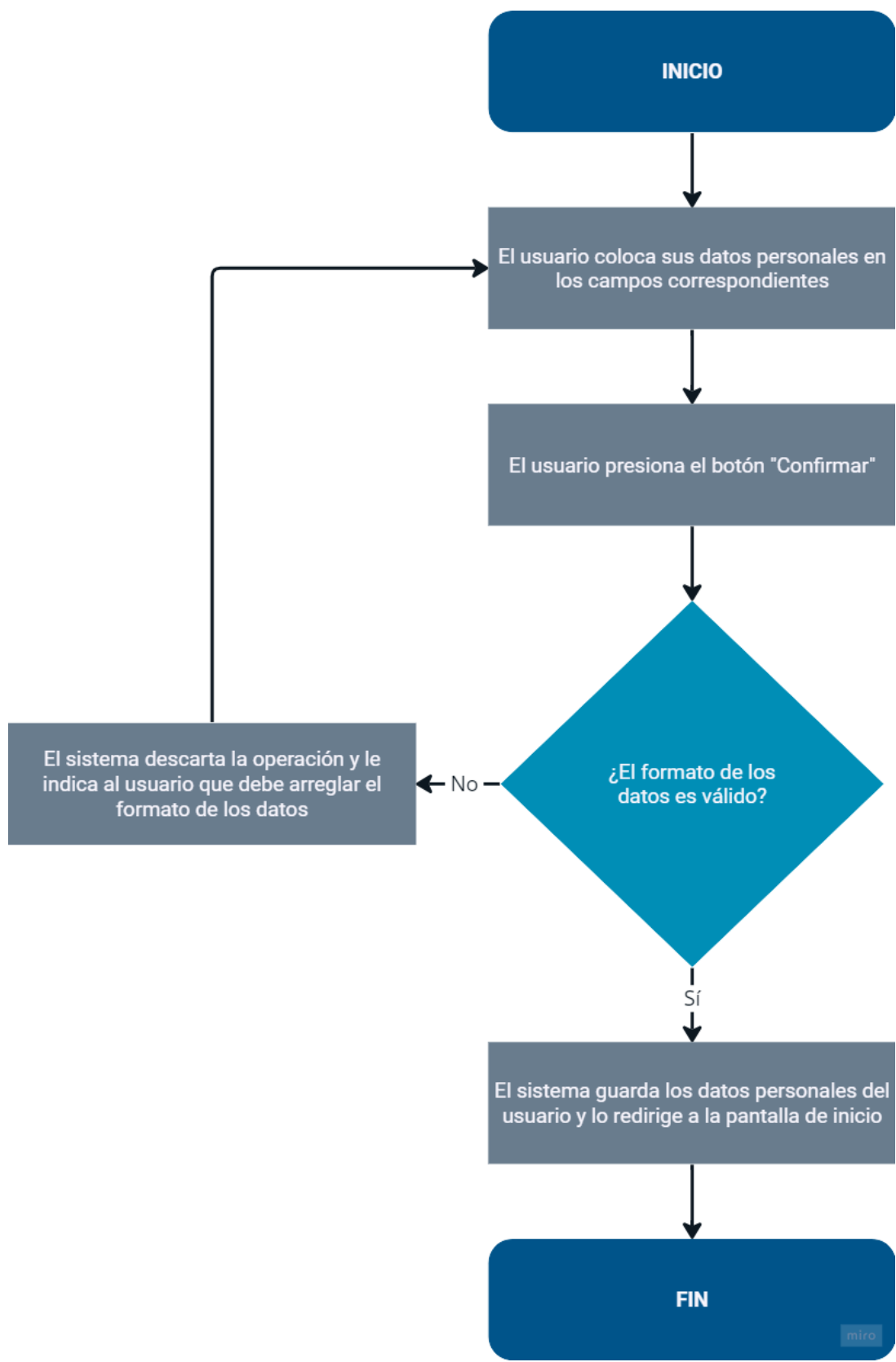


Figura 30. Flujo de actualizar los datos perfil (elaboración propia).

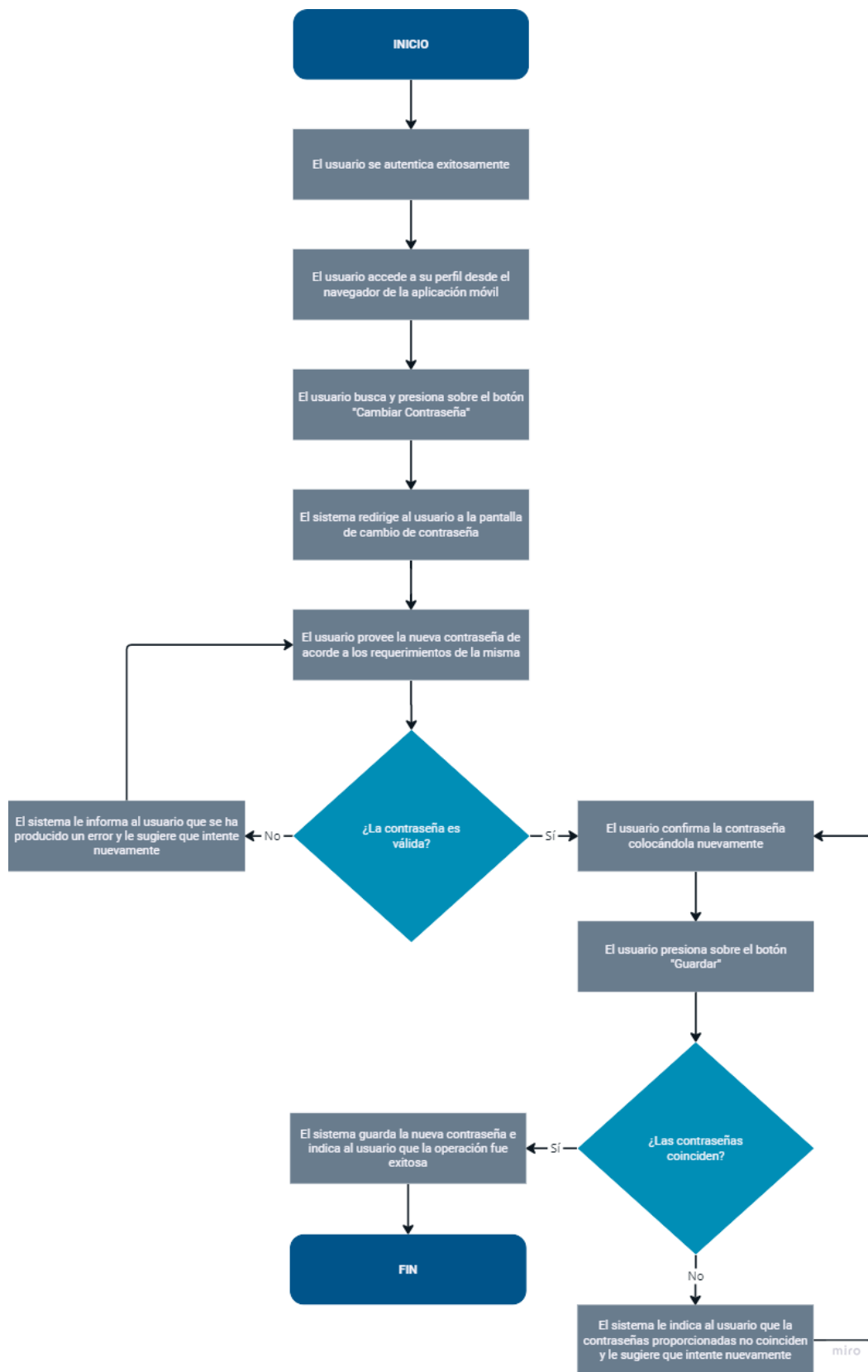


Figura 31. Flujo de cambiar la contraseña (elaboración propia).

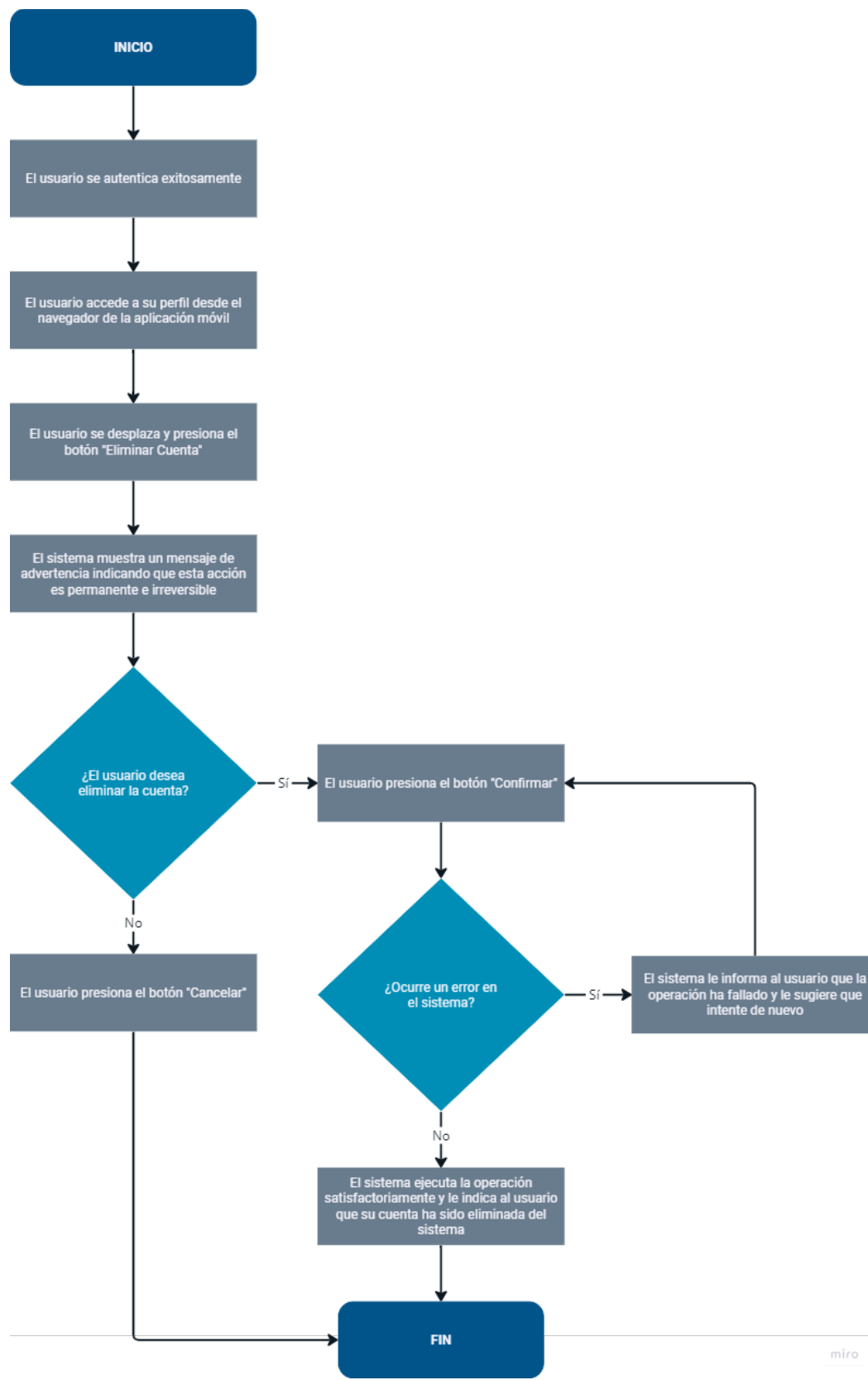


Figura 32. Flujo de eliminar la cuenta (elaboración propia).

