

revistaIDI+

Tecnológico de Costa Rica ▪ Escuela de Diseño Industrial ▪ Revista Semestral

Volumen 8 Número 1 ▪ Julio - Diciembre 2025 ▪ ISSN 2215-5112



La Revista IDI+ es una publicación digital de carácter científico de la **Escuela de Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica**. Es una revista **semestral, gratuita y de acceso abierto**, cuyo propósito es divulgar trabajos inéditos de investigación en el campo del diseño industrial y áreas afines. Está dirigida a investigadores, profesores, estudiantes, profesionales y expertos nacionales o extranjeros en el área del diseño y otros campos relacionados.

Comité Editorial

Editor/Director

IDI. Luis Carlos Araya-Rojas, M.Sc.

lcaraya@tec.ac.cr

Coordinadora operativa

Dra. Xinia Varela-Sojo

xvarela@tec.ac.cr

Diagramación

Valeria Esquivel Jiménez

Foto de portada

THIRDEYE Dispositivo Inteligente de Entrenamiento para Perros con Discapacidad Visual.

Sofía Ávila Marín - Abigail Grillo Vargas. Montaje a partir de la foto de Gilberto Reyes.

Proyecto de curso Diseño V, 2025. Diseño de Gadgets Inteligentes.

Dirección y redes sociales

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Campus Tecnológico Central Cartago.

Escuela de Diseño Industrial.

Cartago, Cartago, Calle 15, Avenida 14,

1 km Sur de la Basílica de Los Ángeles.

Apartado Postal: 159-7050

<https://revistas.tec.ac.cr/index.php/idi>



Indexaciones



Revista Semestral
Julio-Diciembre 2025
Volumen 8, Número 1

ISSN: 2215 5112

Contenidos

Diseño de un dispositivo inteligente para gestionar hábitos y rutinas de personas con depresión

Design of a smart device to manage habits and routines of people with depression

Marisa Méndez Mesén, Carolina Vargas Hidalgo, Claudia Zamora Hidalgo4

Diseño de un dispositivo inteligente para mantener el alivio sobre los síntomas del síndrome del túnel carpiano

Design of a Smart device to maintain relief over the Carpal Tunnel Syndrome Symptoms

Tamara Gutiérrez-Brenes, Felipe A. Jiménez-Rojas, Luana P. Mora-Vargas, Sharon A.

Morales-Fernández22

Diseño de un ecosistema de dispositivos inteligentes para monitoreo remoto de la salud e integridad física de menores de un año

Design of a smart device ecosystem for remote health and safety monitoring of infants under one year of age

Gilberto Antonio Weekly Prendigan, Ana Leslie Mora Monestel, Judith Castillo Moreno

.....36

Diseño de un dispositivo de asistencia personalizada en hábitos alimenticios, médicos y deportivos de personas diagnosticadas con diabetes tipo 2

Design of a Personalized Assistance Device for Dietary, Medical, and Fitness Habits in Type 2 Diabetes

Nathaly Calvo Godínez, Valeria Esquivel-Jiménez, María Alexandra Rodríguez Salas .53



Diseño de un dispositivo inteligente para gestionar hábitos y rutinas de personas con depresión

Design of a smart device to manage habits and routines of people with depression

Marisa Méndez Mesén¹, Carolina Vargas Hidalgo², Claudia Zamora Hidalgo³


M. Méndez Mesén, C. Vargas Hidalgo, C. Zamora Hidalgo "Diseño de un dispositivo inteligente para gestionar hábitos y rutinas de personas con depresión," *IDI+*, vol. 8, no. 1, pp. 4-21, jul., 2025.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v8i1.8111>

Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2024
Fecha de aprobación: 23 de junio de 2025

1. Marisa Méndez Mesén
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
021103@estudiantec.cr
 0009-0003-5470-7220

2. Carolina Vargas Hidalgo
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
carvargas@estudiantec.cr
 0009-0001-8298-9443

3. Claudia Zamora Hidalgo
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
clzamora@estudiantec.cr
 0009-0008-4108-3144

Resumen

La depresión es un trastorno multifactorial que puede afectar a personas independientemente de su edad, sexo, condición socioeconómica, entre otros, por lo que es una enfermedad a la que cualquier persona puede ser susceptible y cada una requiere un tratamiento diferente. Por este motivo, nació Miwi, un asistente que pretende ayudar a gestionar los hábitos y rutinas de personas con depresión.

Este dispositivo fue diseñado para que las personas puedan tenerlo cerca, de forma que les pueda brindar recordatorios, monitoreo de sus emociones y asistencia cuando así lo requieran. Entre sus funciones, están el registro de actividades realizadas y de emociones que el usuario desee monitorear; además de terapias de luz, sonido y respiración, y un modo de juego que ayuda en momentos de estrés a las personas; las cuales son actividades que pueden colaborar en momentos de crisis o a mitigar los síntomas de la depresión. También cuenta con una aplicación móvil que permite la personalización de funciones y mejor visualización de datos para el usuario.

Para validar su diseño, se realizaron pruebas con usuarios en las que se pudo comprobar que las funciones incorporadas, la perceptualidad y materiales seleccionados cumplieron satisfactoriamente con el objetivo planteado de ayudar a la gestión de hábitos y rutinas de personas con depresión, además de su uso como acompañamiento a los tratamientos psicológicos para la depresión de origen emocional.

Palabras claves

Dispositivo inteligente; gestión de hábitos; terapias; depresión.

Abstract

Depression is a multifactorial disorder that can affect people regardless of their age, gender, socioeconomic status, among other factors, hence it is a disease to which anyone can be susceptible, and every person might need a different treatment. This is why Miwi was created, a smart assistant that aims to help people with depression manage their habits and routines.

The device was designed so that people can have it close by and get reminders, monitoring and assistance when needed. Among its functions are registering activities done and emotions that the user likes to keep track of, additionally to light, sound and breath therapy, as well as a game mode to help people deal with situations that cause a lot of stress; these activities can help in times of crisis or mitigate the symptoms of depression. It also has a mobile application that allows customization of functions and better data visualization for the user.

The design was tested with users to validate its characteristics, giving satisfactory results

regarding the functions, perceptuality and materials selected regarding meeting the goal of helping people with depression manage their habits and routines in addition to its use as an accompaniment to psychological treatments for emotional depression.

Keywords

Gadget; habit management; therapy; depression.

Introducción

La depresión como trastorno afecta a las personas independientemente de muchos factores, dado que sus causas pueden ser diversas y muy complejas, tales como factores genéticos, bioquímicos o situaciones externas, por ejemplo, eventos traumatizantes o estresantes en la vida [1]. Debido a esto, los tratamientos que se utilizan pueden ser igual de variados, abarcando áreas como la psicoterapia hasta los medicamentos recetados por profesionales.

Los síntomas de las personas que viven con este trastorno también pueden ser variados y se determinan según la gravedad de la condición, además de su causa (ya sea química o emocional); no obstante, algunos de los más comunes son cambios en horarios de sueño, pérdida de apetito, falta de interés por actividades que solían disfrutar, ansiedad, falta de concentración y culpabilidad [2]. Como consecuencia, las personas tienden a encontrar mayores dificultades en su vida cotidiana, entre ellas, mantener rutinas, contacto con personas queridas, cuidar de su higiene y salud en general.

En Costa Rica, se ha notado un aumento de casos de depresión luego de la pandemia por COVID-19, que puede ser catalogada como un evento estresante, dadas las condiciones que impuso, como el aislamiento, la sensación de inseguridad por la enfermedad o consecuencias asociadas a la emergencia sanitaria; lo que ha dejado secuelas para muchas personas, principalmente jóvenes y mujeres. [3]

Estos aspectos plantean una necesidad de conocer cuáles tratamientos existen para las personas con depresión. Por ejemplo, se encontró que la psicoterapia de diferentes tipos es una medida reconocida [4]. Además, es posible mencionar algunas de las siguientes recomendaciones para tratar la depresión, las cuales pueden acompañar los tratamientos con medicamentos.

La primera de estas técnicas es la terapia cognitivo-conductual, como su nombre indica, se utiliza para cambiar la conducta de la persona, de manera que se cuestione si sus pensamientos negativos son reales y se puedan reforzar aspectos positivos en la vida cotidiana; la cual es acompañada de una persona profesional.

Seguidamente, está la terapia interpersonal, en la que se trata la forma en que las relaciones

interpersonales afectan a las personas con depresión y pretende mejorarlas a través de objetivos definidos en cierto tiempo. También se caracteriza por ser de menor duración, dado que se trabaja aspectos muy puntuales con la persona profesional que realiza la terapia. [5]

Existen, además, servicios de *e-Mental health*, que utilizan plataformas tecnológicas para dar apoyo a personas que tengan algún problema de salud mental, desde brindar información, servicios de *screening* y monitoreo, hasta redes de apoyo para las personas, por lo que tienen un enfoque muy variado. [6]

Adicionalmente, otros estudios [2] [7] indican que, para tratar casos de depresión leve o distimia causadas por situaciones emocionales (es decir, no necesariamente un desbalance químico en el cerebro), se pueden utilizar técnicas como ejercicio diario y buena alimentación, mantener el contacto con seres queridos y practicar la gratitud para mantener un enfoque en aspectos positivos alrededor de las personas.

También es importante notar que la incidencia presentada en mujeres (76%) es mayor a la presentada en hombres (24%), lo cual puede deberse a diferencias en la manera en que tanto mujeres como hombres responden a problemas emocionales [8]. De forma que también se puede contar con una visión de género a la hora de diseñar el producto que brinde apoyo en situaciones de depresión por causas emocionales.

Con esta información, se determinó que es importante resolver el problema, porque afecta la vida cotidiana de las personas y la forma en que se desenvuelven en sus círculos cercanos. También se encontró que el tratamiento de la depresión contribuye a mejorar aspectos como el horario de sueño, reducir la incidencia de dolores físicos y mejorar la salud de las personas de una forma integral. [9]

De esta forma, se plantea el objetivo de ayudar a gestionar hábitos y rutinas de personas con depresión mediante un dispositivo inteligente. Para esto, se crea un diseño que sea personalizable por el usuario, de manera que pueda llevar registro de actividades establecidas, emociones y le brinde acompañamiento mediante terapias en momentos de crisis, permitiéndole conocer y monitorear sus síntomas.

Metodología

Para el diseño del dispositivo inteligente, se utilizó la metodología propuesta en el curso de Diseño V de la Escuela de Diseño Industrial, dividida en cinco etapas:

Etapas 1. Conceptualización de la idea

Con el fin de definir qué temática se iba a trabajar, se utilizó una encuesta abierta aplicada a cualquier persona que gustase responderla, de forma que el tema por abordar fuera relevante para una población significativa. Se les dieron siete opciones que se podrían monitorear

mediante un dispositivo inteligente, además de la opción de colocar otra categoría y el resultado fue que a la mayoría de las personas les gustaría un dispositivo para la “Gestión del estrés y bienestar mental”.

Inicialmente, se investigó sobre el segmento de mercado para un diseño con este enfoque y se encontró que, en Costa Rica, se reportan 3638 casos de depresión por cada 100 000 habitantes y 5934 casos de ansiedad por cada 100 000 habitantes [3]; lo que evidencia que, solo en el país, existe una necesidad de tratar distintos trastornos de salud mental en la población.

Para conocer sobre las personas que se podrían ver beneficiadas por un producto que trate esta necesidad, se realizaron entrevistas con tres posibles beneficiados: una persona con depresión, una persona terapeuta y una persona que tiene familiares que sufren depresión.

También, se llevó a cabo un análisis de referenciales, a fin de conocer qué productos se encuentran en el mercado para problemáticas similares. De forma que se pudo conocer cuáles acabados, funciones y características comparten y se obtienen características como una estética simple con colores poco saturados, fáciles de portar o de tener a la mano y contar con una aplicación móvil, las cuales son comúnmente utilizadas en diseños ya existentes.

Como respuesta a estos hallazgos, se planteó la hipótesis de diseño de que un asistente que ayude a organizar el tiempo y mantener la rutina permitirá llevar un control de las actividades realizadas y disminuirá la pérdida de motivación de las personas con depresión, porque facilitaría el proceso de organizarse, al presentar una estructura clara y predecible aumentando el sentido de control. Además, disminuiría la toma de decisiones, al sugerir actividades o tareas, reduciendo la carga cognitiva.

Etapas 2. Definición de la forma

Una vez considerados los aspectos contextuales del diseño, se pasó a la forma del producto. En esta etapa, se realizó un análisis ergonómico, análisis perceptual, dibujo de alternativas y criterios de evaluación, para definir cuáles serían las características más adecuadas para el diseño.

Se llevó a cabo un análisis ergonómico con tablas antropométricas latinoamericanas [10] para definir cuáles medidas serían las adecuadas para el diseño; además de un análisis perceptual, con el fin de conocer cuáles colores utilizar para el producto y las formas que predominan en los productos analizados.

Posteriormente, se planteó el concepto de diseño “Gestión de hábitos y rutinas para una vida saludable”, con el objetivo de ayudar a las personas con depresión a mantener hábitos y rutinas llevando un control inteligente de su progreso. Para evaluar que las propuestas desarrolladas por cada integrante del equipo pudieran dar respuesta a esta solución, se plantearon cinco criterios bajo los cuales evaluarlas: aspecto simple que genere tranquilidad y evite distracciones;

zona de interacción cómoda; interfaz intuitiva que permite una fácil manipulación; motiva al usuario mediante refuerzos positivos y seguimiento de hábitos.

Tras esta evaluación, se obtuvieron dos propuestas que podrían ser desarrolladas, por lo que se tomaron características de ambas para los siguientes pasos de trabajo del proyecto de diseño.

Etapla 3. Definición de la funcionalidad

En esta etapa, se configuró la funcionalidad del producto, por lo que se hizo una declaración de funcionamiento, la cual establece que el *gadget* pretende gestionar hábitos y rutinas para el usuario. Para esto, se conecta con un dispositivo móvil mediante bluetooth y es capaz de registrar actividades que el usuario desee monitorear, permitiéndole seleccionar cuando realiza cada una de ellas y guarda la información; además, brinda recordatorios a horas que el usuario defina. Aunado a esto, almacena los datos que el usuario proporciona, realiza terapias de luz, sonido y meditación cuando se activa la función correspondiente y cuenta con un sistema de llamadas de emergencia que permite al usuario contactar a personas si necesitara ayuda.