- **Diagramas de flujo del cierre de sesión.** Son aquellos relativos al proceso de cerrar la sesión en la aplicación móvil. Dentro de estos diagramas están:

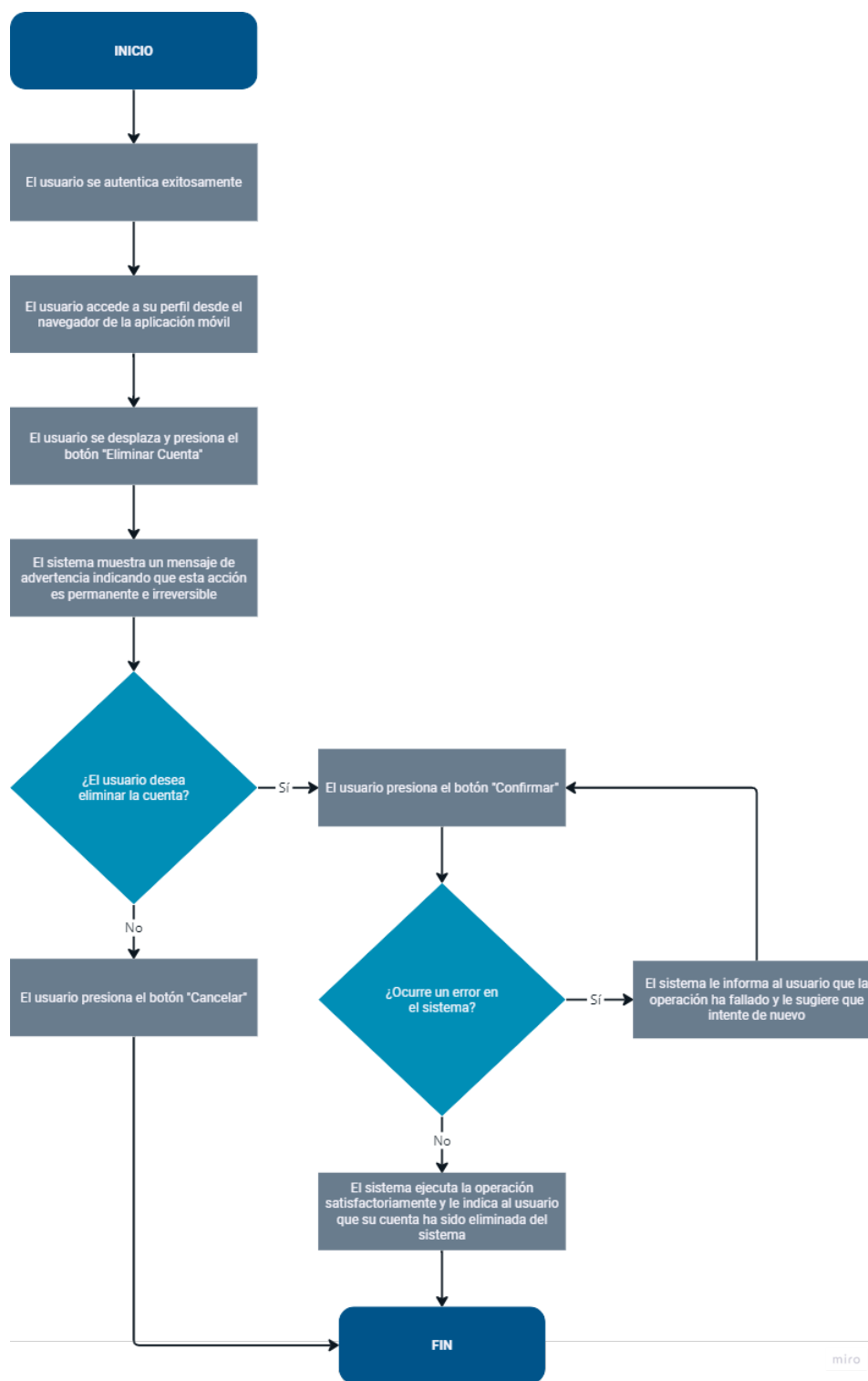


Figura 33. Flujo del cierre de sesión (elaboración propia).

6.6 Diagrama de Flujo de Datos (DFD) del sistema propuesto

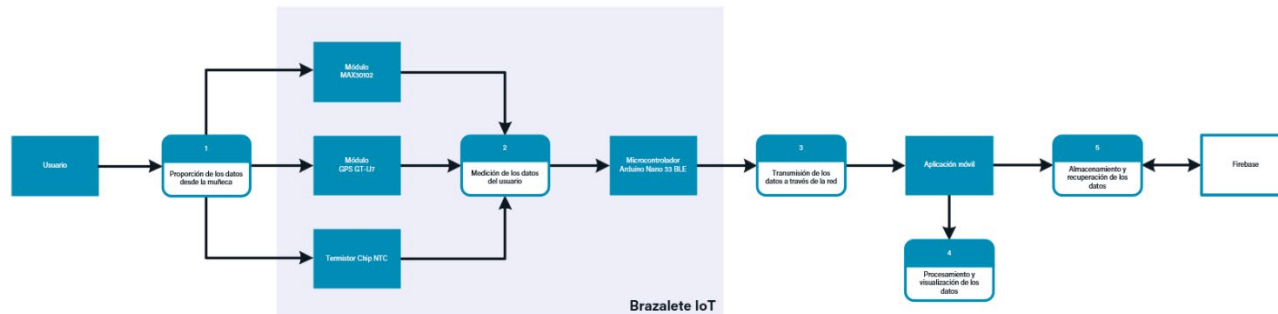


Figura 34. Diagrama de Flujo de Datos del prototipo de VitaLinker (elaboración propia).

6.7 Diseño de la base de datos

Nuestro prototipo utiliza la base de datos en la nube Cloud Firestore, un sistema de base de datos NoSQL. Al ser NoSQL, no se necesita un diccionario de datos en el mismo sentido que una base de datos SQL tradicional. Esto se debe a que las bases de datos NoSQL no requieren una estructura de tabla definida con antelación. Sin embargo, es una buena práctica tener una descripción detallada de la estructura de los datos y los campos que se utilizan.

Tabla 5

Colección de "Usuarios".

Nombre	Tipo de dato	Descripción
uid	String	ID único del usuario generado por Firebase.
email	String	Correo electrónico del usuario.
displayName	String	Nombre visible del usuario.
photoURL	String	URL de la foto del perfil del usuario.
phone	String	Número de teléfono del usuario.

gender	String	Género del usuario.
dob	Date	Fecha de nacimiento del usuario.
createdAt	Timestamp	Fecha y hora de la creación de la cuenta del usuario.
lastLogin	Timestamp	Fecha y hora del último inicio de sesión del usuario.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 se encuentran los campos relativos al usuario. Estos son utilizados para identificar y almacenar los datos básicos del perfil de los usuarios.

Tabla 6

Colección de "Datos del Brazaletes".

Nombre	Tipo de dato	Descripción
timestamp	Timestamp	Fecha y hora en que se registraron los datos.
heartRate	Number	Tasa de latidos del corazón registrada.
oxiLevel	Number	Nivel de oxígeno en la sangre registrado.
skinTemp	Number	La temperatura de la piel registrada.
location	Number	La ubicación geográfica obtenida.
uid	String	ID del usuario al que pertenecen los datos.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 se encuentran los campos relativos al prototipo de brazaletes IoT. Estos son utilizados para identificar y almacenar los datos medidos por los módulos del brazaletes.

Tabla 7

Colección de “Notificaciones”.

Nombre	Tipo de dato	Descripción
nid	String	ID único de la notificación.
title	String	Título de la notificación.
message	Date	Cuerpo del mensaje de notificación.
timestamp	Timestamp	Fecha y hora de creación de la notificación.
uid	Timestamp	ID del usuario al que se dirige la notificación.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 se encuentran los campos relativos a las notificaciones. Estos son utilizados para identificar y almacenar los datos del sistema de notificaciones personalizadas.

Tabla 8

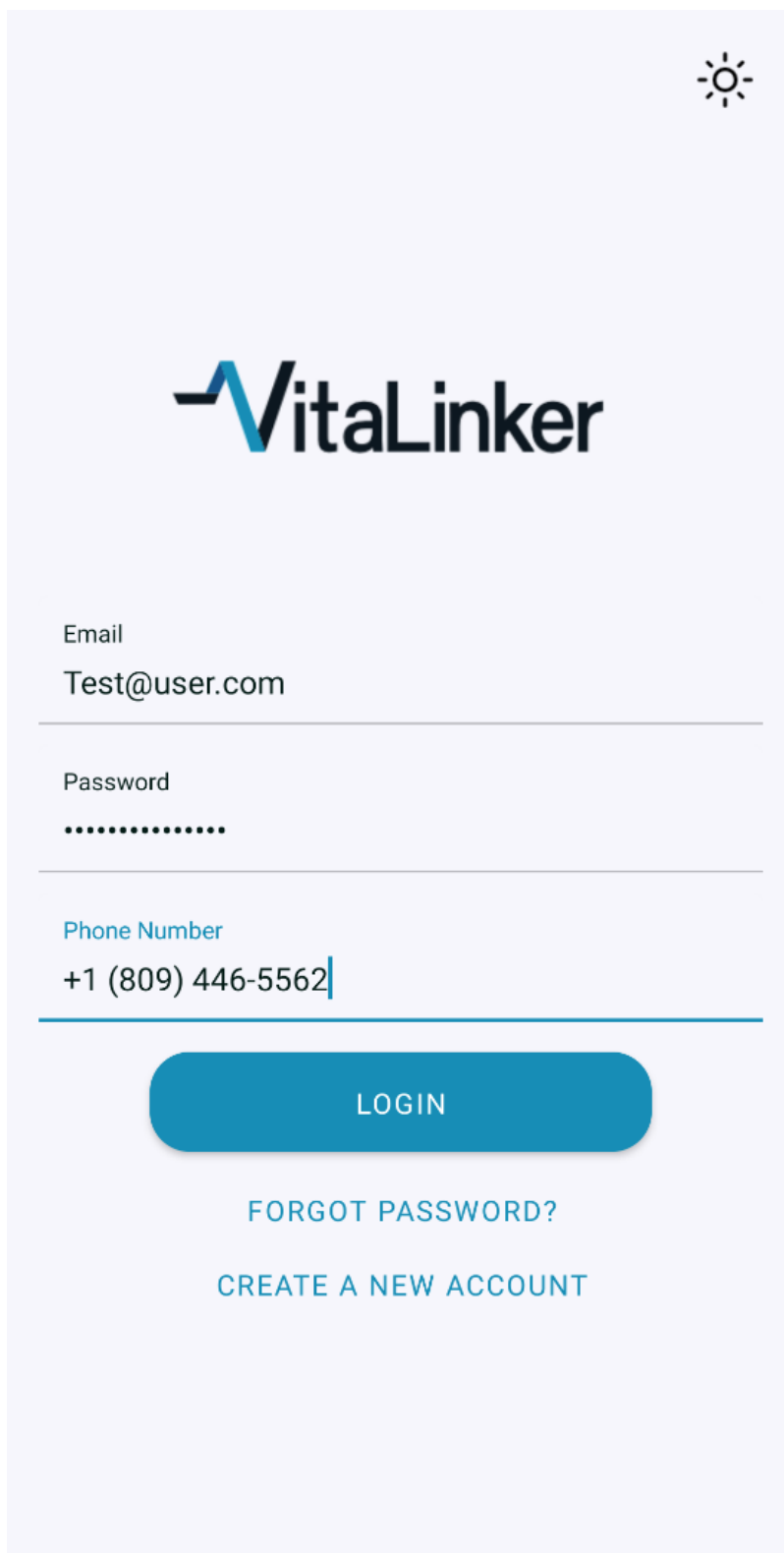
Colección de “Configuración de Usuario”.

Nombre	Tipo de dato	Descripción
uid	String	ID del usuario para el que se aplica la configuración.
theme	Date	Tema de la interfaz del usuario (claro u oscuro).
notifications	Timestamp	Estado de habilitación de notificaciones.
reminderFrequency	Timestamp	Frecuencia de recordatorios de salud.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se encuentran los nombres de los datos relativos a la configuración. Estos son utilizados para identificar y almacenar las características y funcionalidades de la aplicación.

6.8 Formato de pantallas para la E/S de datos del sistema



The image shows a login screen for VitaLinker. At the top right, there is a sun icon representing a light theme. The VitaLinker logo is centered. Below the logo are three input fields: 'Email' with the text 'Test@user.com', 'Password' with masked characters, and 'Phone Number' with the text '+1 (809) 446-5562'. A blue 'LOGIN' button is centered below the fields. Underneath the button are two links: 'FORGOT PASSWORD?' and 'CREATE A NEW ACCOUNT'.

☀

VitaLinker

Email
Test@user.com

Password
.....

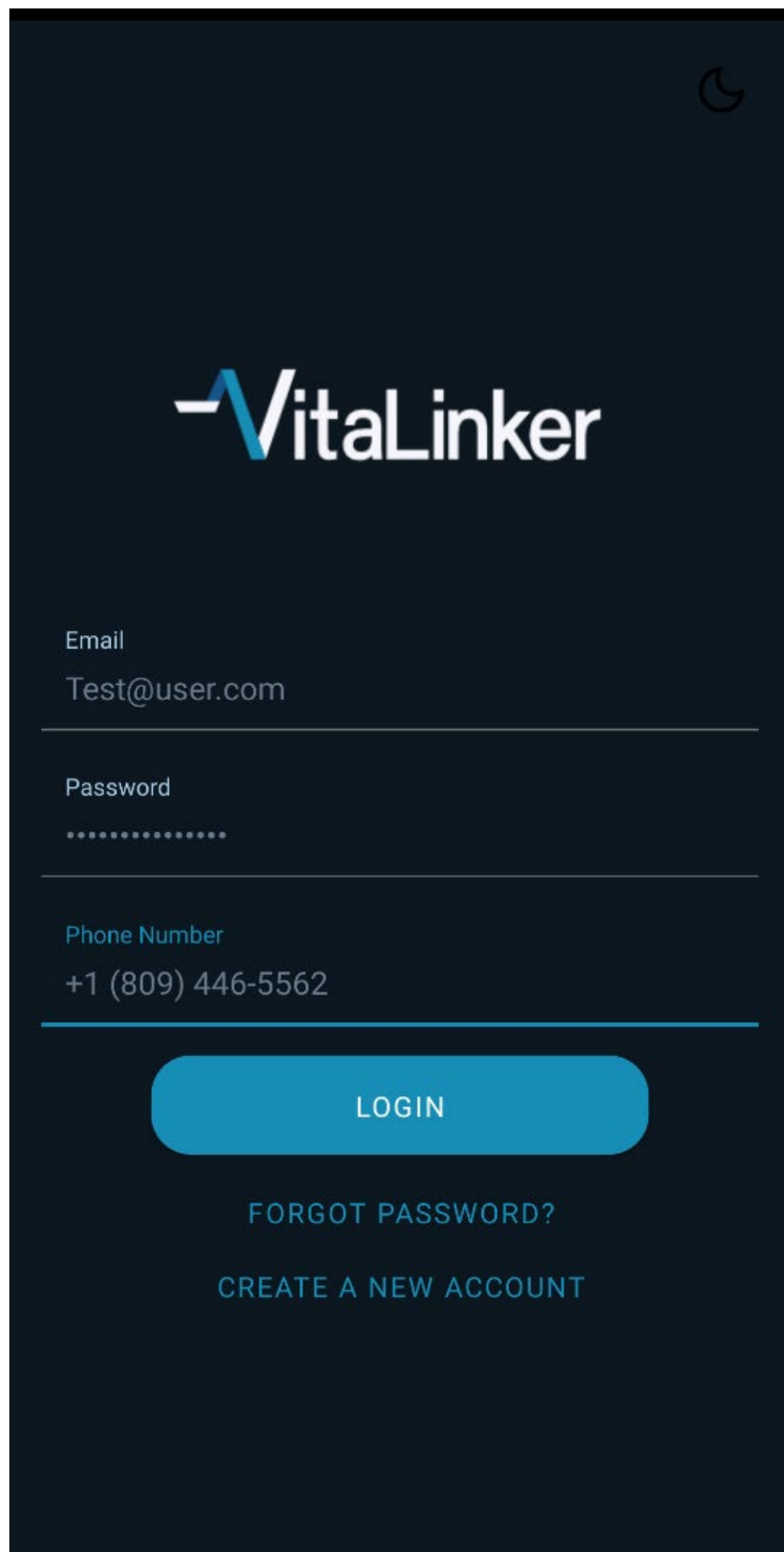
Phone Number
+1 (809) 446-5562

LOGIN

[FORGOT PASSWORD?](#)

[CREATE A NEW ACCOUNT](#)

Figura 35. Pantalla de inicio de sesión con el tema claro (elaboración propia).



The image shows a login screen for VitaLinker with a dark theme. At the top right, there is a moon icon. The VitaLinker logo is centered. Below it are three input fields: Email (Test@user.com), Password (masked with dots), and Phone Number (+1 (809) 446-5562). A large blue LOGIN button is centered below the fields. At the bottom, there are two links: FORGOT PASSWORD? and CREATE A NEW ACCOUNT.

—VitaLinker

Email
Test@user.com

Password
.....

Phone Number
+1 (809) 446-5562

LOGIN

FORGOT PASSWORD?

CREATE A NEW ACCOUNT

Figura 36. Pantalla de inicio de sesión con el tema oscuro (elaboración propia).

6.9 Diagrama jerárquico de programas y/o menú principales

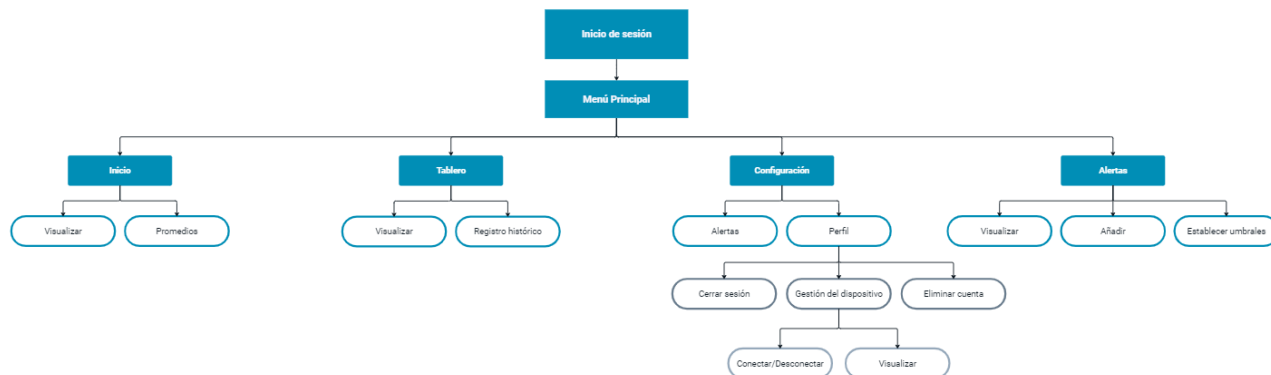


Figura 37. Diagrama jerárquico del menú principal de la aplicación (elaboración propia).

6.10 Seguridad y control

Para nosotros, es esencial proteger la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información en nuestro proyecto, por lo que damos máxima prioridad a la privacidad de los datos médicos de los pacientes, respaldándolos mediante protocolos estandarizados.

6.10.1 Políticas de acceso y seguridad.

La protección de los datos es vital, especialmente cuando hablamos de copias de seguridad que almacenan información crítica. Para eso, hemos establecido varias medidas en términos de acceso y seguridad. Para eso, identificamos los siguientes actores:

- **Equipo de administración de sistemas.** Estos profesionales son responsables de la gestión y mantenimiento de la infraestructura de TI. Dado a que las copias de seguridad forman parte de esta infraestructura, necesitan tener acceso para garantizar que las copias se realicen de forma adecuada y se almacenen correctamente.
- **Encargado de seguridad informática.** Es el responsable de garantizar que las medidas de seguridad en torno a las copias de seguridad sean robustas y estén actualizadas. Su acceso es vital para llevar a cabo auditorías y verificaciones regulares.

- **Encriptación.** Todas las comunicaciones entre el cliente y el servidor se realizan a través de conexiones cifradas (SSL/TLS). Las contraseñas y datos sensibles se almacenan de forma encriptada en la base de datos.
- **Política de respaldo.** Como se mencionó anteriormente, se sigue una política de respaldo rigurosa para garantizar la seguridad y disponibilidad de los datos.

En ese sentido, para proteger las copias de seguridad consideramos los siguientes

factores:

- **Encriptación.** Las copias de seguridad estarán encriptadas utilizando estándares de cifrado actuales y reconocidos en la industria. Esto significa que, incluso si alguien lograra acceder a una copia de seguridad, no podría leer la información sin la clave de descifrado correspondiente.
- **Ubicación segura.** Además de la encriptación, las copias de seguridad se almacenan en ubicaciones seguras, físicas y en la nube, protegidas por medidas adicionales como firewalls, sistemas de detección y prevención de intrusiones, entre otros.