De esta forma, se definió el siguiente diagrama de funcionamiento (Figura 1.) para el diseño del objeto inteligente, donde se establecen tres funciones principales del producto: gestionar hábitos y rutinas, proporcionar asistencia y brindar acompañamiento.

Como resultado de esta etapa, se desarrollaron dos prototipos preliminares del producto: uno perceptual con materiales de bajo costo y otro funcional para programar los aspectos ya definidos del dispositivo; de forma que se pudiera demostrar cómo se aplican los hallazgos de las etapas llevadas a cabo hasta el momento en cuanto a las funciones definidas y el aspecto que se desea que tenga el producto final.

Con estos prototipos iniciales, se plantearon tres preguntas a 17 usuarios sobre el modelo perceptual para validar la forma y distribución de los componentes utilizados:: ¿cómo percibe el objeto?, ¿qué cree que hace?, ¿cómo cree que funciona y cómo lo utilizaría?



Fig. 1. Diagrama de funciones del dispositivo inteligente.

Etapas 4. Comprobación de la solución

En esta etapa, se aplicaron entrevistas de dos tipos: perceptuales y funcionales, a seis usuarios diferentes de las personas ya entrevistadas en la etapa anterior: tres para las pruebas perceptuales y tres para las pruebas funcionales. Además, se les pedía utilizar cada uno de los prototipos hechos mientras respondían a las siguientes preguntas abiertas sobre las funciones y la forma del producto diseñado: ¿qué funciones cree que tiene el *gadget*?, ¿qué le transmite el aspecto del asistente? (adjetivos u objetos a los que le recuerde), ¿dónde lo colocaría para utilizarlo?, ¿cómo interactuaría con el objeto? Estas pruebas se realizaron llevando el dispositivo a cada usuario, lo que limitó la muestra de personas que podían responderla.

Para el prototipo perceptual, se cambiaron los materiales y esta vez se utilizó impresión 3D en PLA y TPU flexible, lo que permitió darle un aspecto más cercano al deseado y fue mejor percibido por los usuarios, al verse más limpio que los materiales anteriores.

En las pruebas funcionales, se colocaron íconos sobre los botones del prototipo y fueron bien identificados por los usuarios. Se incorporó un sistema de sonido con el propósito de emitir sonidos relajantes para las terapias y refuerzos positivos tras completar una acción y en las terapias de luz, se programaron cuatro colores inicialmente, cada uno asociado a una emoción.

Etapas 5. Documentación técnica

En esta etapa, se concretó el diseño documentando los materiales, dimensiones, componentes y funciones finales que se utilizan en el dispositivo, de forma que se desarrollaron los planos técnicos y un manual de usuario. Como procesos finales, se mantuvo la impresión 3D para el prototipo perceptual y los componentes utilizados en el prototipo funcional.

Resultados

Miwi (figura 2) fue diseñado como un asistente inteligente que pretende ayudar a la gestión de hábitos y rutinas para una vida saludable, de forma que se pueda mantener un registro del día a día para personas que sufren depresión y encuentran dificultad para realizar actividades. El diseño se complementó con una aplicación móvil para un mejor manejo y visualización de los datos que el usuario proporciona, así como para personalizar algunas funciones.

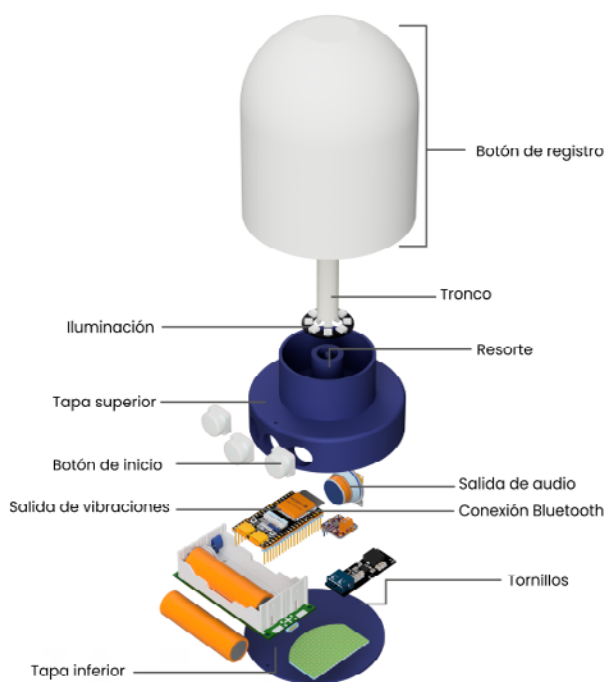


Fig. 2. Explosión del resultado final de diseño.

Para contener los componentes electrónicos, se diseñó una base donde se colocaron los botones principales, además de un domo flexible que también cumple la función de botón para el registro de actividades y sirve para el modo de juego del dispositivo.

Del análisis ergonómico realizado, se obtuvieron consideraciones para el diseño, las cuales establecen que la zona de interacción se debe adaptar a la forma de la mano para asegurar la comodidad; los botones deben colocarse en zonas accesibles y estar espaciados para asegurar su utilización de forma precisa. Además, se definió cuáles medidas (Tabla 1) serían las más aptas de utilizar en cuanto a las dimensiones del diseño.

TABLA I
MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DEFINIDAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Nombre de la dimensión	Género	Percentil	Medida(mm)	Justificación
Longitud mano	F	50	171	Esta medida podría ayudar a definir el tamaño de la superficie de interacción del producto, se escoge el P50, para poder abarcar la mayor cantidad de personas y que la superficie sea cómoda.
Longitud palma mano	M	50	97	Se utiliza esta medida, ya que podría ayudar a definir el tamaño de la superficie de interacción, escogiendo el P50, ya que es el que se adapta de mejor forma a gran parte de la población analizada.
Anchura mano	F	50	92	Se escoge esta medida en caso de poseer una superficie que requiera la interacción con la mano, como se busca que esta sea cómoda para el usuario, se escoge el P50.
Anchura palma mano	M	50	76	Esta medida se podría utilizar en caso de que existiera una superficie que requiera de la interacción con la mano, se escoge el P50 a fin de que esta sea cómoda para la mayor cantidad de usuarios.
Diámetro empuñadura	M	50	45	Se escoge esta medida por si el producto necesitara algún tipo de agarre en su diseño, se escoge el P50 debido a que varía muy poco con las demás y proporcionaría una mayor comodidad.

Nota: Estas medidas fueron seleccionadas para la comodidad del usuario según las medidas de la población latinoamericana [10].

Del análisis perceptual, se obtuvo que se deben utilizar colores con poca saturación, los cuales ayuden a dar un aspecto calmante al producto y que no genere distracciones. Además, para su forma, se deben utilizar figuras geométricas que cuenten con bordes redondeados, a fin de dar una percepción más amigable y segura. En las pruebas con los prototipos, se logró validar que la forma es agradable a los usuarios por su apariencia suave y amigable, esto mediante preguntas abiertas sobre la percepción del producto, en las que se les pedía describir el *gadget*.

Las primeras pruebas perceptuales, realizadas a 17 personas en etapa universitaria y con edades de 18 a 25 años, revelan que las personas perciben el objeto principalmente como una lámpara, minimalista, simple, amigable y suave; y dentro de lo que creen que es, respondieron con más frecuencia nuevamente que una lámpara o un dispositivo tipo Alexa. Estas respuestas se resumen tal como se muestra en las figuras 3 y 4.



Fig. 3. Nube de palabras con respuestas a la pregunta: En tres palabras, ¿cómo percibe el objeto?



Fig. 4. Nube de palabras con respuestas a la pregunta: ¿Qué cree que es/qué hace?

Sobre la pregunta: “¿Cómo cree que funciona? ¿Cómo lo utilizaría?”, procedían a utilizar la parte del domo como botón o señalar los botones en la base como punto de interacción, lo que es un buen indicador, pues esos son los puntos de interacción del producto.

En la siguiente etapa, se realizaron pruebas perceptuales a otras tres personas y, al preguntarles cómo percibían el producto, dos mencionaron que amigable y suave. Luego, se les preguntó sobre cuáles funciones creen que tiene basándose en que es un asistente para personas que sufren depresión, a lo que dos respondieron que esperarían que cuente con funciones como dar consejos y una persona mencionó la posibilidad de realizar llamadas de emergencia. Estas son respuestas satisfactorias, dado que se alinean con el funcionamiento real del producto.

Al solicitarles que interactuaran con el prototipo, todos los usuarios utilizaban el domo flexible como botón y como “juego”, además, mencionaron que se sentía satisfactorio de usar. Luego, notaban que había botones en la base, por lo que también interactuaban con ellos, mencionando que los usarían para activar otras funciones del dispositivo, como encenderlo y apagarlo. También se les preguntó dónde lo colocarían, considerando todos los aspectos anteriores, a lo que los tres mencionaron que lo tendrían en un lugar cercano, como un escritorio o repisa, para poder utilizarlo frecuentemente.

Las pruebas funcionales fueron realizadas con tres personas diferentes a las encuestadas en otras pruebas. En cuanto a las funciones con sonido, todas dijeron que podría mejorar la calidad del audio del parlante, debido a que la voz no era lo suficientemente amigable. Y sobre las funciones con luz, mencionaron que les gustaría ver una mayor gama de colores para mayor personalización. No obstante, para el registro de emociones, pudieron asociar los colores de cada luz correctamente con la emoción que se plantea para cada uno.

En cuanto al objetivo de gestionar las actividades y hábitos de la persona, se integraron diferentes modos que ayudan al usuario a llevar un monitoreo y motivarle en su día a día.

Modo 1. Registro de actividades

Con este modo, el usuario puede llevar control de las actividades que desea monitorear (figura 4). Para hacerlo, debe ingresar a la aplicación y definir las actividades, además, a qué hora desea el recordatorio, de forma que Miwi pueda enviar una alarma a la hora establecida, la cual el usuario debe desactivar para luego realizar la actividad y registrarla mediante el botón de *push* en el domo, tras lo cual recibe un refuerzo positivo como una frase de felicitaciones. Esta función permite monitorear el cumplimiento y seguimiento de hábitos, de forma que el usuario pueda saber en qué momento deja de realizar ciertas tareas y esté alerta ante otros síntomas de depresión o recaída.



Fig. 5. Instrucciones de registro de actividad.

Modo 2. Registro de emociones

Permite al usuario ver sus emociones reflejadas mediante diferentes colores de luz (figura 6). Se debe ingresar a la aplicación y registrar la emoción actual, lo que activará el color predeterminado para esta en el domo y guardará la información, a fin de que más adelante se puedan generar reportes sobre los cambios anímicos de la persona y que pueda estar alerta a ellos, o bien tratarlos con una persona profesional y que el registro sea constante, lo que permite una mejor visualización del estado de la persona a lo largo del tiempo.



Fig. 6. Instrucciones de registro de emociones.

Modo 3. Terapias de luz

Esta función permite realizar terapias con luz para ayudar al usuario a relajarse cuando así lo necesite (figura 7). Se activa mediante uno de los botones colocados en la base del dispositivo y utiliza configuraciones previamente definidas por el usuario mediante la aplicación sobre la intensidad de la luz, los colores y duración que desea que tenga esta dinámica, por lo que es una terapia personalizable según el tratamiento o gusto de la persona que lo utiliza.

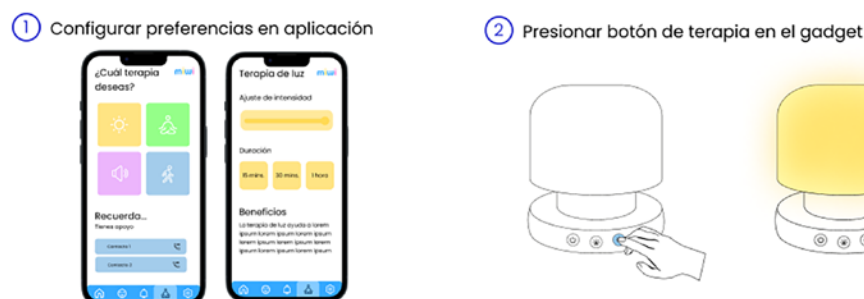


Fig. 7. Instrucciones de terapias de luz.

Modo 4. Terapia de sonido

Esta terapia se inicia mediante la aplicación, donde, además, se configuran los sonidos a utilizar, la intensidad del sonido y la duración que el usuario desee que tenga la actividad (figura 8). Es implementada por el dispositivo mediante su sistema de sonido, el cual el usuario puede personalizar según sus preferencias y se complementa con el uso de luces para crear una experiencia multisensorial.



Fig. 8. Instrucciones de terapias de sonido.

Modo 5. Terapia de respiración

Este modo se puede activar mediante la aplicación, donde también se configura la duración que puede tener (figura 9). Se trata de ejercicios de respiración guiados por la luz del dispositivo, por lo que, cuando la luz es más intensa, se le indica al usuario que inhale y, cuando baja la intensidad, se le indica que exhale, guiando cada paso de la terapia mediante audio y luz. Esta función cuenta con sonidos naturales predefinidos para ayudar al usuario, como sonidos de pájaros, agua y ambientales.

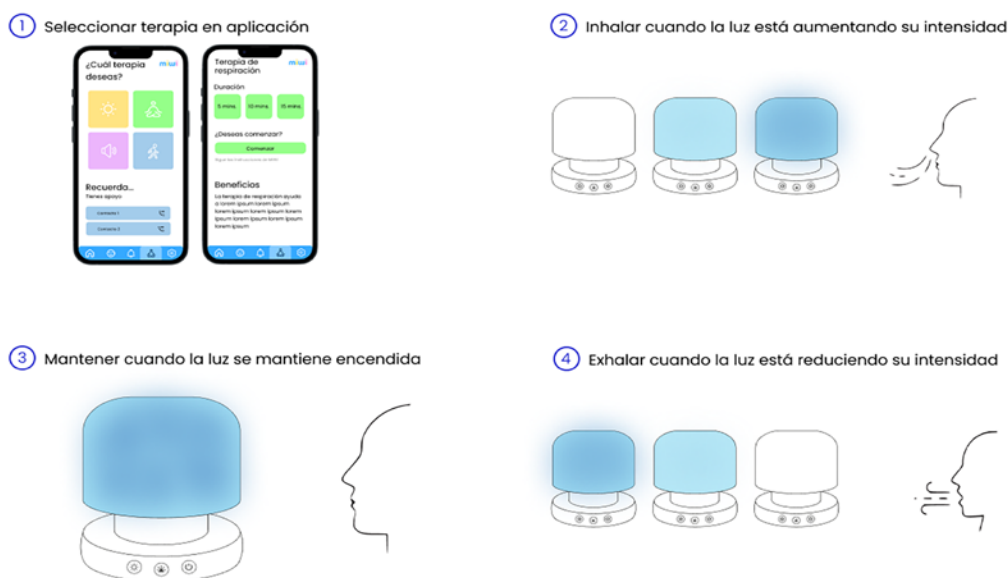


Fig. 9. Instrucciones de terapias de respiración.

Modo 6. Llamadas de emergencia

Se puede realizar una llamada de emergencia cuando el usuario así lo requiera mediante un botón colocado en la base de la lámpara (figura 10), lo cual evita que tenga que desbloquear su

teléfono y buscar el contacto que desea llamar, dado que estos pueden definirse de antemano. En las entrevistas realizadas inicialmente, la idea de una red de apoyo fácil de acceder es algo importante, por lo que esta función se incorpora en el dispositivo como tal y no en la aplicación únicamente.

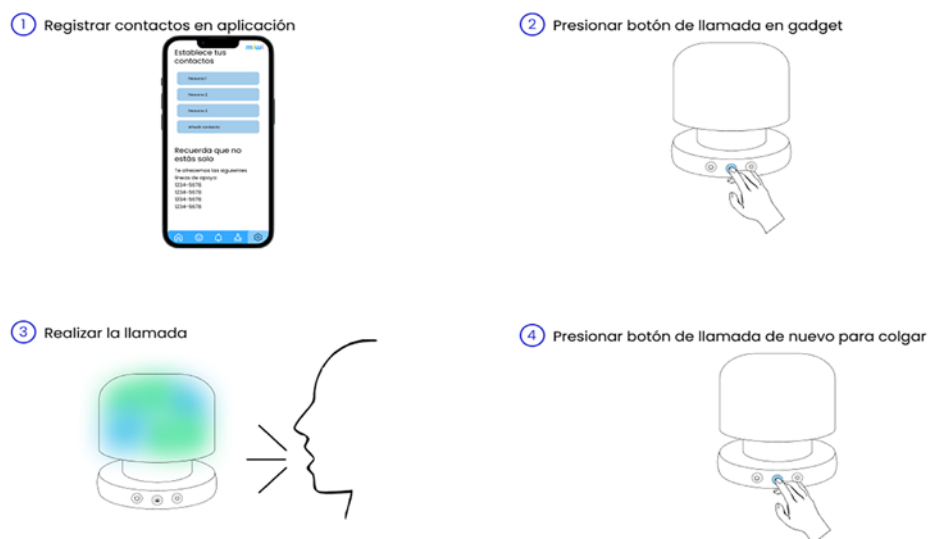


Fig. 10. Instrucciones de llamadas de emergencia.

Modo 7. Juego - antiestrés.

Este modo permite a los usuarios utilizar el domo flexible como *fidget* para desestresarse (figura 11), dado que, en las pruebas perceptuales, esto fue algo que recomendaron ampliamente los usuarios, al mencionar que disfrutaban mucho utilizar el material como un juguete, y que por eso les gustaría tenerlo cerca para desestresarse o distraerse cuando lo necesiten.

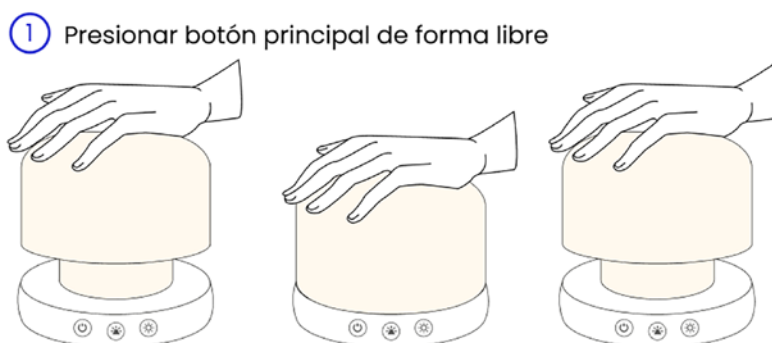


Fig. 11. Instrucciones de modo de juego antiestrés.

Discusión

El producto final incorpora una serie de funciones que, durante el análisis de referenciales, se encontraban distribuidas en diferentes productos, además de contar con características que los usuarios propusieron durante las pruebas y entrevistas realizadas para validar la solución propuesta.

Como se observa en la tabla 2, otros de los dispositivos que se utilizaron como referencia cuentan con solo una de las funciones que ofrece Miwi, ya sea solo un tipo de terapia, registro de actividades o de emociones; lo que hace valioso tener las diferentes opciones dentro de un solo producto. También cuenta con una aplicación móvil de complemento, al igual que los otros dispositivos, y es personalizable según las necesidades de cada persona.

TABLA II
COMPARACIÓN DE MIWI CON PRODUCTOS EXISTENTES

Objetos	 CalmiGo	 MoodBeam	 DayOne	 Miwi
Terapias	X			X
Registro de actividades			X	X
Registro de emociones		X		X
App móvil	X	X	X	X
Personalizable		X	X	X
Portable	X	X	X	

Nota: Se utilizaron productos de referencia para esta comparación, que fueron diseñados con el propósito de brindar acompañamiento a personas en su vida diaria.

Gracias a su perceptualidad, cuenta con características que lo hacen ver como un producto que los usuarios tendrían cerca, tanto para que les brinde recordatorios como para desestresarse mientras realizan otras tareas, lo cual es importante en un dispositivo que pretende ayudar a la gestión de las personas con depresión.

Utilizar simbología en los botones ayuda a obtener una mejor aceptación por parte de los usuarios, pues permite asociar las acciones que se realizan con el ícono sobre la superficie del botón, de forma que hace el diseño más intuitivo para las personas y permite el adecuado funcionamiento del objeto. En este aspecto, una recomendación de los usuarios es mejorar la calidad del sonido utilizado para que fuera más ameno y agregar más colores para las emociones que se pueden registrar, de forma que el uso sea más amplio en este sentido.

Los modos de terapia son un valor agregado de gran importancia en el producto, dado que cuenta con tres diferentes dinámicas que contribuyen a disminuir los síntomas tanto de depresión como de ansiedad. Respecto a las terapias de luz, su utilización contribuye a mejorar el estado de ánimo y mejorar el ciclo circadiano de la persona [11], de forma que síntomas como la tristeza y el cansancio se vean disminuidos en el usuario.

La terapia de sonido trae beneficios como mejorar el estado de ánimo, la autoestima y aumentar la motivación de las personas [12], contribuyendo a mejorar su desempeño en actividades y mantener rutinas diarias; los cuales son algunos de los principales obstáculos que los usuarios manifestaron tener cuando se encuentran en una recaída.

La respiración consciente es practicada mediante la terapia de respiración, lo que beneficia al reducir niveles de estrés, ansiedad y síntomas de depresión [13], además de contribuir en momentos de crisis para ayudar a mantener al usuario en calma mientras puede solicitar ayuda, lo cual es importante de conseguir en caso de una emergencia.

Un aspecto de mejora a tomar en cuenta es la portabilidad del producto, dado que está hecho para mantenerse en un solo lugar, puede ser intercambiable de posición con facilidad. Esta característica impide que el usuario pueda interactuar con el dispositivo si no se encuentra en el lugar donde decidió colocarlo, lo que limita las funciones a las que puede acceder, a solo aquellas que se encuentran en la aplicación móvil (como el registro de emociones); por lo que sería importante explorar opciones que permitan tener otros aspectos, como los recordatorios o las terapias, a la mano en otros momentos.

Para el desarrollo futuro del diseño, se deben hacer pruebas con usuarios sostenidas en un plazo de tiempo mayor; por ejemplo, para verificar la posibilidad de crear o modificar hábitos mediante las técnicas incorporadas en el dispositivo, por lo que una propuesta futura puede involucrar evaluar de forma más directa estos aspectos.

Conclusión

El diseño del producto cumplió con las expectativas de los usuarios de manera satisfactoria, dado que, a la hora de hacer las validaciones, las personas pudieron interactuar con el dispositivo fácilmente y mencionaron que su aspecto les era agradable. Las funciones incorporadas en el diseño son pertinentes para el cumplimiento del objetivo de gestionar hábitos y rutinas de personas con depresión, pues ayudan a tratar síntomas relacionados con la enfermedad y llevar registro de aspectos como emociones y actividades, un aspecto importante en los tratamientos.

Este dispositivo funciona como un acompañante a tratamientos profesionales como terapias o medicación, siendo su enfoque el de tratar los aspectos emocionales y ambientales de la depresión, al motivar al usuario a mantener sus actividades y registrar su estado, así como

proporcionar acompañamiento en momentos de crisis o poder contactar con personas de confianza cuando así se requiera; además de contar con la posibilidad de personalizar sus funciones según diferentes necesidades de las personas.

Referencias

- [1] Harvard Health Publishing, “What Causes depression?”, Harvard Health, <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/what-causes-depression> (Consultado 18 Ago, 2024).
- [2] Organización Panamericana de la Salud, “Depresión - OPS/OMS”, Organización Panamericana de la Salud, <https://www.paho.org/es/temas/depresion> (Consultado 18 Ago, 2024).
- [3] M. Cordero-Parra, “La otra epidemia: Costa Rica supera crecimiento mundial de casos por depresión y ansiedad”, Instituto de Investigaciones Psicológicas (IIP) Costa Rica, <https://www.iip.ucr.ac.cr/es/noticias/la-otra-epidemia-costa-rica-supera-crecimiento-mundial-de-casos-por-depresion-y-ansiedad> (Consultado 18 Ago, 2024).
- [4] A. Picardi y P. Gaetano, “Send Orders for Reprints to reprints@benthamscience.net Psychotherapy of Mood Disorders”, *Clinical Practice & Epidemiology in Mental Health*, vol. 10, pp. 140–158, 2014. Consultado: 19 Ago., 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4258697/pdf/CPEMH-10-140.pdf>
- [5] IPT Institute, “About IPT”, IPT Institute, <https://iptinstitute.com/about-ipt/> (Consultado 19 Ago, 2024)
- [6] S. Lal y C. E. Adair, “E-Mental Health: A Rapid Review of the Literature,” *Psychiatric Services*, vol. 65, no. 1, pp. 24–32, Ene. 2014. Consultado: 04 Nov, 2024 doi: <https://doi.org/10.1176/appi.ps.201300009>. [En línea]. Disponible: <https://psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ps.201300009>
- [7] H. H. Publishing, “The no-drug approach to mild depression”, Harvard Health, <https://www.health.harvard.edu/mind-and-mood/the-no-drug-approach-to-mild-depression> (consultado 19 Ago, 2024).
- [8] S. Bhandari, “Unexpected Benefits of Depression Treatment”, WebMD, <https://www.webmd.com/depression/ss/slideshow-10-benefits> (Consultado 19 Ago, 2024).
- [9] J. Tang y T. Zhang, “Causes of the male-female ratio of depression based on the psychosocial factors”, *Frontiers in Psychology*, vol. 13, Nov. 2022, Consultado: 04 Nov, 2024. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1052702>. [En línea]. Disponible: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.1052702/full>

- [10] R. Avila Chaurand, L. R. Prado y E. L. González, Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Guadalajara, México: Universidad De Guadalajara, Cuaad, 2007. [En línea] Disponible: https://www.academia.edu/42879192/Rosal%3%ADo_%3%81vila_Chaurand_Dimensiones_antropom%3%A9tricas_de_poblaci%3%B3n_latinoamericana?auto=citations&from=cover_page
- [11] P. Campbell, A. Miller, y M. Woesner, "Bright Light Therapy: Seasonal Affective Disorder and Beyond", HHS Public Access, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6746555/pdf/nihms-1049873.pdf> (Consultado 13 Nov, 2024)
- [12] L. Zoppi, "Music therapy: Types and benefits for anxiety, depression, and more,", Medical News Today, <https://www.medicalnewstoday.com/articles/music-therapy#for-depression> (Consultado 04 Nov, 2024.)
- [13] M. Komariah, K. Ibrahim, T. Pahria, L. Rahayuwati, y I. Somantri, "Effect of Mindfulness Breathing Meditation on Depression, Anxiety, and Stress: A Randomized Controlled Trial among University Students," *Healthcare*, vol. 11, no. 1, p. 26, Ene. 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/healthcare11010026>

ALIVCA



Diseño de un dispositivo inteligente para mantener el alivio sobre los síntomas del síndrome del túnel carpiano

Design of a smart device to maintain relief over the carpal tunnel syndrome symptoms

Tamara Gutiérrez-Brenes¹, Felipe A. Jiménez-Rojas², Luana P. Mora-Vargas³, Sharon A. Morales-Fernández⁴

T. Gutiérrez-Brenes, F. A. Jiménez-Rojas, L. P. Mora-Vargas, S. A. Morales-Fernández
"Diseño de un dispositivo inteligente para mantener el alivio sobre los síntomas del síndrome del túnel carpiano," *IDI+*, vol. 8, no. 1, pp. 22-35, jul., 2025.


 <https://doi.org/10.18845/ridip.v8i1.8113>

Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2024

Fecha de aprobación: 23 de junio de 2025

1. Tamara Gutiérrez-Brenes
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
tgutierrez@estudiantec.cr
 0009-0009-2145-9260

2. Felipe A. Jiménez-Rojas
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
feljimenez@estudiantec.cr
 0009-0006-6374-7111

3. Luana P. Mora-Varga
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
lmova98@estudiantec.cr
 0009-0001-6238-4869

4. Sharon A. Morales-Fernández
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
sharonmorales@estudiantec.cr
 0009-0004-4341-0760

Resumen

El síndrome de túnel carpiano (STC) es uno de los padecimientos más comunes relacionados al trabajo en los últimos años, asociado principalmente a movimientos repetitivos y esfuerzos en la muñeca. Los síntomas como el dolor, entumecimiento, hormigueo y pérdida de fuerza en la mano y muñeca provocan que a la persona se le dificulte utilizar la mano, limitando sus actividades diarias e incapacitándola de realizar su trabajo. Por lo que el síndrome era una sentencia implícita de la reducción de la calidad de vida de la persona quien lo padece y, por esto, nació ALIVCA.