Adicionalmente a las medidas tomadas para el acceso, la seguridad y la protección de las copias de seguridad, buscamos garantizar la trazabilidad. Para eso, consideramos gestionarla a través de los siguientes mecanismos:

- **Registro de actividades.** Cada vez que se accede, modifica o recupera una copia de seguridad, se registra la acción. Estos registros incluirán detalles como la fecha, la hora, la persona que accedió y la naturaleza exacta de la actividad.
- **Auditorías regulares.** Periódicamente, se realizarán auditorías de estos registros para garantizar que no haya actividad no autorizada y para validar que las políticas de acceso y seguridad se estén siguiendo adecuadamente.

6.10.2 Políticas de backup sugeridas.

Las políticas específicas para las copias de seguridad están limitadas a los siguientes tipos de datos:

- Datos del usuario (información del perfil, el historial de registros, etc.).
- Indicadores vitales y registros relacionados.
- Configuraciones personalizadas de alertas.
- Logs y registros de la actividad del sistema.

Cabe destacar que dentro de este grupo no se consideraron los logs temporales, los archivos caché ni los datos duplicados. Por otro lado, para llevar a cabo las copias de seguridad en cuestión, consideramos los siguientes calendarios:

- **Diario.** Se puede realizar una copia de seguridad completa de todos los datos críticos al final de cada día. Estas copias serían conservadas por siete días.
- **Semanal.** Todos los domingos, se puede realizar una copia de seguridad incremental que recoja los cambios desde la última copia de seguridad completa. Estas copias serían conservadas por un mes.
- **Mensual.** El primer día de cada mes, se puede efectuar una copia de seguridad completa del mes anterior. Estas copias serían conservadas por un año.

En cuanto a la ubicación exacta de las copias de seguridad, consideramos asignar dos espacios:

- **Principal.** Las copias se pueden guardar en un servidor local especializado en almacenamiento seguro.
- **Secundario.** Una copia adicional se puede almacenar en un servicio en la nube, garantizando la redundancia de los datos.

Con el objetivo de garantizar la integridad y efectividad de nuestros sistemas de copias de seguridad, es posible establecer un programa de pruebas trimestrales:

- **Integridad de las copias.** Se debe asegurar que no haya pérdida de datos, corrupción o alteración en las copias de seguridad desde el momento de su creación hasta su restauración.
- **Efectividad del respaldo.** Más allá de la existencia de los datos, se debe evaluar que estos puedan ser correctamente recuperados y utilizados, asegurando que la información pueda utilizarse tras la restauración. Dicho proceso de restauración debe ser validado con las siguientes medidas:
- **Restauración simulada.** Consiste en realizar ejercicios prácticos donde se intentará restaurar los datos desde las copias de seguridad en un ambiente controlado. Este proceso simulado tiene como fin identificar y corregir posibles fallos en el proceso de restauración antes de que se presenten en un escenario real.
- **Revisión de registros.** Consiste en la revisión de los registros de las operaciones de respaldo para identificar cualquier anomalía o error que pueda haber ocurrido durante el proceso.
- **Documentación.** Tras cada prueba, se debe generar un informe detallado que documente los resultados, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para posibles mejoras en el proceso.

6.10.3 Descripción de mecanismos de seguridad del sistema.

Para garantizar la seguridad del sistema consideramos un plan de recuperación basándonos en situaciones hipotéticas y críticas que pudieran ocurrir en cualquier momento dentro del mismo:

- **Pérdida de datos críticos:**
 - **Detección y evaluación.** En el momento en que se detecte una pérdida de datos críticos, el equipo técnico evaluará la naturaleza y el alcance del problema para determinar la mejor estrategia de recuperación.
 - **Restauración.** Una vez identificado el problema, se iniciará el proceso de restauración utilizando la última copia de seguridad válida. Este proceso será supervisado por el equipo técnico y comunicado a las partes interesadas relevantes para garantizar una transparencia total.

- **Fallo del servidor principal:**
 - **Copia en la nube.** Teniendo en cuenta los posibles fallos de hardware o problemas en el servidor principal, mantenemos copias de seguridad en la nube. Estas copias son actualizadas regularmente y están listas para ser usadas en caso de emergencia. Si el servidor principal falla, la restauración se realizará a partir de esta copia en la nube, minimizando así el tiempo de inactividad y garantizando la continuidad de las operaciones.

- **Simulacros y capacitación:**
 - **Planificación.** Estableceremos una fecha específica cada año para realizar un simulacro de restauración. Estos tienen el propósito de poner a prueba nuestros procedimientos y garantizar que funcionen en caso de una emergencia real.
 - **Capacitación.** Durante estos simulacros, el personal involucrado recibirá formación práctica sobre cómo manejar un escenario de pérdida de datos. Esta capacitación incluye cómo identificar problemas, cómo comunicarse con otros equipos y cómo seguir el protocolo establecido para la restauración de datos.

- **Evaluación.** Posterior al simulacro, se llevará a cabo una revisión para identificar áreas de mejora, ajustar procedimientos y reforzar cualquier brecha en el entrenamiento del personal.

6.11 Especificaciones generales de programas

Para la creación del prototipo como un conjunto, tomamos de referencia las siguientes especificaciones:

- **Lenguajes de programación.** Utilizamos TypeScript para el desarrollo y estructuración, permitiendo la detección temprana de errores. A su vez, empleamos C/C++ para la programación de los módulos del brazalete IoT.
- **Estilo de código.** Seguimos el estándar de TypeScript recomendado por la comunidad, asegurando legibilidad y mantenibilidad.
- **Documentación.** Todo el código fue adecuadamente comentado, describiendo la funcionalidad de funciones, métodos y clases, así como cualquier peculiaridad o consideración importante.
- **Control de versiones.** Utilizamos Git con un repositorio central en GitHub. El flujo de trabajo incluye revisiones de código y “pull/merge requests” antes de integrar los cambios en la rama principal.

6.12 Descripción de programas

Para el desarrollo de VitaLinker, seleccionamos un conjunto de tecnologías basadas en su robustez, versatilidad y eficiencia. En conjunto, estas tecnologías proporcionan un marco sólido y moderno para el desarrollo de nuestro sistema, permitiéndonos crear una aplicación eficiente y efectiva.

6.12.1 Tecnología de desarrollo a utilizar.

Las tecnologías que empleamos para desarrollar el prototipo de VitaLinker fueron las siguientes:

- **API Endpoints.** Para el manejo de los datos recopilados por los sensores, creamos API endpoints que reciben, procesan y almacenan estos datos. Aprovechando Firebase y las funciones integradas en la nube, es posible manejar los eventos que disparan notificaciones u otras acciones relacionadas al procesamiento de la información.
- **Arduino IDE.** Para descifrar y probar los datos medidos por los sensores y la compatibilidad del microcontrolador, utilizamos Arduino IDE. Según su página oficial, se trata de un entorno de desarrollo integrado para desarrollar programas con módulos de Arduino. Debido a las características de los componentes de hardware adquiridos, consideramos que este era el entorno ideal para llevar a cabo dichos procesos.
- **Cloud Firestore.** Para el almacenamiento de datos, elegimos Cloud Firestore, que como se aclara en la página oficial de Firebase, es una base de datos NoSQL en la nube. Firebase Firestore es escalable, tiene reglas de seguridad integradas y ofrece funcionalidades en tiempo real y offline. Además, su integración directa con otros servicios de Firebase, como Firebase Authentication, agrega valor a nuestra aplicación.
- **Firebase Authentication.** Para la autenticación de usuarios utilizamos Firebase Authentication, que como se aclara en la página oficial de Firebase, es un servicio que proporciona autenticación de backend de manera segura y sencilla. Firebase Authentication facilita la gestión de usuarios y personaliza la experiencia del usuario mediante la autenticación con correo electrónico y contraseña, por teléfono y con una cuenta de Google.

- **Gradle.** En su página oficial, es descrito como un sistema de automatización de construcción de código abierto. Gradle fue utilizado en React Native para empaquetar y construir la aplicación para Android, facilitando así la integración continua.
- **React Native.** En su página oficial es descrito como un marco de trabajo para el desarrollo de aplicaciones móviles que nos permite desarrollar aplicaciones nativas para Android y iOS utilizando una sola base de código. React Native ofrece un alto rendimiento y soporta la programación declarativa, por lo que resulta una elección ideal.
- **Redux.** Para la administración del estado de la aplicación, escogimos Redux, descrita en su página oficial como una biblioteca de JavaScript que proporciona un flujo de datos unidireccional. Redux nos permite mantener el estado de la aplicación en un lugar centralizado, asegurando una sincronización eficiente entre diferentes partes de la aplicación.
- **TypeScript.** Como se describe en su página oficial, es un lenguaje de programación basado en JavaScript que añade tipado estático y objetos basados en clases. Elegimos TypeScript por su eficiencia en la prevención de errores en tiempo de ejecución, y facilitar la lectura y el mantenimiento del código.

6.13 Cronograma de actividades para el desarrollo del sistema

Para la construcción del prototipo de VitaLinker establecimos un cronograma de actividades distribuido en cuatro etapas y un total de 15 actividades principales:

- **Etapas No. 1: Diseño.** Consiste en la creación de los diagramas de funcionamiento tanto del sistema completo como de sus partes por separado.
- **Etapas No. 2: Desarrollo.** Consiste en el desarrollo y en la realización de pruebas individuales tanto de la parte de hardware como la de software.

- **Etapa No. 3: Integración.** Consiste en la integración de la parte de hardware y la parte de software junto con la base de datos en la nube.
- **Etapa No. 4: Depuración.** Consiste en llevar a cabo pruebas finales que garanticen el correcto funcionamiento de las partes integradas.

La duración del diseño, desarrollo y depuración del prototipo fue medida en base a horas. Tomamos en consideración un horario laboral promedio de 8 horas al día para el avance de cada una de las actividades (con una hora de almuerzo), así como los días no laborables. También, consideramos aspectos clave, como la adquisición de los componentes esenciales para la construcción del prototipo de hardware, la disponibilidad de los integrantes del equipo y la identificación de los requerimientos, con el objetivo de abordarlos sin afectar significativamente el cronograma.