A través de un proceso de investigación y diseño de cinco etapas, se conceptualizó la idea, se le dio forma, se establecieron sus funcionalidades, se comprobó su diseño y se finalizó. Al final de este proceso, se determinó lo que es ALIVCA, un dispositivo inteligente vestible para el antebrazo, compuesto por un panel de control donde se gestionan las terapias y notificaciones, y la zona denominada "H", la cual tiene la capacidad de brindar terapia de electroestimulación transcutánea en seis puntos distintos y terapia térmica por transmisión de calor.

El impacto del producto se encontró en la mejora de calidad de vida para las personas con STC, lo cual se logró al poder brindarle a esta población la capacidad de aliviar su dolor de una forma efectiva, de fácil acceso y sin necesidad de detener su actividad diaria por el impedimento que implica el dolor.

Palabras clave

Síndrome de túnel carpiano; terapia de electroestimulación transcutánea; terapia térmica; dispositivo inteligente; vestible.

Abstract

Carpal Tunnel Syndrome CTS is one of the most common work-related conditions in recent years, associated with repetitive movements and efforts on the wrist. Symptoms such as pain, numbness, tingling and loss of strength in the hand and wrist cause the person to have difficulty using their hand, limiting their daily activities and unable to perform their work. The syndrome was an implicit sentence of the reduction in quality of life of the person who suffers it, and for this very reason ALIVCA was born.

Through a research and design process in 5 stages, the idea was conceptualized, shaped, gave functionalities, tested, designed and finished. At the end of this trip, it was established what is ALIVCA, an intelligent wearable device for the forearm composed of a control panel where therapies and notifications are managed, and the zone called "H" which can provide transcutaneous electrostimulation therapy at 6 different points and heat transfer therapy.

The impact of the product was found in improving quality of life for people with CTS, this was achieved by being able to provide this population with the ability to relieve their pain in an effective way, easily accessible and without having to stop their daily activity by the impediment that symbolizes pain.

Keywords

Carpal tunnel syndrome; transcutaneous electrostimulation therapy; thermal therapy; intelligent device; wearable.

Introducción

El síndrome del túnel carpiano (STC) o la parálisis tardía del nervio mediano es una lesión compresiva de este [1]. Está definida como una neuropatía periférica debido a la afectación del nervio junto con otros tejidos de la zona. El padecimiento se da por la compresión del nervio a la altura de la muñeca en su paso por el túnel carpiano [2]. Puede ser un daño nervioso directo o por una compresión del propio túnel afectando el nervio y los nueve ligamentos relacionados con los músculos flexores del antebrazo [3]. Además, el daño se puede medir en tres niveles: leve, moderado y grave delimitados por los síntomas y limitaciones de la persona.

La sintomatología es variada y dependiente de su estadio, aparece primero en la mano dominante, pero suele ser bilateral. Los síntomas son dolor, entumecimiento y hormigueo en la mano, muñeca y los primeros tres dedos [2]. Además, los padecimientos suelen estar ligados a pérdidas de la fuerza y funcionalidad de la mano; por lo cual disminuye la calidad de vida de la persona, su independencia y su capacidad laboral. Por su parte, la frecuencia de aparición y la gravedad van a depender del tamaño del túnel; cuanto más pequeño, más rápido va a aparecer el síndrome porque los tejidos estarán más comprimidos [4].

El STC es uno de los trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo más habitual, esto a causa de los movimientos repetitivos de la muñeca o por un esfuerzo excesivo de esta [5]. Se estima que entre un 3,8% a un 4,9% de la población lo presenta sobre todo en un rango de edad de los 50 a los 59 años [2]. En el caso particular de Costa Rica, el 90% de la población con STC son mujeres [6]. Lo cual se debe a un componente anatómico, donde el túnel carpiano en las mujeres es más delgado y, como ya se mencionó, esto provoca un aumento en la frecuencia de aparición del síndrome.

A partir de lo anterior, el objetivo de la investigación es encontrar cómo mantener un alivio efectivo de los síntomas del síndrome de túnel carpiano durante el día. Las actividades repetitivas son detonantes de la aparición de la sintomatología y esta puede inhabilitar la mano o manos afectadas. Esto es importante porque los tratamientos habituales para los casos leves y moderados son conservadores con medicamentos, ejercicios y, de vez en cuando,

una sesión de fisioterapia [4]. Lo conservador no suele ser muy efectivo en un momento de crisis, el ejercicio tiene ventajas a largo plazo, los medicamentos no son recomendaciones de uso diario y la férula inmoviliza la mano. Por lo tanto, es necesaria una solución más práctica y segura para el uso diario.

Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo, se utilizó la metodología propuesta para el curso de Diseño V, de la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica. La cual se conformó de las siguientes etapas:

Etapas 1: Conceptualizando la idea.

En la primera etapa del proyecto, se realizó una conceptualización del tema a tratar en el desarrollo de este. Se hizo una exploración acerca del síndrome del túnel carpiano, qué es, cuáles son sus síntomas y cómo se suele tratar. Tras consultar datos de fuentes relevantes como la Revista de la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, se descubre que este padecimiento es uno de los más comunes en el mundo, con una presencia estimada entre el 3,8% y el 4,9% de la población mundial [1]. También, se tomó en cuenta la opinión de una fisioterapeuta profesional, quien proporcionó información adicional del síndrome y acerca de cómo se suele tratar.

Esta investigación fue de utilidad para definir la problemática y la necesidad concreta que enfrentan las personas que padecen del STC, la cual sería resuelta con el diseño del *gadget*. Adicionalmente, se entrevistó a tres personas que padecen o han padecido del síndrome, con el fin de conocer su experiencia y así escribir tres historias de usuario, lo que fue de utilidad para finalmente definir el contexto-entorno.

Para definir el segmento de mercado, se utiliza la técnica de ratios sucesivos [7], en la que se define la segmentación del proyecto, enfocándose en la población costarricense con el síndrome del túnel carpiano que involucre movimientos repetitivos a lo largo de su jornada y vida diaria. Además, se realiza una investigación etnográfica, en la que se entrevistaron posibles usuarios del *gadget* a diseñar y con los resultados se definieron los grupos de usuarios.

Mediante un análisis de lo existente, se explora cuáles productos o dispositivos ya se encuentran en el mercado que tengan alguna función terapéutica, ya sea para tratar el STC u otros padecimientos similares. Se encontró una gran variedad de productos de los cuales se sacaron ventajas y desventajas, así como ideas de lo que se podría implementar en el *gadget* a diseñar.

Se llevó a cabo un diagnóstico de diseño, en el que se resume la definición de la problemática utilizando la técnica del árbol de problemas (ver figura 1), para establecer la hipótesis de diseño del proyecto. Asimismo, mediante un diagrama de afinidad, se definieron las necesidades,

requisitos y requerimientos del producto a diseñar; posteriormente, se hizo una jerarquización de requerimientos. Para esta jerarquización, se realizó un análisis por parte del equipo de trabajo, pero, además, se aplicó una encuesta para verificar la importancia de los requerimientos.

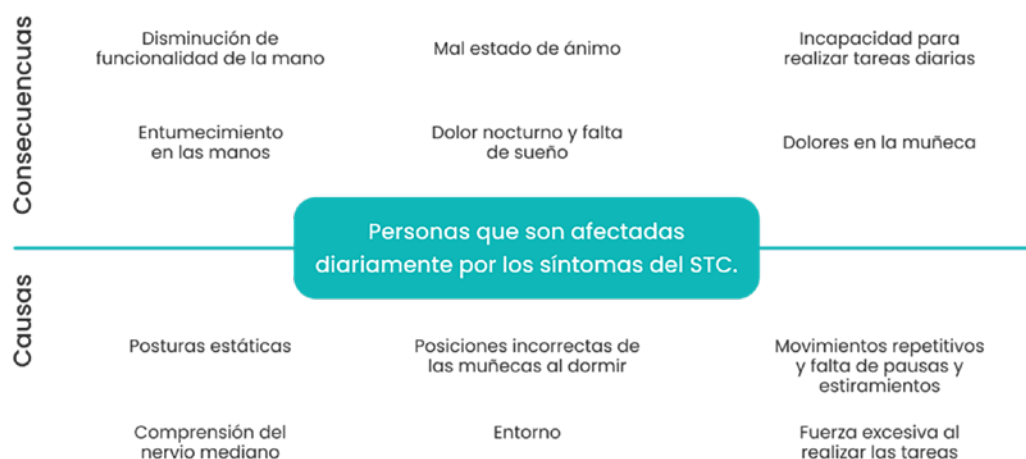


Fig. 1. Árbol de problemas elaborado para definir la situación a solucionar con el dispositivo inteligente.

Etapa 2: Definiendo la forma

En esta etapa, se comenzó a definir qué características específicas de diseño tendría el *gadget* inteligente que van a satisfacer las necesidades de los usuarios. Primero, se elabora un análisis ergonómico, en el que se examinaron las funcionalidades, como la portabilidad, uso ambidiestro, acción de las funciones del *gadget*, entre otros. Luego, como parte del análisis de la interacción física del *gadget*, se consideraron aspectos como la interacción constante en la zona del antebrazo, control digital de las funciones por medio de una pantalla y la interacción directa entre el usuario y el producto. Finalmente, se exploran las medidas antropométricas involucradas, tales como el perímetro de la muñeca y el brazo, el largo del antebrazo, la altura estilóidea y la anchura del dedo pulgar. Como referencia, se utilizan las dimensiones antropométricas de la población latinoamericana [8]. Esto fue de utilidad para definir el tamaño de las partes del dispositivo a diseñar.

Después del análisis ergonómico, se lleva a cabo un análisis perceptual, en el que se toman como referencia productos existentes para elaborar un *moodboard* y contar con un panorama general del aspecto o estética que suelen tener los productos utilizados para tratamientos fisioterapéuticos. De este *moodboard*, se definen dos pares de adjetivos opuestos: ajustable/rígido y moderno/antiguo. Estos pares de adjetivos fueron utilizados para emplear la técnica de ejes semánticos, en la que se clasificaron los productos del *moodboard* según la escala en la que formaban parte respecto a los pares de adjetivos.

Se seleccionó el cuadrante ajustable y moderno, pues se deseó que el *gadget* fuera percibido como un dispositivo flexible y personalizable que brindara comodidad y se percibiera como

moderno e innovador. En este análisis perceptual, también se tomaron decisiones respecto a características como la cromática, formas, materiales y acabados.

Se elabora un concepto de diseño y se concretan las variables, objetivos y alcances del proyecto. Para ello se realiza un infográfico con las características del *gadget* y se responde a las preguntas [9]. En este caso, el objetivo principal del *gadget* es mantener el alivio de los síntomas producidos por el STC.

Una vez se abarcaron todos estos aspectos, se procede al diseño de alternativas de propuestas de diseño. Cada integrante del equipo de trabajo se dedicó a elaborar seis propuestas distintas de *gadget* inteligente, cumpliendo con todos los parámetros acordados que debía incluir el diseño. Posteriormente, mediante una evaluación con un cuadro de requerimientos y requisitos, se calificó cada una de las propuestas con una escala del 1 al 10, según qué tan bien satisfacía cada necesidad. De ahí, la propuesta con mayor puntaje fue la seleccionada para ser la propuesta final de diseño del *gadget*. Igualmente, hubo características de otras propuestas que fueron consideradas e implementadas en la propuesta final y se hicieron las modificaciones necesarias.

Etapas 3: Definiendo la funcionalidad

En esta etapa correspondió definir la función específica del *gadget*, las funciones principales y la declaración del funcionamiento. Utilizando la técnica del árbol de funciones (ver figura 2), se organizaron y jerarquizaron las funciones de primer, segundo y tercer grado, clasificándolas también como auxiliares prácticas, inteligentes o perceptuales. Seguidamente, se realizó un análisis tecnológico, en el que se hizo un estudio de referenciales de la tecnología disponible para el funcionamiento e interacción del *gadget*. De este análisis, se procedió con una selección de los componentes electrónicos más apropiados para el dispositivo.

El siguiente paso consistió en definir los principios de funcionamiento, mediante un diagrama de flujo que describe el escenario esperado en el contexto de uso. Para el *gadget* del proyecto, se establecieron funciones como la aplicación de terapias TENS y de calor, notificaciones y adaptabilidad al usuario, por lo que se especificaron los principios físicos y de funcionamiento que harían posible la realización de esas funciones. Además, se llevó a cabo una definición del producto como un sistema, mediante un diagrama de sistemas y arquitectura del producto, donde se concretaron los diferentes subsistemas del funcionamiento del *gadget*, la relación entre ellos y el uso de componentes electrónicos para su correcto funcionamiento.