CRONOGRAMA			
ACTIVIDADES	DURACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE TÉRMINO
PROTOTIPO DE VITALINKER	96 días	24/05/2023	18/08/2023
INICIO DEL PROTOTIPO	0 días	24/05/2023	24/05/2023
1. DISEÑO	13 días	24/05/2023	06/06/2023
1.1. Diseño de la línea gráfica.	2 días	24/05/2023	26/05/2023
1.2. Diseño del funcionamiento del hardware.	2 días	27/05/2023	29/05/2023
1.3. Diseño del funcionamiento del software.	3 días	30/05/2023	02/06/2023
1.4. Diseño de la base de datos.	1 día	03/06/2023	04/06/2023
1.5. Diseño de la arquitectura del sistema.	1 día	05/06/2023	06/06/2023
Fin de la etapa de diseño.	0 días	06/06/2023	06/06/2023
2. DESARROLLO	53 días	07/06/2023	31/07/2023
2.1. Desarrollo del hardware.	21 días	07/06/2023	27/06/2023
2.2. Pruebas del hardware.	1 día	27/06/2023	28/06/2023
2.3. Desarrollo del software.	28 días	29/06/2023	27/07/2023
2.4. Pruebas del software.	3 días	27/07/2023	30/07/2023
2.5. Implementación de la base de datos.	1 día	30/07/2023	31/07/2023
Fin de la etapa de desarrollo.	0 días	31/07/2023	31/07/2023
3. INTEGRACIÓN	11 días	01/08/2023	12/08/2023
3.1. Integración del backend y el hardware.	3 días	01/08/2023	04/08/2023
3.2. Integración del backend y el frontend.	3 días	05/08/2023	08/08/2023
3.3. Integración del backend y la base de datos.	3 días	09/08/2023	12/08/2023
Fin de la etapa de integración.	0 días	12/08/2023	12/08/2023
4. DEPURACIÓN	5 días	13/08/2023	18/08/2023
4.1. Pruebas de integración.	3 días	13/08/2023	16/08/2023
4.2. Pruebas de seguridad.	1 día	16/08/2023	17/08/2023
4.3. Pruebas finales y control de calidad.	1 día	17/08/2023	18/08/2023
Fin de la etapa de depuración.	0 días	18/08/2023	18/08/2023
FIN DEL PROTOTIPO	0 días	18/08/2023	18/08/2023

LEYENDA	
Proyecto	■
Etapa	■
Hito	■
Actividad	■
Día no laborable	■

Figura 38. Descripción general de las actividades (elaboración propia).

Conclusiones finales

Con el desarrollo del presente proyecto de investigación pudimos conocer con mayor profundidad sobre las enfermedades autoinmunes y su situación en el país. Es evidente que a estas no se les ha prestado mucha atención, reflejándose en la escasa información que existe de ellas a nivel local y al poco conocimiento de la población sobre su existencia.

A pesar de que nos enfocamos en un sector tan relegado como el de las enfermedades autoinmunes, logramos obtener información sustancial para verificar la hipótesis preliminar, todos objetivos establecidos, perfeccionar nuestra idea inicial y responder a las preguntas de investigación planteadas por igual.

Sin duda alguna, gracias a este proyecto de investigación logramos indagar más sobre la tecnología y lo valiosa que resulta su aplicación en el sector de la salud. La integración de las tecnologías vestibles y emergentes, constituyen una combinación que, de implementarse correcta y éticamente, resultan útiles para mejorar la atención médica.

Pudimos confirmar lo anterior a lo largo del proceso de desarrollo del prototipo de VitaLinker, que a pesar de fue un gran reto para nosotros debido a los conocimientos técnicos tanto de hardware como de software requeridos para construirlo, fue una experiencia satisfactoria y fructífera, pues nos permitió abordar más sobre lo mucho que estos campos tienen para ofrecernos y lo versátiles que pueden llegar a ser.

Considerando lo anterior, invitamos a todos los posibles lectores de este proyecto de investigación a que corran la voz y motiven a otras personas a indagar más sobre el tema. Este proyecto solo representa un pequeño paso de lo que podría ser un gran avance en el campo de la medicina local y las enfermedades autoinmunes, por lo que recomendamos encarecidamente tomar en cuenta las ideas que planteamos en el Capítulo 5 para futuros proyectos relacionados.

Glosario de términos

1. **ADC:** Analog to Digital Converter (Conversor Analógico a Digital).
2. **Bd:** Baudio, unidad de medida de la velocidad de transferencia de información.
3. **Constante B:** Constante de Boltzmann.
4. **DAC:** Digital to Analog Converter (Conversor Digital a Analógico).
5. **EEPROM:** Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM Programable y Borrable Eléctricamente).
6. **I²C:** Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado).
7. **IoT:** Internet of Things (Internet de las Cosas).
8. **LED:** Light-Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz).
9. **LED_BUILTIN:** Constante que almacena el número del pin del LED de un microcontrolador arduino.
10. **mA:** Miliamperios → Amperios (A), unidad de medida de la corriente.
11. **MHz:** Megahercio → Hercio (Hz), unidad de medida de la frecuencia.
12. **MSP:** Ministerio de Salud Pública de la República Dominicana.
13. **mW:** Milivatio → Vatio (W), unidad de medida de la potencia.
14. **nm:** Nanómetro → Metro (M), unidad de medida de la longitud.
15. **OGTIC:** Oficina Gubernamental de Tecnologías de la Información y Comunicación.
16. **PMAC:** Programa de Medicamentos de Alto Costo de la República Dominicana.
17. **PPG:** Photoplethysmography (Fotopletismografía).
18. **PWM:** Pulse Width Modulation (Modulación por Ancho de Pulsos).
19. **SPI:** Serial Peripheral Interface (Interfaz Periférica Serial).
20. **SSL:** Secure Sockets Layer (Capa de Sockets Seguros).

21. **TLS:** Transport Layer Security (Seguridad de la Capa de Transporte).
22. **SRAM:** Static Random Access Memory (RAM Estática).
23. **UART:** Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (Receptor/Transmisor Asíncrono Universal).
24. **USB:** Universal Serial Bus (Bus Universal en Serie).
25. **V:** unidad de medida del voltaje.

Lista de referencias

- Alcántara, K. (26 de abril del 2022). El sector salud requiere de tecnologías para ser más competitivo. *elDinero*. Recuperado de <https://eldinero.com.do/194984/sector-salud-requiere-de-tecnologias-para-ser-mas-competitivo/>
- Alcántara, V. (8 de diciembre del 2021). Estudio revela incidencia 4.1 de diabetes tipo 1 en menores de 15 años en el país. *Diario Salud*. Recuperado de <https://www.diariosalud.do/noticias/estudio-revela-incidencia-4-1-de-diabetes-tipo-1-en-menores-de-15-anos-en-el-pais/#:~:text=%2D%20Seg%C3%BAn%20el%20estudio%20colaborativo%20nacional,por%20cada%20100%20mil%20habitantes.>
- Almonte, C. (25 de junio del 2022). Papel fundamental de la tecnología en la salud. *Hoy Digital*. Recuperado de <https://hoy.com.do/papel-fundamental-de-la-tecnologia-en-la-salud/>
- Amazon (s.f.). *Geekstory: Módulo GT-U7: Receptor de GPS, navegación con satélite, posicionamiento NEO-6M con microcontrolador 6M 51 STM32 R3 + IPEX Active GPS y antena de alta sensibilidad para Arduino Drone Raspberry Pi Flight*. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/Geekstory-navegaci%C3%B3n-posicionamiento-microcontrolador-sensibilidad/dp/B07PRGBLX7?th=1>
- Amazon. (s.f.). *Módulo de frecuencia cardíaca MAX30102, sensor de oxígeno en la sangre y detección de pulso*. Recuperado de <https://www.amazon.com/-/es/frecuencia-card%C3%ADaca-MAX30102-ox%C3%ADgeno-detecci%C3%B3n/dp/B094JC48HQ>
- Amazon Web Services. (s.f.). ¿Qué es el análisis de datos? Recuperado de <https://aws.amazon.com/es/what-is/data-analytics/>
- American Autoimmune Related Diseases Association. (2019). *One in five: The voice of the*

- autoimmune patient* [Uno de cada cinco: La voz del paciente autoinmune]. Recuperado de <https://autoimmune.org/wp-content/uploads/2019/12/1-in-5-Brochure.pdf>
- Autoimmune Association (s.f.). *What is autoimmunity?* [¿Qué es la autoinmunidad?]. Recuperado de <https://autoimmune.org/resource-center/about-autoimmunity/>
- Arduino. (s.f.). *Arduino IDE*. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/software>
- Arduino. (s.f.). Cómo configurar la comunicación UART en Arduino. Recuperado de <https://arduino.cl/como-configurar-la-comunicacion-uart-en-arduino/>
- Arduino. (s.f.). *Constants*. Recuperado de <https://www.arduino.cc/reference/en/language/variables/constants/constants/>
- Arduino Store. (s.f.). Arduino Nano 33 BLE. Recuperado de <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano-33-ble>
- Azuero Azuero, A. E. (12 de noviembre del 2018). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 112-113. doi: <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.274>
- Bagur, J., y Chung T. (s.f.). Arduino Memory Guide [Guía de memoria Arduino]. *Arduino*. Recuperado de <https://docs.arduino.cc/learn/programming/memory-guide>
- Belmonte, A. (9 de junio del 2020). ¿Qué es la constante de Boltzmann? *unPROFESOR*. Recuperado de <https://www.unprofesor.com/fisica/que-es-la-constante-de-boltzmann-4236.html>
- Beltrán, G. (2016). *Geolocalización online: la importancia del dónde*. Barcelona, España: Editorial UOC (Universidad Abierta de Cataluña).
- Cáceres Castellanos, G., (2014). La importancia de publicar los resultados de Investigación. *Facultad de Ingeniería*, 23(37),7-8. doi: <https://doi.org/10.19053/01211129.2795>

- Calder, P. C., Bosco, N., Bourdet-Sicard, R., Capuron, L., Delzenne, N., Doré, J.,...Visioli, F. (Noviembre del 2017). Health relevance of the modification of low-grade inflammation in ageing (inflammaging) and the role of nutrition [Relevancia para la salud de la modificación de la inflamación de bajo grado en el envejecimiento (envejecimiento inflamatorio) y el papel de la nutrición]. *Ageing Research Reviews*, 40, 95-119. doi: [10.1016/j.arr.2017.09.001](https://doi.org/10.1016/j.arr.2017.09.001)
- Campos, J. (20 de enero del 2020). Orientaciones para dar un uso adecuado a los ‘wearables’. *Listín Diario*. Recuperado de <https://listindiario.com/la-vida/2020/01/20/600670/orientaciones-para-dar-un-uso-adecuado-a-los-wearables>
- Castaño, S. A. (s.f.). *Comunicación I2C*. Recuperado de <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/comunicacion-i2c/>
- Concari, S. B. (10 de octubre del 2014). *Tecnologías emergentes, ¿cuáles usamos?* Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Sonia-Concari/publication/271847922_Tecnologias_emergentes_cuales_usamos/links/54d4b7340cf2970e4e638479/Tecnologias-emergentes-cuales-usamos.pdf
- del Brío García, A. (2020). *Tecnología electrónica en ingeniería biomédica: sensores* (tesis de pregrado). Universidad de Valladolid (UVa), Valladolid, España.
- Diario Salud. (11 de octubre del 2022). *Artritis Reumatoide, enfermedad autoinmune que no solo ataca articulaciones*. Recuperado de <https://www.diariosalud.do/noticias/artritis-reumatoide-enfermedad-autoinmune-que-no-solo-ataca-articulaciones/>
- Dias, D., y Silva Cunha, J. P. (31 de mayo del 2018). Wearable Health Devices — Vital Sign Monitoring, Systems and Technologies [Dispositivos de Salud Vestibles — Monitoreo de Signos Vitales, Sistemas y Tecnologías]. *MDPI*, 18(8). doi: [10.3390/s18082414](https://doi.org/10.3390/s18082414)