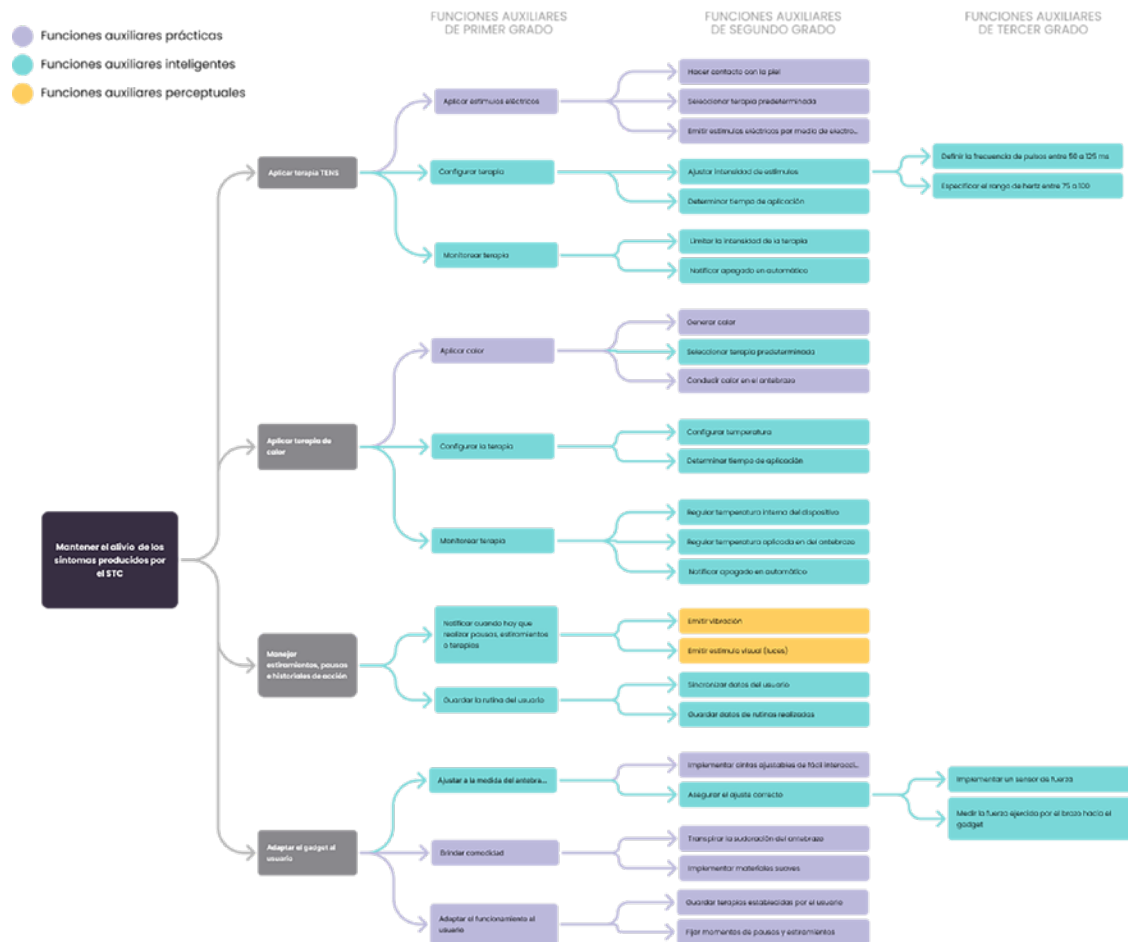


Fig. 2. Árbol de funciones realizado para la jerarquización de funciones del dispositivo.

Etapa 4: Comprobación de la solución

En la cuarta etapa del proyecto, la tarea fue realizar el prototipado, tanto el perceptual como el funcional. El prototipo perceptual corresponde a un modelo del *gadget* que representa el aspecto, tamaño e interfaz del producto, pero no realiza las funciones tecnológicas del dispositivo. Este prototipo perceptual se elaboró con el propósito de probar la interacción del producto con el usuario, cómo este lo manipula, cómo lo percibe y, en general, cómo se ve el dispositivo tangible. Adicional al modelo tangible, se hace un prototipo en Figma de la pantalla de control y de la aplicación móvil, para probar cómo es el manejar y accionar las funciones del *gadget* desde ahí y cómo lo manipulan los usuarios.

El prototipo funcional, por otro lado, es una simulación de las funciones del *gadget*. Primero, se hizo una simulación de las terapias de calor utilizando un alambre de calefacción de nicromo, junto con un sensor de temperatura para tener una regulación. Para la simulación de las terapias TENS, se optó por un componente más accesible que los electrodos: un módulo de vibración. Por medio de vibraciones intermitentes, imita a lo que serían los electrodos

aplicando estímulos eléctricos con cierta frecuencia e intensidad. También se utilizó un sensor de presión, ya que en el diseño del *gadget* se incorpora un sensor de presión que detecta cuando el dispositivo está colocado adecuadamente, haciendo contacto y presión con la piel.

Una vez hechos los prototipos, estos fueron validados por medio de pruebas de usuario. Las pruebas se realizaron con personas que tuvieran características similares a las del público meta. Asimismo, se construye el diseño del prototipo digital. Utilizando la herramienta Fusion 360, se elaboran modelados y *renders* del *gadget* para representar cómo se vería el dispositivo terminado, además de elaborar infográficos para exponer el producto.

Etapa 5: Documentación técnica

La etapa final del proyecto consistió en documentar las características generales de los resultados de este. Se elaboró un infográfico en el que se hace una descripción del *gadget* inteligente y se respondió a las preguntas: ¿qué es? ¿Para qué sirve? y ¿cómo funciona? Además, se incluyó la arquitectura final del producto, los planos técnicos, detalle de los materiales y componentes, así como la programación utilizada en el prototipo funcional.

Así mismo, se creó un manual de usuario (ver figura 3) en el que se describe el paso a paso para la utilización del *gadget*, desde su correcta colocación, el uso de la aplicación y la pantalla del panel de control, hasta el mantenimiento necesario del dispositivo. Por lo que se concluye con un infográfico que describe el paso a paso de la elaboración de los prototipos y un cuadro donde se detallan los componentes, materiales y costos.

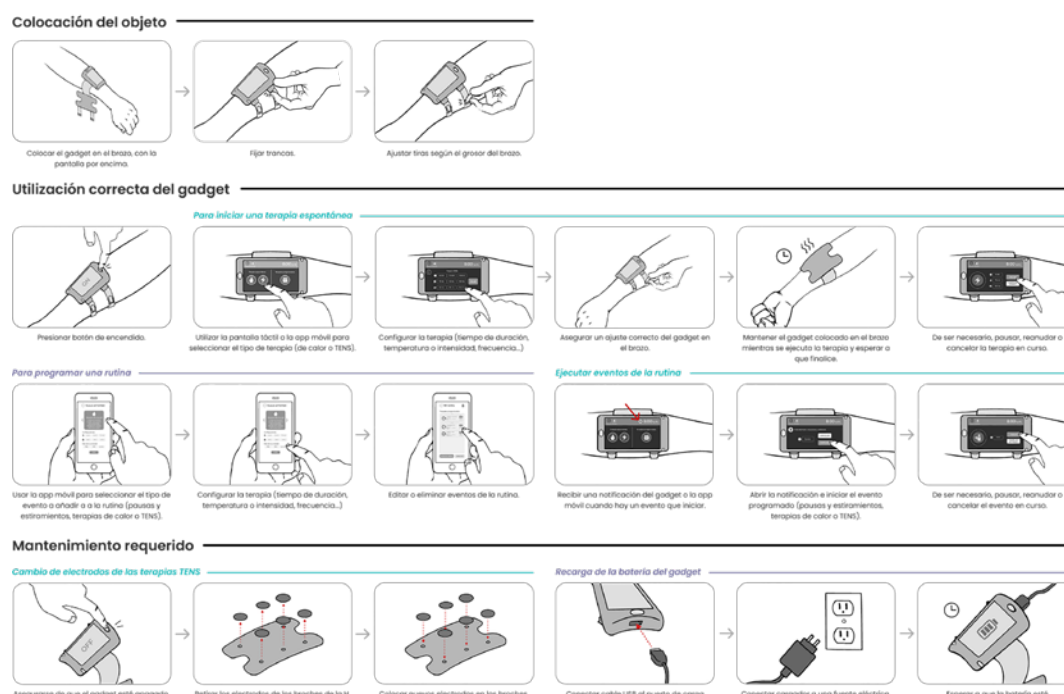


Fig. 3. Manual de usuario realizado para la correcta utilización del *gadget* inteligente.

Resultados

Tomando en cuenta el objetivo principal del *gadget* que es mantener el alivio de los síntomas producidos por el STC y según la metodología planteada anteriormente, se obtuvo como resultado un dispositivo de uso diario que puede ser utilizado tanto por usuarios con STC leve o moderado, así como usuarios con STC grave (crónico), pues este facilita la realización de las tareas diarias de la persona sin presentar molestias o síntomas por dicho síndrome (figura 4).



Fig. 4. Dispositivo inteligente ALIVCA.

Es importante mencionar que este dispositivo se utiliza para tratar los síntomas y no prevenirlos, su ubicación es en la mitad del antebrazo y no en la muñeca como comúnmente se acostumbra, para evitar que esta quede restringida o comprimida y permitir una mayor libertad de movimiento de la mano para comodidad del usuario (ver figura 5).

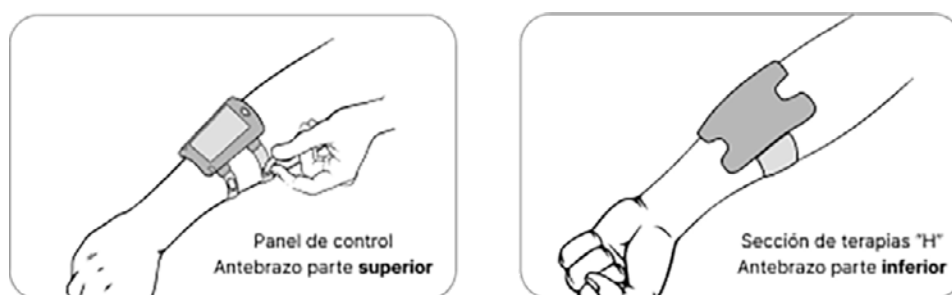


Fig. 5. Uso del dispositivo inteligente ALIVCA.

Este dispositivo llamado ALIVCA, por su enfoque en el alivio del carpo, pretende estimular la circulación sanguínea para evitar molestias en el nervio del carpo, a través de tratamiento TENS (estímulos eléctricos) con electrodos y también terapia de calor, para así mantener el alivio de los síntomas producidos, los cuales se pueden configurar según la necesidad de cada usuario. Por otra parte, también brinda alertas visuales mediante luces en el dispositivo

y avisos en la pantalla interactiva, así como alertas vibratorias, donde se le avisa al usuario que debe realizar pausas o ejercicios para mitigar el dolor muscular, estimular la circulación y reducir la inflamación que se puede presentar.

Además de estas terapias, ALIVCA también busca la adaptabilidad del dispositivo a la persona mediante un uso ajustable con cintas a los lados y uso ambidiestro para ser utilizado en el brazo derecho o izquierdo.

Este dispositivo está conectado a una aplicación móvil, donde se puede configurar el tiempo e intensidad de las terapias TENS y de calor, así como los recordatorios de pausas y ejercicios. Esta aplicación muestra los datos de cada paciente, se puede ligar al historial médico para mantener un seguimiento con el terapeuta, de ser necesario, y también brinda información esencial sobre el STC, como síntomas y causas, importancia de las pausas y ejercicios, una guía de estos, entre otros; con el fin de mantener al usuario informado y que se pueda aprovechar al máximo el uso de ALIVCA (ver figura 6).



Fig. 6. Aplicación móvil del dispositivo inteligente ALIVCA.

Con respecto al resultado perceptual del dispositivo, se implementaron colores acromáticos con algunos detalles de turquesa para resaltar puntos de interacción del dispositivo. Se buscó que el acabado fuera amigable al tacto a través de materiales transpirables y cómodos, y mediante el uso de grado de continuidad 1 en sus bordes para lograr un efecto redondeado. Su tamaño es pequeño (alrededor de 50x100mm), presenta una forma compacta que facilita su portabilidad, también su transporte y almacenamiento. Todas estas características logran que el *gadget* sea percibido como ajustable – moderno (resultados obtenidos en el análisis perceptual elaborado en la etapa 2) (ver figura 7).



Fig. 7. Dispositivo inteligente ALIVCA.

Algunos de los componentes externos de ALIVCA con los que puede interactuar el usuario corresponden a los botones pulsadores, la pantalla táctil en la cual se pueden configurar y activar las terapias, y los broches en la sección “H” de terapias del dispositivo, donde se insertan y retiran los electrodos necesarios para la terapia TENS. También están las cintas, a las cuales se puede ajustar el largo, estas se unen desde la sección “H” hasta el panel de control mediante un ajuste a presión.

Con respecto a los componentes internos que lo conforman, se tiene un módulo de vibración, sensor de temperatura, sensor de fuerza, placa madre, alambre de calefacción, oscilador, mosfet, electrodo de silicona, módulo Bluetooth, luces led, potenciómetro y batería de polímero (ver figura 8).

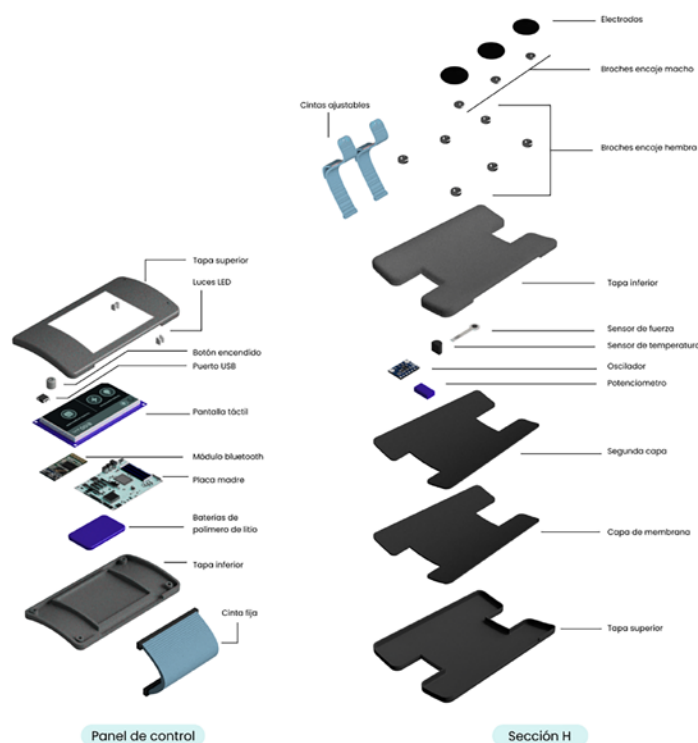


Fig. 8. Arquitectura del dispositivo inteligente ALIVCA.

Discusión

Se realizaron pruebas exhaustivas para cada prototipo desarrollado en este proyecto, permitiendo identificar áreas de mejora y optimizar el diseño final. En el caso del prototipo perceptual, se realizaron seis pruebas a usuarios con edades entre 25 y 56 años, incluyendo personas con profesiones diversas como oficinista, ama de casa, cocinera, conserje, bibliotecaria e ingeniero.

En general, los resultados obtenidos durante la fase conceptual fueron positivos. Hubo un caso particular en el que un usuario interpretó el prototipo como un bolso deportivo para guardar un celular. Este usuario no recibió ningún tipo de información previa sobre la función del *gadget*, ya que se buscaba evaluar la interpretación espontánea del diseño. Por otro lado, a los demás usuarios se les explicó la función del *gadget* antes de comenzar la prueba; sin embargo, algunos aún tuvieron dificultades para ubicarlo correctamente en la zona adecuada (el antebrazo), optando por colocarlo directamente sobre el túnel carpiano.

En relación con los componentes del *gadget*, como el botón y la pantalla, la mayoría de los usuarios los localizaron sin problemas gracias a la diferencia cromática y a los relieves que destacaban estas partes del dispositivo. Durante las pruebas, se observó una clara preferencia de los usuarios por una disposición horizontal de la pantalla táctil, que les permitía una mejor visualización del contenido y una experiencia de uso más cómoda.

En la fase técnica del prototipo perceptual, se registraron variaciones en la correcta colocación del *gadget*: cuatro usuarios lo colocaron adecuadamente, mientras que otros lo ubicaron en zonas incorrectas, como el bíceps o demasiado cerca de la muñeca.

Las pruebas realizadas con la aplicación móvil demostraron que los usuarios podían identificar fácilmente dónde activar las terapias espontáneas y programadas, diferenciando claramente entre ambas. Seleccionaban sin dificultad el tipo de terapia deseada y realizaban la configuración necesaria. Además, las instrucciones, tanto en formato de texto como visual, resultaron claras y guiaron efectivamente a los usuarios para colocar el *gadget* correctamente en el antebrazo. No se encontraron problemas al pausar, reanudar o cancelar terapias. Inicialmente, hubo cierta confusión con los íconos para cambiar la orientación de la pantalla según la mano utilizada, lo que se resolvió agregando un texto explicativo.

En cuanto al modelo funcional, el sensor de fuerza resistivo se mostró adecuado para medir la presión ejercida al colocar el *gadget* y el sistema de notificación, basado en intervalos de activación de luz y vibración, resultó eficiente para alertar al usuario.

Al comparar los dispositivos disponibles en el mercado, como los que exploran soluciones para el tratamiento del síndrome del túnel carpiano basados en electroterapia y estiramientos [10], el *gadget* ALIVCA se distingue por su enfoque integral. A diferencia de otros dispositivos que solo ofrecen estimulación eléctrica o terapia de calor, ALIVCA no solo incorpora estimulación

eléctrica, sino también terapia de calor, rutinas de estiramientos personalizables y la opción de ajustar las terapias según las preferencias del usuario. Además, ALIVCA facilita el acceso directo al terapeuta encargado del caso, permitiendo un seguimiento más cercano y adaptado a las necesidades individuales, lo que mejora tanto la efectividad del tratamiento como la experiencia del usuario.

Al considerar futuras áreas de investigación, sería relevante analizar cómo la interacción directa entre el usuario y el terapeuta, a través de plataformas digitales, puede influir en el éxito del tratamiento en comparación con enfoques tradicionales como la intervención física directa. Además, se podrían realizar estudios que evalúen el impacto y la efectividad a largo plazo del uso de *gadgets* como ALIVCA en la calidad de vida de las personas con síndrome de túnel carpiano, para determinar si estos dispositivos pueden ofrecer beneficios sostenibles a lo largo del tiempo.

Conclusiones

Como conclusión, de este proyecto resulta el diseño de un *gadget* inteligente llamado ALIVCA, el cual cumple la función principal de mantener el alivio de los síntomas producidos por el síndrome de túnel carpiano. Ofreciendo terapias personalizables, como lo son la electroestimulación TENS, terapia térmica, rutinas de estiramiento y demás que permiten a los usuarios continuar con sus actividades diarias sin molestias.

La conexión del dispositivo ALIVCA a una aplicación móvil facilita una mayor personalización para el usuario, pues permite el monitoreo, seguimiento y control de las terapias, además que funciona como recurso educativo sobre el STC.

Por el tamaño del *gadget* y su ubicación en el antebrazo, permite al usuario realizar sus actividades diarias con normalidad, ya que este no limita los movimientos de la muñeca y antebrazo. Asimismo, su ajuste, uso ambidiestro y materiales transpirables refuerzan la comodidad en su uso.

Los prototipos funcionales y perceptuales fueron exitosos en las pruebas realizadas con usuarios, lo que garantizó que el *gadget* cumpliera con los requisitos y expectativas planteados. Además, se recibió retroalimentación positiva respecto al uso y ajuste del *gadget*, lo que facilitó su diseño final.

El ajuste de intensidad, tiempos de las terapias, tiempos de pausa y estiramientos permiten el ajuste y personalización a cada paciente, para lograr mantener el alivio según los síntomas y la intensidad que cada uno presente.

Referencias

- [1] F. Garmendia García, F. W. Díaz Silva y D. Rostan Reis, “Síndrome del túnel carpiano”, *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 13, nº 5, pp. 728-741, 2014.
- [2] S. Jiménez del Barrio, E. Bueno Gracia, C. Hidalgo García, E. Estebáñez de Miguel, J. M. Tricás Moreno, S. Rodríguez Marco y L. Ceballos Laita, “Tratamiento conservador en pacientes con síndrome del túnel carpiano con intensidad leve o moderada. Revisión sistemática”, *Neurología*, vol. 33, nº 9, pp. 590-601, 2018.
- [3] A. Torres, “Túnel carpiano”, Kenhub, <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/tunel-carpiano> (Consultado: 10 Nov, 2024)
- [4] NEUROFT, “El Síndrome del Tunel Carpiano”, NEUROFT, <https://neuroft.com/el-sindrome-del-tunel-carpiano/> (Consultado: 10 Nov, 2024)
- [5] E. d. Operarme, “5 trabajos que pueden causar síndrome del túnel carpiano”, Operarme, <https://www.operarme.es/blog/5-trabajos-que-pueden-causar-sindrome-del-tunel-carpiano/> (Consultado: 11 Nov, 2024)
- [6] A. Vargas, “90% de pacientes con túnel carpal en Costa Rica son mujeres”, *La Nación*, <https://www.nacion.com/ciencia/salud/90-de-pacientes-con-tunel-carpal-en-costa-rica-son-mujeres/QK3CUP5VMNAGTP6732F7VEBSSA/story/> (Consultado: 10 Nov, 2024)
- [7] A. Rubio, “Metodo de Cálculo Del Tamaño de Mercado”, CEEI, <https://ceeivalencia.emprenemjunts.es/?op=8&n=894> (Consultado: 10 Nov, 2024)
- [8] R. Avila Chaurand, L. R. Prado-León y E. L. González Muñoz, *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana : México, Cuba, Colombia, Chile*, 2da edición, Guadalajara, Mexico: Universidad de Guadalajara, 2007. [En línea]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/31722433_Dimensiones_antropometricas_de_la_poblacion_latinoamericana_Mexico_Cuba_Colombia_Chile_R_Avila_Chaurand_LR_Prado_Leon_EL_Gonzalez_Munoz/citation/download
- [9] Safety Culture, “Guía completa del método 5W1H”, Safety Culture <https://safetyculture.com/es/temas/5w1h/> (Consultado: 13 Nov, 2024)
- [10] D. García, “Centralistas crean dispositivo para el síndrome del túnel carpiano”, *Universidad Central*, <https://www.ucentral.edu.co/noticentral/centralistas-crean-dispositivo-para-sindrome-del-tunel-carpiano#:~:text=Gustavo%20Ayala%2C%20Javier%20Salguero%20y%20Andrés%20Prías%2C%20estudiantes,en%20el%20tratamiento%20del%2020del%20túnel%20carpiano.>



Diseño de un ecosistema de dispositivos inteligentes para monitoreo remoto de la salud e integridad física de menores de un año

Design of a smart device ecosystem for remote health and safety monitoring of infants under one year of age

Gilberto Antonio Weekly Prendigan¹, Ana Leslie Mora Monestel², Judith Castillo Moreno³

G. A. Weekly Prendigan, A. L. Mora Monestel, J. Castillo Moreno "Diseño de un ecosistema de dispositivos inteligentes para monitoreo remoto de la salud e integridad física de menores de un año," *IDI+*, vol. 8, no. 1, pp. 36-52, jul., 2025.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v8i1.8114>

Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2024
Fecha de aprobación: 23 de junio de 2025

1. Gilberto Antonio Weekly Prendigan
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
llilbert1027@gmail.com
 0009-0004-9315-1971

2. Ana Leslie Mora Monestel
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
analeslie1242@gmail.com
 0009-0003-0005-5482

3. Judith Castillo Moreno
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
judycastillo597@gmail.com
 0009-0006-9049-3487

Resumen

Es muy probable que la mayoría de personas, en algún momento de su vida, han escuchado acerca de casos de padres que vivieron experiencias lamentables con sus niños recién nacidos o menores a un año, donde en algún instante en que el encargado no tenía toda su atención puesta en el niño, a este le ocurrió algún evento repentino en su salud que, en el peor de los casos, lo llevó a la muerte. Estos eventos, coloquialmente conocidos como “muerte de cuna”, se caracterizaron por el deseo de haber contado con una alarma que indicara a las familias lo que estaba ocurriendo mientras aún se podía hacer algo.

Esta problemática incentivó al desarrollo de *Im'Ok*, un ecosistema de dispositivos inteligentes, con el objetivo de convertirse en un aliado esencial para la tranquilidad de padres y encargados de menores de un año, alertándolos de manera eficiente en caso de que a sus hijos les ocurriera un evento inesperado en su salud.

El desarrollo de *Im'Ok* siguió la metodología propuesta por la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial, específicamente en el curso de Diseño V. Este abarcó desde la identificación de la problemática hasta la documentación técnica de la solución, valiéndose del análisis de carencias en referenciales en el mercado, entrevistas con padres, validaciones de prototipos, entre otras técnicas que permitieron llegar al resultado de un ecosistema de tres dispositivos y una aplicación, los cuales se complementaron para asegurar una experiencia intuitiva y garantizar la tranquilidad de los padres/encargados.

Palabras clave

Ecosistema inteligente; ALTE; alerta; monitoreo; parámetros vitales.

Abstract

Most people have likely heard of parents facing tragic experiences with their newborns or infants under a year old. In these cases, when a parent's attention was briefly elsewhere, the child suddenly experienced a health event that, in the worst cases, led to death. These events, often referred to as “crib death,” are characterized by the wish of having had an alarm system to alert parents while intervention was still possible.

This issue led to the development of “Im'Ok,” an ecosystem of smart devices designed to be an essential ally in providing peace of mind to parents and caregivers of infants under one year old by efficiently alerting them in the event of an unexpected health episode in their child.

The development of “Im'Ok” followed the methodology taught by the School of Industrial Design Engineering, specifically in the Design V course. This process involved identifying the problem, performing technical documentation of the solution, analyzing gaps in market

references, conducting interviews with parents, validating prototypes, and using other techniques. This approach culminated in a comprehensive ecosystem of three devices and an app that work together to ensure an intuitive experience and provide peace of mind for parents and caregivers.

Keywords

Smart ecosystem; ALTE; alert; monitoring; vital signs.

Introducción

Presentación del problema

Durante la etapa de los primeros 12 meses de vida de cualquier ser humano, es probable que lleguen a manifestarse diferentes complicaciones en su salud, las cuales, en ocasiones, se presentan como eventos de carácter repentino, que ponen en riesgo la salud y vida del infante. Según [1], estos eventos reciben el nombre de *Apparent Life Threatening Event* (ALTE) y se definen como aquellos que ponen en riesgo la vida de un infante. Además, se caracterizan por apneas, cambios de coloración en la piel, tono muscular alterado, asfixia o arcadas en un bebé.

Khan y Roca [2] señalan que el ALTE no es un diagnóstico o enfermedad como tal, sino una forma de presentación clínica de diversos problemas o patologías, que suelen necesitar maniobras de recuperación del encargado del niño; pero que, por el contrario, suelen producirle al observador una primera reacción alarmante, dejarlo inmovilizado por no saber cómo reaccionar o, en el peor de los casos, el encargado no se percata del evento que sufre el niño (por ejemplo, por estar durmiendo) y no logra asistirle en el tiempo requerido.

La incidencia de los eventos ALTE en los registros varía según la zona geográfica delimitada, Pina [3] indica que, por ejemplo, en países como Nueva Zelanda, estos incidentes se dan en 0.46/1 000 niños recién nacidos, pero en países como Austria es de 2.46/1 000. Sin embargo, desde un panorama más general, Heiva et al. [4] indican que la incidencia del ALTE se estima en 6 por cada 1 000 niños nacidos a los 9 meses, pero asciende a un 86 por cada 1 000 en los nacidos antes de los 9 meses o prematuros.

Lo anterior es un factor de alarma, ya que, aunque la mayoría de los eventos ALTE se etiqueten con causas idiopáticas, Díaz [5] determinó que existen algunos factores de riesgo que generan que las posibilidades de ocurrencia de uno de estos eventos aumenten, entre estos, la prematuridad del infante es el factor principal. Según indica la OMS en [6], de 6% a 14% de los nacimientos a nivel mundial en el 2020 correspondieron a prematuros.

Otro factor de riesgo corresponde a los cuadros repetitivos de apneas. En un estudio realizado en [7], se indica que, de los 109 pacientes atendidos por eventos ALTE, en edad promedio de

11 semanas, se observaron signos de apnea en el 100% de ellos, indicando así su relevancia en estos eventos. Por su parte, el Ministerio de Salud [8] indicó que, en Costa Rica, en la semana epidemiológica 20 del 2024, se contabilizaron un total de 382 casos de problemas respiratorios en menores de un año.

Dada la situación donde los eventos suelen presentarse de manera repentina y que existen algunos factores de riesgo que pueden aumentar su incidencia, los padres de familia o encargados de cuidar a los infantes quedan en una posición de completa preocupación, al no saber si estos sucesos tocarán las puertas de sus menores. Por lo que dependen de desgastantes vigilancias nocturnas, privación de sueño, excesiva atención y el desatender actividades de su vida diaria para estar pendientes de poder reaccionar a tiempo, por si alguno de estos eventos inesperados llegase a presentarse en sus hijos llevándoles hasta el punto de casos como la muerte.