Digitcert. (s.f.). *¿QUÉ ES SSL, TLS & ¿HTTPS?* Recuperado de

<https://www.digicert.com/es/what-is-ssl-tls-and-https>

DigitKey. (s.f.). *BH23APC*. Recuperado de [https://www.digikey.com/en/products/detail/mpd-](https://www.digikey.com/en/products/detail/mpd-memory-protection-devices/BH23APC/247700)

[memory-protection-devices/BH23APC/247700](https://www.digikey.com/en/products/detail/mpd-memory-protection-devices/BH23APC/247700)

Dirección General de Migración. (5 de diciembre del 2013). *Ley No. 172-13 sobre la Protección*

de los Datos Personales. Recuperado de [https://migracion.gob.do/wp-](https://migracion.gob.do/wp-content/uploads/2019/10/Ley-172-13-sobre-proteccion-de-datos-personales-de-fecha-13-de-diciembre-de-2013.pdf)

[content/uploads/2019/10/Ley-172-13-sobre-proteccion-de-datos-personales-de-fecha-13-](https://migracion.gob.do/wp-content/uploads/2019/10/Ley-172-13-sobre-proteccion-de-datos-personales-de-fecha-13-de-diciembre-de-2013.pdf)

[de-diciembre-de-2013.pdf](https://migracion.gob.do/wp-content/uploads/2019/10/Ley-172-13-sobre-proteccion-de-datos-personales-de-fecha-13-de-diciembre-de-2013.pdf)

Dur, O., Rhoades, C., Suen Ng, M., Elsayed, R., van Mourik, R., y Majmudar, M. D. (13 de

mayo del 2018). Design Rationale and Performance Evaluation of the Wavelet Health

Wristband: Benchtop Validation of a Wrist-Worn Physiological Signal Recorder [Diseño

y Evaluación del Rendimiento del Brazalet Wavelet Health: Validación de un

Registrador de Señales Fisiológicas Utilizado en la Muñeca]. *JMIR Publications*, 6(10).

doi: [10.2196/11040](https://doi.org/10.2196/11040)

Empatica. (s.f.). *Embrace2*. Recuperado de <https://www.empatica.com/en-eu/store/embrace2/>

Firestore. (s.f.). *Cloud Firestore*. Recuperado de [https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-](https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419)

[419](https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=es-419)

Firestore. (s.f.). *Firestore Authentication*. Recuperado de

<https://firebase.google.com/docs/auth?hl=es-419>

Fitbit. (s.f.). *Fitbit Sense*. Recuperado de

<https://www.fitbit.com/global/es/products/smartwatches/sense>

Frías, J. (2 de febrero del 2020). Esclerosis múltiple, una enfermedad crónica que se incrementa

en República Dominicana. *Diario Libre*. Recuperado de

<https://www.diariolibre.com/actualidad/salud/esclerosis-multiple-una-enfermedad-cronica-que-se-incrementa-en-republica-dominicana-BP16801231#:~:text=La%20forma%20m%C3%A1s%20com%C3%BAn%20de,a%C3%Bl%20los%20casos%20se%20incrementan.>

Gradle Built Tool. (s.f.). *Gradle*. Recuperado de <https://gradle.org/>

Gutiérrez Cisternas, C. A. (2016). *Sistema de Monitoreo Continuo de Signos Vitales con Sensores No Invasivos y Transmisión Inalámbrica de Datos* (tesis de pregrado). Universidad de Concepción (UdeC), Concepción, Chile.

Health2Sync. (s.f.). *Health2Sync*. Recuperado de <https://www.health2sync.com/patients>

Kohlhase, K. (15 de septiembre del 2020). La PWM: ¿Qué es? ¿Cómo puedo utilizarla?

DigitKey. Recuperado de <https://www.digikay.com/es/blog/pulse-width-modulation>

Leal Olivares, A. (2022). *Desarrollo de un wearable para monitoreo de signos vitales de adultos mayores* (tesis de pregrado). Universidad Católica de Salta (UCASAL), Salta, Argentina.

López Díaz, Z. (9 de marzo del 2012). UNIDAD II: SIGNOS VITALES. *Infomed*. Recuperado de <http://uvsfajardo.sld.cu/unidad-ii-signos-vitales>

Luna-Becerra, B., Martínez-Memije, R., Cartas-Rosado, R., y Infante-Vázquez, O. (2017).

Aumento en la efectividad de la identificación de cimas y pies en el pulso fotopletismográfico al reconstruirlo mediante filtrado adaptativo. *SciELO*, 87(1). doi: <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2016.10.005>

Maiorescu, T., Davila, C., y Silosi, I. (Abril del 2010). Multiple autoimmune syndrome [Síndrome autoinmune múltiple]. *Maedica*, 5(2), 132-134. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3150011/#R3>

MedlinePlus. (15 de octubre del 2021). *Autoimmune Diseases* [Enfermedades Autoinmunes].

Recuperado de <https://medlineplus.gov/autoimmunediseases.html>

Ministerio de Salud Pública. (8 de marzo del 2001). *Ley General de Salud, No. 42-01*.

Recuperado de

<https://repositorio.msp.gob.do/bitstream/handle/123456789/793/LeyNo.%2042-01.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Morgalo, B. (7 de enero del 2011). Módulo inalámbrico para redes de sensores biomédicos.

ResearchGate, 31(2). doi: [10.1234/riela.v31i2.12](https://doi.org/10.1234/riela.v31i2.12)

Mörkl, S., Wagner-Skacel, J., Lahousen T., Lackner S., Holasek, S. J., Bengesser, S.

A.,...Reininghaus, E. Z. (17 de septiembre del 2018). The Role of Nutrition and the Gut-Brain Axis in Psychiatry: A Review of the Literature [El Papel de la Nutrición y el Eje Intestino-Cerebro en Psiquiatría: Una Revisión de la Literatura]. *Neuropsychobiology*, 79(1), 80-88. doi: [10.1159/000492834](https://doi.org/10.1159/000492834)

National Institute of Allergy and Infectious Diseases. (6 de octubre del 2022). *Autoimmune Diseases* [Enfermedades Autoinmunes]. Recuperado de

<https://www.niaid.nih.gov/diseases-conditions/autoimmune-diseases>

National Institute of Environmental Health Sciences. (31 de mayo del 2022). *Autoimmune Diseases* [Enfermedades Autoinmunes]. Recuperado de

<https://www.niehs.nih.gov/health/topics/conditions/autoimmune/index.cfm>

National Stem Cell Foundation. (s.f.). *Autoimmune Disease* [Enfermedad Autoinmune].

Recuperado de <https://nationalstemcellfoundation.org/glossary/autoimmune-disease/#:~:text=Search%20Articles%2C%20News%2C%20Terms%20and,Crohn's%20disease%2C%20psoriasis%20and%20scleroderma.>

Naylamp Mechatronics. (s.f.) *PULSIOXÍMETRO MAX30102*. Recuperado de

<https://naylampmechatronics.com/biomedico/444-pulsioximetro-max30102.html>

Obai, A-M. (s.f.). What Are Common Symptoms of Autoimmune Disease? [¿Cuáles son los

Síntomas Comunes de una Enfermedad Autoinmune?]. *Johns Hopkins Medicine*.

Recuperado de <https://www.hopkinsmedicine.org/health/wellness-and-prevention/what-are-common-symptoms-of-autoimmune-disease>

Oura Ring. (s.f.). *Oura Ring*. Recuperado de <https://ouraring.com/es/product/heritage-silver>

Pichardo, E. (2022). El lupus ataca más a mujeres; en RD el 0.8% lo padece. *Resumen de Salud*.

Recuperado de <https://resumendesalud.net/reportaje-el-lupus-ataca-mas-a-mujeres-en-rd-el-0-8-lo-padece/>

Pini, A. (14 de febrero del 2019). ¿Por qué y cómo usar la interfaz periférica serial para

simplificar las conexiones entre distintos dispositivos? *DigitKey*. Recuperado de

<https://www.digikey.com/es/articles/why-how-to-use-serial-peripheral-interface-simplify-connections-between-multiple-devices>

Portal Oficial del Estado Dominicano. (s.f.). *Tecnología vestible (wearables)*. Recuperado de

<https://www.dominicana.gob.do/index.php/politicas/2014-12-16-20-56-34/politicas-para-tecnologias-emergentes/tecnologia-vestible-wearables>

Ramírez Supe, D. S., de las Mercedes Meza, E., y Galora Silva, F. J. (10 de febrero del 2022).

Analizando el Internet de las Cosas y la nube informática. *REVISTA ODIGOS*, 3(1), 89-103. doi: [10.35290/ro.v3n1.2022.535](https://doi.org/10.35290/ro.v3n1.2022.535)

Real Academia Española. (s.f.). *Amperio*. Recuperado de <https://dle.rae.es/amperio>

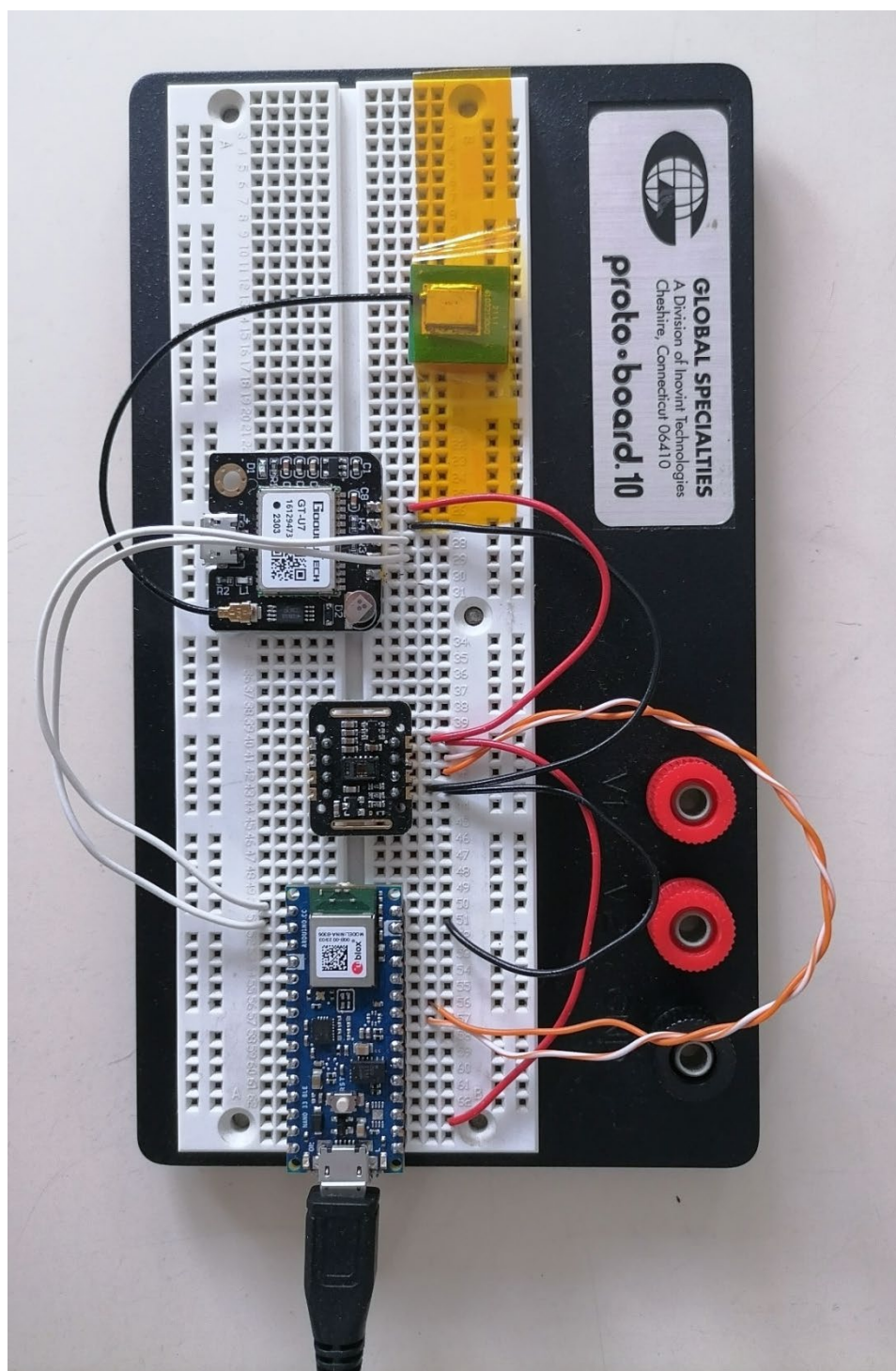
Real Academia Española. (s.f.). *Baudio*. Recuperado de <https://dle.rae.es/baudio>

Real Academia Española. (s.f.). *Hercio*. Recuperado de <https://dle.rae.es/hercio>

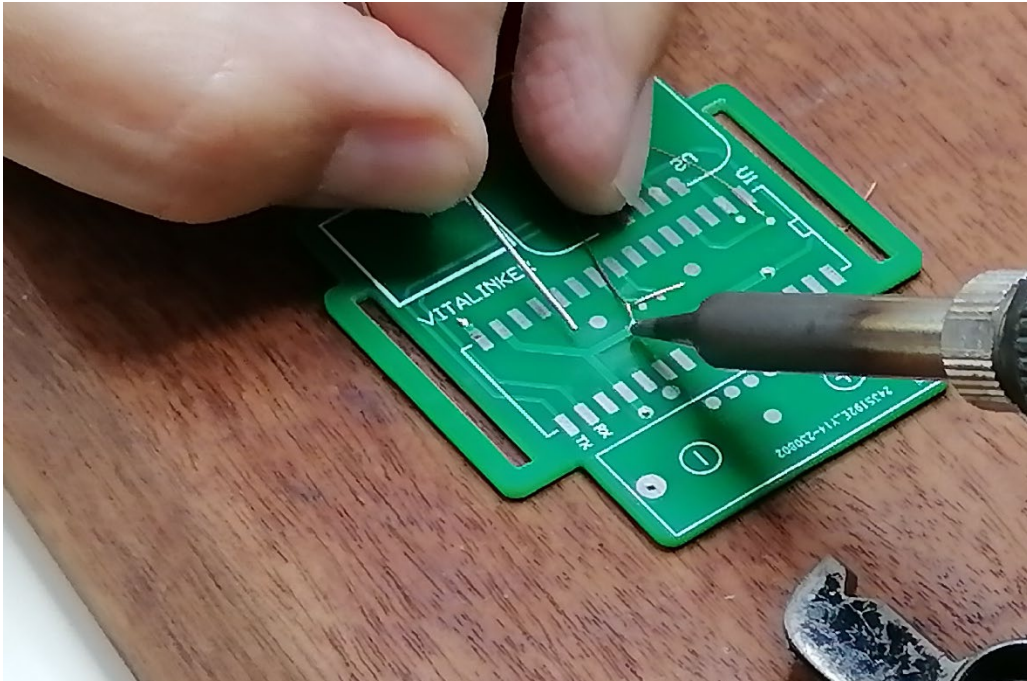
- Real Academia Española. (s.f.). *Led*. Recuperado de <https://dle.rae.es/led>
- Real Academia Española. (s.f.). *Nanómetro*. Recuperado de <https://dle.rae.es/nan%C3%B3metro>
- Real Academia Española. (s.f.). *USB*. Recuperado de <https://dle.rae.es/USB>
- Real Academia Española. (s.f.). *Vatio*. Recuperado de <https://dle.rae.es/vatio>
- Real Academia Española. (s.f.). *Voltaje*. Recuperado de <https://dle.rae.es/voltaje>
- React Native. (s.f.). *React Native*. Recuperado de <https://reactnative.dev/>
- Redux. (s.f.). *Redux*. Recuperado de <https://es.redux.js.org/>
- Sagsveen, P. P. (13 de septiembre del 2017). *Tutorial sobre ADC/DAC*. DigitKey. Recuperado de <https://www.digikey.com/es/articles/adc-dac-tutorial>
- Sociedad Dominicana de Reumatología (s.f.). *Reumatología*. Recuperado de <http://sodoreu.org/reumatologia/>
- TDK Corporation. (s.f.). *NTCG064BH103HTB*. Recuperado de https://product.tdk.com/en/search/sensor/ntc/chip-ntc-thermistor/info?part_no=NTCG064BH103HTB&utm_source=tpd_commercial_ntc-t
- TypeScript. (s.f.). *What is TypeScript? [¿Qué es TypeScript?]*. Recuperado de <https://www.typescriptlang.org/>
- UNIT Electronics. (s.f.). *MAX30102: Sensor Pulso y Concentración de Oxígeno*. Recuperado de <https://uelectronics.com/producto/max30102-sensor-pulso-concentracion-oxigeno/>
- VitalSignum Oy. (s.f.). *Beat2Phone*. Recuperado de <https://www.vitalsignum.com/en/beat2phone/>

Apéndice

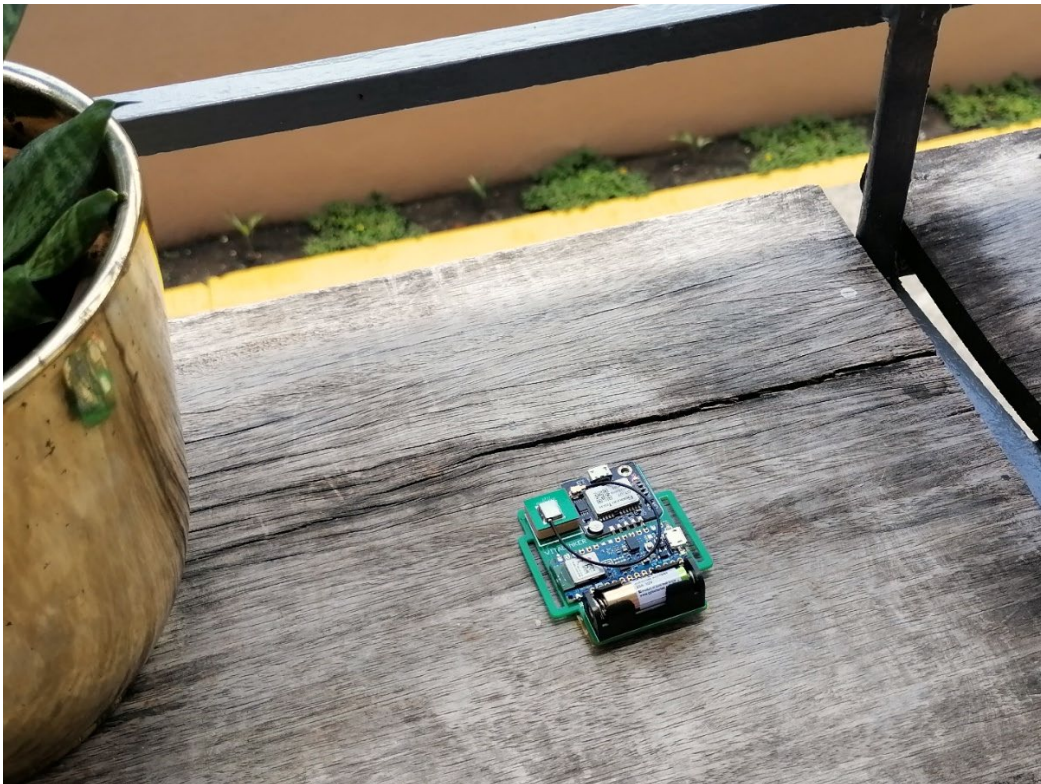
Apéndice A – Vista frontal de la versión inicial del prototipo de brazalete IoT.



Apéndice B – Proceso de ensamblaje de la versión final del prototipo de brazalete IoT.