¿Qué ofrece el mercado actual?

Actualmente, a pesar de que el mercado ofrece diferentes opciones para monitorear diversos aspectos que tienen que ver con la integridad de los infantes menores de un año, las alternativas suelen caer en la categoría de imprecisas, difíciles de comprender para el usuario, complejas en su funcionamiento o que solo se pueden usar en un solo lugar. Por ejemplo, existen monitores que se adhieren al pañal o alguna prenda del niño y monitorean que esté respirando a través del movimiento del tórax. Sin embargo, según lo indica Stanford Medicine Children's Health [9], esta forma de detectar las apneas no es la más efectiva, ya que, durante episodios de apneas obstructivas, puede parecer que el niño está intentando respirar (su tórax se mueve hacia arriba y hacia abajo), pero no existe un intercambio de aire dentro de los pulmones, y si el patrón no se interrumpe, los pulmones y el corazón pueden sufrir un daño permanente.

También existen dispositivos que utilizan sensores de movimiento para instalarse debajo de la cuna del niño, pero que se pueden utilizar exclusivamente mientras el niño está durmiendo en su cama, por lo que no permite más posibilidades. Esto último puede significar un sentido de limitación a los padres *millennials* que, según [10], tienen como característica ser muy abiertos y apegados al uso de tecnología con sus hijos, así como al anhelo de vigilarles constantemente en su afán de cumplir un esquema de padres “perfectos”.

Sumado a lo anterior, no se encuentran fácilmente dispositivos o sistemas de estos que, además de brindar precisión, funcionen como un ecosistema que permita a los padres o encargados la libertad de monitorear a sus hijos sin verse limitados a cercanía (ya que muchos dispositivos funcionan por Bluetooth). Así mismo, permitan llevar un control médico de lo monitoreado (historial) y que sean fáciles de transportar, portar y entender por el usuario.

Relevancia del caso

A partir de lo anterior, el diseño de un ecosistema de dispositivos inteligentes para monitoreo remoto de la salud e integridad de menores de un año se convierte en una herramienta esencial para la tranquilidad de los padres. Las familias de bebés prematuros y primerizos (por la inexperiencia y el temor de cometer un error) entre 0 y 1 año experimentan la necesidad de sentirse más seguras y preparadas ante el riesgo de que sus hijos sufran un evento de aparente amenaza a la vida, sin que ellos se den cuenta durante las horas de sueño. Debido a que esto les genera estrés y ansiedad, al existir la posibilidad de no percatarse a tiempo y poder accionar ante el peligro inminente de muerte que esto representa.

La satisfacción de esta necesidad en la vida de los padres claramente desemboca en que estos puedan tener mayor tranquilidad y libertad, así como estar en mejores condiciones para atender otros quehaceres mientras sus niños duermen; ya que, como se menciona en [11], la carencia de sueño por intranquilidad debido a la llegada de un bebé provoca una sensación de somnolencia y fatiga que acaba afectando a las actividades de la vida diaria.

Abordar este tema no solo ofrece un sentido de relevancia para los padres o encargados, sino que, como se menciona también en [4], ofrece al personal médico una mejor base para atender estas emergencias en sus salas; ya que una de las mayores dificultades para los pediatras que atienden episodios ALTE es que el primer diagnóstico se basa en la observación realizada por una persona asustada y sin entrenamiento médico que puede llegar a distorsionar la narración de los hechos ocurridos por la adrenalina del momento.

Metodología

Para el desarrollo, se utilizó el método propuesto por la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial del Tecnológico de Costa Rica [12] para el curso de Diseño V. Este constó de cinco etapas o fases que permitieron contar con un enfoque integral desde la identificación del problema hasta concretar una solución. Las etapas se presentan, a continuación:

Etapas 1: Conceptualizando la idea

Durante esta etapa, se exploraron diferentes problemáticas y áreas en las cuales era necesario satisfacer una necesidad; luego de identificar los problemas existentes en el campo neonatal e infantil como posible área de enfoque, se realizó un análisis de documentación a través de la exploración de artículos e investigaciones científicas. Como resultado de esta exploración, el enfoque de diseño se centró en la probabilidad de que los neonatos sufran, sin que sus padres se den cuenta, de un evento de aparente amenaza a la vida (ALTE).

Se ahondó en conocer las características o necesidades de los padres y cuidadores de niños menores de un año, para identificar mejor sus preocupaciones y necesidades, por lo que se

aplicaron entrevistas a usuarios que encajaban en este perfil. Posterior a conocer mejor a los usuarios, se realizó un análisis de referenciales, a fin de conocer qué es aquello que el mercado ofrece actualmente para tratar de satisfacer esta necesidad, analizando la forma de funcionamiento de cada opción, la manera en que interactúan con los infantes y los padres, así como sus ventajas y desventajas.

Con toda esta información, el equipo procedió a hacer un planteamiento del problema por atacar, se crearon hipótesis de soluciones y se elaboró una lista de requerimientos con los que el producto debiese cumplir.

Etapla 2: Definiendo la forma

Dadas las desventajas encontradas en algunos referenciales estudiados en la fase anterior, por ejemplo, la dificultad para que los productos no se limitaran a un lugar de uso, se definió que el dispositivo a realizar tendría la característica de ser *wearable* o portable; ya que, como se mencionó en [13], estos tienen la particularidad de permitir o ser la primera línea del registro y la monitorización continua y longitudinal de los parámetros de la salud fuera de las salas de consulta.

Posterior a ello, se estudiaron diferentes medidas antropométricas a través de un análisis ergonómico, siendo que, al tratarse de neonatos, estos se encuentran en constante crecimiento y las medidas de las partes de su cuerpo varían, por lo que no solo fue importante considerar percentiles para trabajar, sino que fue indispensable tener en cuenta la capacidad de adaptación del objeto al crecimiento del menor. Como menciona la OMS en [14], existen formas para monitorear la tasa rápida y cambiante de crecimiento en la primera infancia y pueden usarse para evaluar a los niños en todas partes, así como plantear generalidades. Para hacer esto, se utilizaron las tablas antropométricas venezolanas y españolas por su similitud con infantes costarricenses y también se tomaron en cuenta medidas estandarizadas para infantes según la OMS.

Así mismo, se realizó un análisis perceptual para entender cuál debía ser el lenguaje visual de un dispositivo que encajara en la categoría planteada; para esto se creó un *moodboard*, con el objetivo de entender las generalidades en cuanto a patrones y formas. Se utilizó también la herramienta de ejes semánticos a fin de descomponer y definir el lenguaje visual deseado. Además, se creó un cuadro comparativo de referenciales para obtener conclusiones específicas en cuanto a la forma, uso del color y apariencia general de los objetos.

Finalmente, con la información recolectada, se definió el concepto de diseño, con el objetivo de dar una visión más clara y concreta de la solución a desarrollar. Se puso especial atención en alinear el concepto con el objetivo general y los específicos del proyecto, procurando, como sugiere la guía presentada en [15], que estos orientaran claramente hacia la meta y sirvieran como base para estructurar los pasos necesarios para alcanzarla. Con esto último,

como fuente se elaboraron diseños preliminares de soluciones a la necesidad planteada, los cuales fueron evaluados mediante objetivos ponderados, ya que, como se explica en [16], estos permiten considerar la diferencia en importancia entre criterios, al asignar un porcentaje a cada requerimiento de diseño según su importancia, y con ello establecido, se brindó una calificación de cómo cumplía cada producto dicho requerimiento en una escala de 1 a 5. De esta manera, multiplicando la calificación dada por el valor asignado al criterio, se obtiene un dato numérico para filtrar el mejor resultado.

De allí nació la solución del diseño de no solo un dispositivo, sino un ecosistema de dispositivos inteligentes para monitoreo remoto de la salud e integridad de menores de un año. Estos fueron una pulsera que monitoree el pulso y saturación de oxígeno del bebé, una pulsera que permite al padre recibir notificaciones por medio de luces y patrones de vibración, así como una cámara que se coloque cerca del bebé y permita visualizar su integridad física a la distancia.

Etapas 3: Definiendo la funcionalidad

Se inició con la declaración de funcionamiento del producto, además, se estableció la función específica y las complementarias. Siendo la función principal prevenir la ocurrencia inadvertida de un posible evento de amenaza a la vida (ALTE). A partir de allí, se utilizó el árbol de funciones para descifrar los niveles de generalidad y detalle de la solución planteada.

Después del árbol de funciones, se realizó un análisis tecnológico planteando los diferentes componentes electrónicos a utilizar y haciendo énfasis especial en el análisis de los patrones de vibración y alertas visuales para el dispositivo portado por el padre, así como un estudio de los posibles materiales por usar, considerando, como indica [17], materiales que, al tratarse con infantes, tuvieran las características de alta versatilidad, durabilidad y, sobre todo, seguridad, siendo suaves con la delicada piel y boca del bebé, por ejemplo, el TPE. Posterior a ello, se establecieron los principios de funcionamiento y se creó un flujograma del funcionamiento del producto, para posteriormente establecer los componentes que ayudarían a que cada principio se pudiese ejecutar. Esto a través de un diagrama de sistemas y subsistemas, definiendo el producto como un sistema y vinculando las necesidades con los componentes físicos correspondientes.

Por último, se llevaron a cabo los primeros prototipos físicos (perceptuales) con materiales de muy bajo costo, esto para tener una primera aproximación llevando la solución definida bidimensionalmente a una tridimensional y tangible, a fin de verificar la interacción primaria con los usuarios, de esta manera, se obtiene su retroalimentación para mejorar el diseño. También se creó el primer prototipo funcional para simular de manera palpable el funcionamiento de los dispositivos.

Etapla 4: Prototipando y validando

Se aplicaron los cambios obtenidos de la primera retroalimentación y se crearon prototipos con materiales más cercanos a los finales, entre estos, PLA utilizado para la impresión 3D de piezas y tiras de materiales elásticos para simular las correas del dispositivo del niño, así como velcro para la correa del dispositivo del padre. Se establecieron tareas específicas para realizar una validación con usuarios potenciales y se realizaron pruebas de acuerdo con esas tareas con los nuevos prototipos perceptuales. Además, se utilizó el método de observación, el cual permite recopilar datos de forma sistemática observando y documentando comportamientos y, como estos ocurren en un entorno real [18], asignando a cada tarea que ejecutaban los usuarios una escala de logro desde “muy mal” hasta “excelente”. Luego, crearon gráficos para obtener una conclusión cualitativa.

En cuanto al prototipo funcional, también se establecieron retos enfocados en las alarmas y alertas que emite el dispositivo del padre cuando ocurre alguna anomalía en el niño, con el fin de validar que los medios utilizados (luces y vibración) fuesen lo suficientemente intuitivos.

Etapla 5: Documentación técnica

Durante esta fase, se realizaron las últimas correcciones a los modelos tanto perceptuales como físicos y se procedió a concretar el diseño final de cada uno. Se establecieron los componentes electrónicos normalizados necesarios para la realización del ecosistema planteado y se elaboraron los planos técnicos con las dimensiones específicas para fabricación. Además, se planteó la arquitectura final en relación con los sistemas y subsistemas. Finalmente, se realizó una guía de prototipado y un manual de usuario para uso del ecosistema inteligente.

Resultados

Utilizando como fuente toda la información recolectada a través de las diferentes etapas de la metodología y orientando la solución al concepto de diseño “Vigilancia para la tranquilidad parental”, se desarrolló *Im’Ok*; un ecosistema inteligente para alertar a los padres o cuidadores de cualquier anomalía en los parámetros vitales del bebé, mediante componentes que envíen alarmas o notificaciones a los dispositivos de conectividad del encargado. El ecosistema cumplió con las funciones inteligentes de monitorear parámetros vitales, interpretar datos en tiempo real y enviar de manera inmediata una alerta.

Im’Ok se formó por tres dispositivos: una pulsera para el infante, una cámara para colocar cerca de donde está el niño y una pulsera para el padre/encargado del infante. Todos los dispositivos fueron diseñados con bobinas de inducción magnética para ser recargados de manera inalámbrica con cualquier cargador que permita esta función.

Pulsera del infante

Esta pulsera satisfizo la función de monitorear los parámetros vitales del infante, de manera específica, su pulso y la saturación de oxígeno en sangre. Se incorporó una pequeña pantalla donde se pueden ver los valores monitoreados y por sí misma, a través de su microprocesador inteligente con un algoritmo específico, se le dio la capacidad de analizar los datos monitoreados por los sensores internos y detectar alguna anomalía en los mismos. Se incorporó también un módulo wifi que permite la conectividad con una aplicación que se puede instalar en el celular del padre o encargado y le envía los valores monitoreados en pulso y en saturación de oxígeno en sangre.

Su algoritmo fue diseñado para enviar una notificación al padre cuando detecte valores fuera del umbral normal por un tiempo de 15 segundos o más. Según la Academia Americana de Pediatras [19], estos valores de pulso deberían ser entre 100 ppm a 205 ppm en recién nacidos y 100 ppm a 180 ppm en bebés menores a un año. La saturación de oxígeno debe ser mayor a 90% en menores de un año como indica [20]. El dispositivo no se diseñó con botones para evitar que el infante a medida que crece llegue a distorsionar su uso al tocarlo, se enciende automáticamente al alejarse de la base de carga. Y su componente central se pensó para poder removerse de la correa/pulsera y facilitar la carga de este.

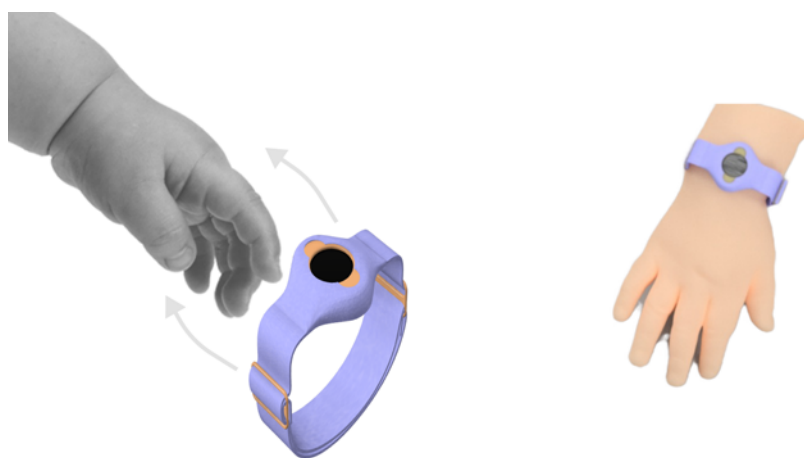


Fig. 1. Dispositivo colocado en el infante.