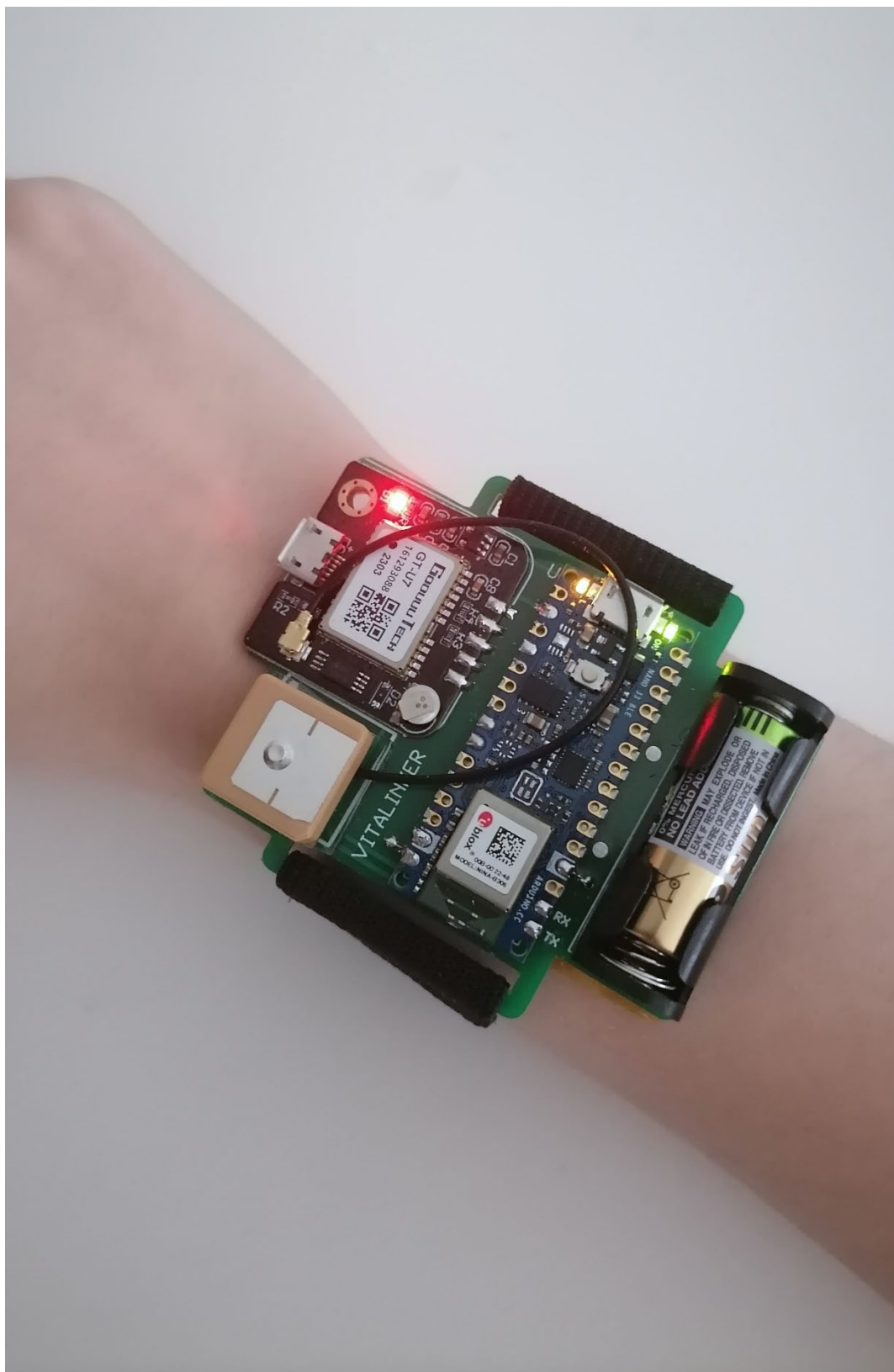
Apéndice C –Módulo GPS GT-U7 captando las señales de los satélites.



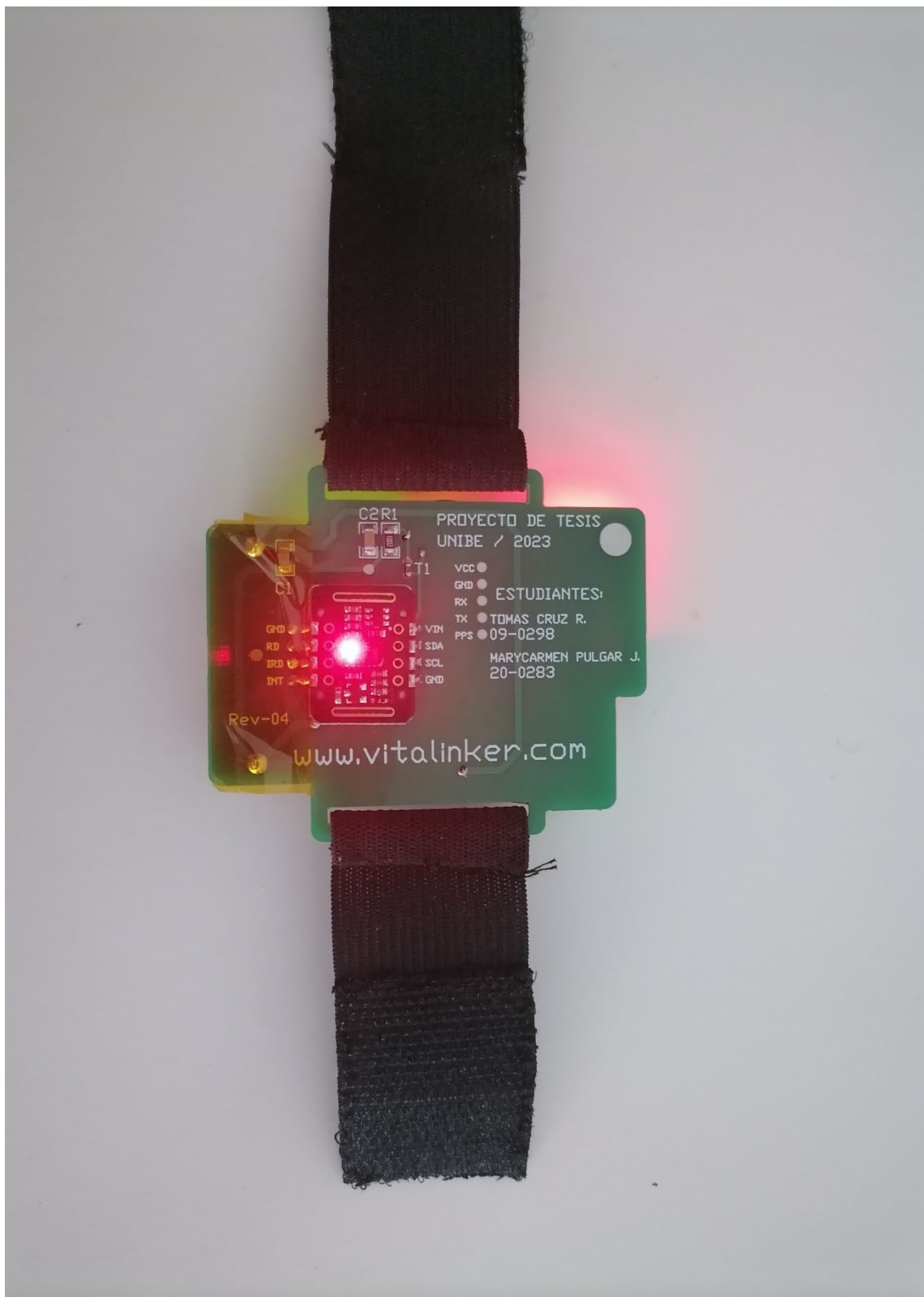
Apéndice E – Prototipo del brazalete IoT siendo llevado en la muñeca (vista lateral).



Apéndice F – Prototipo del brazalete IoT funcional.



Apéndice G – Módulo MAX30102 funcional.



Vita

Nacido el 20 de agosto de 1990 en la vibrante ciudad de Higüey, en la República Dominicana, pasé mis primeros años de vida inmerso en la belleza y las vibrantes culturas de mi ciudad natal. Sin embargo, la mayor parte de mi infancia y adolescencia transcurrió en el exótico paraíso de Punta Cana, un lugar que definiría muchos aspectos de mi personalidad y pasiones.

Los extensos paisajes naturales de Punta Cana, llenos de vida y color, fomentaron en mí un profundo amor por la naturaleza. En mi tiempo libre, solía explorar la vasta vegetación, maravillándome de las innumerables maravillas que la madre naturaleza tiene para ofrecer. Los fines de semana eran sinónimo de acampar bajo las estrellas, rodeado de la serenidad del entorno natural. Estas experiencias me convirtieron en un ávido amante de la naturaleza y un entusiasta de las actividades al aire libre, una pasión que he mantenido hasta el día de hoy.

Al llegar a la adultez, mi camino me llevó a Santo Domingo en 2008, donde inicié mi viaje en el fascinante mundo de la ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Mientras equilibraba mi vida entre las clases y el trabajo, me di cuenta de lo profundamente enriquecedor que puede ser este campo, ya que no sólo implica la comprensión de los complejos sistemas tecnológicos, sino también su aplicación para resolver problemas del mundo real.

No obstante, mi trayectoria académica tuvo que ser interrumpida debido a compromisos laborales que requerían toda mi atención. Fueron años desafiantes, llenos de altibajos y pruebas que pusieron a prueba mi resiliencia. A pesar de estos desafíos, siempre estuve motivado por mi deseo de completar mi educación.

Esta perseverancia finalmente dio sus frutos en 2019 cuando, apoyado por mis padres, retomé mi carrera, ahora llamada ingeniería computacionales. Su apoyo incondicional y mi

determinación me permitieron afrontar los desafíos y trabajar para alcanzar mi meta. Ahora, estoy en la etapa final de mi carrera y ansioso por aplicar los conocimientos y habilidades adquiridos durante mis estudios.

Incluso en medio de mis ocupaciones académicas y laborales, siempre encuentro tiempo para mi amor por la naturaleza. Acampar, ya sea solo o con amigos, me permite escapar del ajetreo y el bullicio de la vida cotidiana y reconectarme con mis raíces en la naturaleza.

Mi viaje hasta ahora ha estado lleno de aprendizajes, desafíos y crecimiento. Mientras me preparo para la próxima etapa de mi vida, estoy emocionado por lo que el futuro tiene reservado y ansioso por enfrentar nuevos desafíos con la misma pasión y determinación que me han llevado hasta aquí.

Tomás Cruz Rodríguez

Vita

Nacida el 15 de marzo del 2001 en la ciudad de Santo Domingo, República Dominicana. Hija de Diego M. Pulgar García y Mercedes A. Jiménez, y la hermana menor de María Josefa Dueñas Jiménez y María del Pilar Dueñas Jiménez respectivamente.

En el año 2005, ingresó al Instituto San Juan Bautista (ISAJUBA), en donde cursó sus estudios tanto primarios como secundarios, del que se graduó con honores en la modalidad general debido a su buen desempeño académico. A finales del año 2019, ingresó a la Universidad Iberoamericana (UNIBE), en donde cursó sus estudios superiores como estudiante de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC).

Además de sus estudios académicos, ha completado diversos estudios de especialización tales como: el Programa de Inglés para Adultos, proporcionado por la Universidad APEC; el Curso de Preparación para el Examen de Certificación de Nivel Intermedio-Avanzado (B2 First), de la Universidad de Cambridge; el Curso en Línea de Python 3, de la plataforma oficial de UdeMy; y el Curso de Scrum Foundations Certified Expert (SFCE), ofrecido por CertJoin.

En cuanto al ámbito laboral, ha trabajado como asistente administrativa en TX ELECTRIC, E.I.R.L. desde el año 2021. También, ha trabajado directamente en el Proyecto PRODECARE, gestionado por el Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD) y la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA). Por último, ha participado en varias pasantías, como el Quinto Programa de Pasantías, gestionado por la Dirección General de Aduanas (DGA), y una pasantía en Concentra, en el Departamento de Aseguramiento de la Calidad de Procesos (PPQA).

Marycarmen Pulgar Jiménez