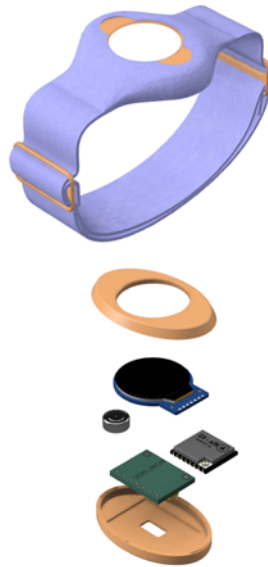


Fig. 2. Explosión con los componentes internos de la pulsera del bebé.

Cámara

La cámara satisfizo la necesidad de los padres de saber qué estaban haciendo sus hijos, sin tener que ir hasta el cuarto o lugar donde estos se encuentran o duermen. Se incorporó una conexión inalámbrica a través de wifi para conectarse a la aplicación y su morfología le permite colocarse en superficies planas, así como variar el ángulo de rotación para apuntar hacia el lugar que el encargado desee.



Fig. 3. Vinculación de la cámara con el dispositivo móvil.



Fig. 4. Explosión de las partes internas de la cámara.

Pulsera del padre/encargado

La pulsera para la madre y el padre se diseñó con el objetivo de alertarlos cuando el bebé esté sufriendo algún tipo de anomalía; esta recibe las notificaciones de manera inalámbrica (wifi) que le envía la aplicación luego de recibir una señal por parte de la pulsera del bebé sobre algún tipo de anomalía, la misma manifiesta las notificaciones en alertas visuales (luces) y sensitivas (vibración). El dispositivo en posesión de los padres emite una vibración pausada con una luz intermitente amarilla en el lado interno de la carcasa contenedora, cuando se requiere la atención de la madre y el padre a manera de aviso; pero, cuando ocurre una emergencia, se emite una vibración continua con una luz roja intermitente. Además, se incorporó un botón lateral que funciona para encender el dispositivo y apagar las alarmas recibidas. El dispositivo central que contiene los componentes electrónicos se puede remover de la pulsera, para facilitar la carga inalámbrica del mismo.

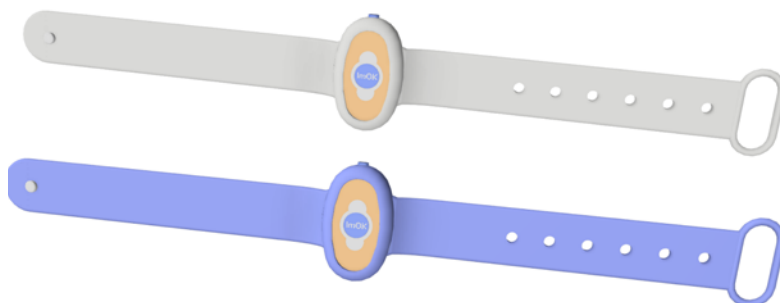


Fig. 5. Pulsera para padres o encargados en dos colores distintos.

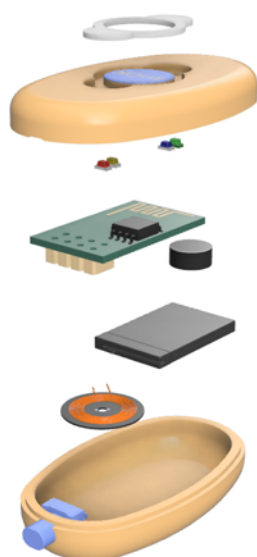


Fig. 6. Explosión de la carcasa del sistema de alerta en la pulsera del padre.



Fig. 7. Carcasa del sistema de alerta removible.

Aplicación móvil

La aplicación se creó para ser el puente de interconexión entre todo el ecosistema de dispositivos inteligentes descritos anteriormente; se puede descargar en los teléfonos móviles y permite enlazar los otros tres dispositivos, la visualización de lo que capta la cámara, así como ver los datos monitoreados en la pulsera del padre. Además, se incorporó el acceso a una base de datos que funciona a manera de historial, donde el encargado puede ver el comportamiento histórico de los patrones de vida detectados en el infante y así identificar comportamientos anormales.



Fig. 8. Interfaz de la aplicación móvil diseñada.

Discusión

El resultado del ecosistema de dispositivos inteligentes Im'Ok crea un conjunto de productos que garantizan a los padres la tranquilidad de saber que serán alertados a tiempo, si sus hijos experimentan un evento ALTE, a través de la precisión de las formas utilizadas para monitorear, ser intuitivo en su uso sin la complejidad de muchos botones o muchos pasos para lograr el funcionamiento y cubrir áreas que otros dispositivos actuales del mercado no cubren.

Seguidamente, se muestra una comparación de las características de funcionamiento de Im'Ok con algunos otros productos del mercado encontrados durante el análisis de referenciales hecho en el proyecto.

TABLA I

CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES DISPOSITIVOS DE MONITOREO EN EL MERCADO CON RESPECTO A IM'OK

Características	Dispositivos de monitoreo			
	Im'OK	Levana Oma Sense	Nanit Baby Monitor	Owlet Smart Sock
Dispositivo de vigilancia potable	X	X		X
Medición de pulso y saturación de oxígeno	X	X		X
Permite monitorear visualmente al infante	X		X	X
Permite un dispositivo de alerta en caso de no contar con el celular.	X			
Aplicación móvil disponible	X		X	X
Diseño de pulsera para el infante y padre/madre	X			

Nota: Se comparan el cumplimiento de las características clave de Im'OK en otros dispositivos de monitoreo para bebés.

La tabla anterior permite observar cómo, en comparación con otros productos en el mercado, Im'Ok se enfoca no solo en ofrecerle al encargado el monitoreo de signos vitales, sino que se diferencia por su capacidad de dar tranquilidad al usuario a través del uso de otros medios, en caso de no tener el teléfono celular cerca para escuchar o percibir una notificación.

A través del análisis con otros referenciales, también se identifica que hay dispositivos que generan un reto al usuario para poder utilizarlos a pesar de ofrecer muchas funcionalidades. En el caso de Im'Ok, a pesar de tratarse de tres dispositivos funcionando juntos, los aspectos de cada uno no dejan de ser intuitivos (comprobado a través de las validaciones realizadas con usuarios), por lo que el padre puede configurarlos y coordinarlos sin complicaciones.

Dado que en otros productos los usuarios solo pueden monitorear los signos actuales, Im'Ok agrega un historial de datos monitoreados, que se guardan en un almacenamiento en la nube, lo que permite acceso constante del encargado a estos registros. También, en cuanto a aspectos de percepción y seguridad, se ha desarrollado en la pulsera del bebé un cierre/correa que permite al padre ajustarla, pero que no permite al niño quitársela fácilmente. Esto dado que otras pulseras que cumplen una misma función tienen cierres estándar que los niños, por su etapa de desarrollo, podrían quitarse fácilmente. Y todos los elementos están diseñados para que no se perciban invasivos, como se ven otros productos del mercado que dan la sensación de ser algún dispositivo de rehabilitación en el niño.

Im'Ok también tiene la oportunidad de seguir mejorando y ofreciendo mayor tranquilidad a los padres al expandir las áreas de monitoreo, no solo delimitándose a la saturación de oxígeno y pulso, sino también temperatura del niño, temperatura en el ambiente y sensor de posición del niño. Estas áreas pueden explorarse gracias a que su morfología portable y no invasiva permite esa escalabilidad. Por otra parte, también se puede mejorar el ecosistema para permitir la vigilancia de varios niños al mismo tiempo, dada su posibilidad de uso en guarderías y centros de cuidado de menores.

Además, se identifican necesidades futuras de investigación que podrían fortalecer aún más el desarrollo de este tipo de soluciones. Entre ellas, se encuentra la necesidad de estudiar cómo la integración de inteligencia artificial podría anticipar eventos de riesgo antes de que ocurran, analizando patrones en los datos recolectados. Además, sería relevante investigar el impacto emocional y psicológico del uso prolongado de dispositivos de monitoreo en padres y cuidadores, para asegurar que la solución contribuya realmente a la tranquilidad sin generar dependencia o ansiedad. También se recomienda explorar nuevas formas de interacción y visualización de datos recolectados para hacerlos aún más accesibles y comprensibles para diversos perfiles de usuario.

Conclusiones

El trabajo investigativo realizado y el desarrollo del ecosistema de dispositivos inteligentes *Im'Ok* proporcionó un mejor entendimiento no solo en cuanto a una comprensión de las necesidades de los padres o encargados de niños menores de un año, sino también en cómo se pueden integrar tecnologías para el mejor cuidado de los infantes que son vulnerables a eventos ALTE.

Los padres *millennials*, al estar tan familiarizados con el uso de la tecnología, buscan opciones que les permitan un cuidado de sus infantes de una manera integral y poco invasiva, de modo que la morfología de los objetos permita a los involucrados seguir el orden cotidiano de su vida ocupada, sin verse interrumpidos por una vigilancia exhaustiva a sus hijos realizada por ellos mismos.

El ecosistema *Im'Ok* se logra diferenciar de otras opciones en el mercado gracias a la integración de un dispositivo que no hace que el padre de familia o encargado sea dependiente de su celular para recibir una notificación. Además, se ha minimizado el uso de cables de muchos dispositivos a través de la carga inalámbrica y se ha creado un cierre para la pulsera del niño que prueba ser efectivo con respecto a las etapas de crecimiento de este.

Así mismo, se ha comprobado que el uso de las alertas visuales (luces) y sensitivas (vibración) emitidas por el dispositivo logran de una manera intuitiva (sin uso de íconos digitales o texto) comunicar y diferenciar los mensajes de un aviso que requiere atención y de una emergencia.

Como referencia ilustrativa al ecosistema *Im'OK*, se adjunta el siguiente enlace al video de creación propia: https://youtu.be/5O9-Odyil5E?si=F_HghbydK0kkxNu4

Referencias

- [1] P. Brockmann, X. González, P. Bertrand, I. Sánchez, y N. Holmgren, "Perfil clínico de lactantes hospitalizados por un episodio de ALTE (Apparent Life Threatening Event)", *Rev. Chil. Pediatr.*, vol. 77, no. 3, pp. 267–273, jun., 2006. Consultado: 13 nov. 2024. doi:10.4067/S0370-41062006000300006. [En línea]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062006000300006>.
- [2] A. Kahn y M. Rocca, "¿Qué es un evento de aparente amenaza a la vida (ALTE)?", *Pregunte Expertos*, vol. 99, n.º 1, p. 77-79, 2001. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: https://www.sap.org.ar/docs/publicaciones/archivosarg/2001/01_77_79.pdf
- [3] A. Pina, E. Toro, E. Cázares, J. Ramírez, M. Cázares, R. Cervantes, F. Zárate, E. Montijo, J. Cadena, y M. López, "Eventos que aparentan amenazar la vida (ALTE): abordaje diagnóstico", *Acta Pediatr. Mex.*, vol. 35, no. 5, pp. 338–350, may., 2014. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.scielo.org.mx/pdf/apm/v35n4/v35n4a10.pdf>

- [4] D. Hevia, L. Perea, E. Povea, R. Broche, L. Ortega y C. Perea, “Caracterización actualizada del síndrome de ALTE”, *Rev. Chil. Pediatr.*, vol. 85, n.º 4, pp. 517–522, 2013. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <http://scielo.sld.cu/pdf/ped/v85n4/ped11413.pdf>
- [5] M. Díaz, “Episodio aparentemente letal y muerte súbita”, *PEDIATR. INTEGRAL*, vol. 1, n.º 1, pp. 37–45, 2019. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2019-01/episodio-aparentemente-letal-y-muerte-subita/>
- [6] Organización Mundial de la Salud (OMS), “Nacimiento prematuros”, OMS, <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/preterm-birth> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [7] D. Zenteno, G. Quiroz, M. Celis y J. Tapia, “Causas atribuidas a eventos de aparente amenaza a la vida del lactante”, *Rev. Chil. Pediatr.*, vol. 79, n.º 2, pp. 163–171, 2008. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.scielo.cl/pdf/rcp/v79n2/art06.pdf>
- [8] “Autoridades de Salud hace un llamado a la población por aumento de consultas respiratorias en pediatría”, Ministerio de Salud de Costa Rica, <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/61-noticias-2024/1870-autoridades-de-salud-hace-un-llamado-a-la-poblacion-por-aumento-de-consultas-respiratorias-en-pediatria> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [9] “Obstructive Sleep Apnea”, Stanford Medicine Children's Health, <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=obstructive-sleep-apnea-90-P05133> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [10] “LOS MILLENIALS Y LA PTERNIDAD”, Ignis Media Agency, <https://www.anunciantes.org.ar/archivos/informes/Ignis-MillennialsPaternidad.pdf> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [11] M. Sánchez García, “Somnolencia y fatiga materna en los primeros años de crianza y ejecución en la conducción evaluada en simulador”, Dialnet, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=157057> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [12] L. Araya, “Lección 4: Proceso Proyectual de la Escuela de Diseño Industrial”, 18 mar. 2019. [Presentación PDF]. Disponible: <https://prezi.com/qhmsotuzmmda/leccion-4-proceso-proyectual-de-la-escuela-de-diseno-industrial/> [Consultado el 13 noviembre, 2024]
- [13] F. Alòs y A. Puig, “Uso de wearables y aplicaciones móviles (mHealth) para cambiar los estilos de vida desde la práctica clínica en atención primaria: una revisión narrativa”, *Aten. Prim. Práct.*, vol. 3, supl. 1, p. 100122, dic., 2021. Consultado: 13 nov. 2024. doi:10.1016/j.appr.2021.100122. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100122>.
- [14] “WHO child growth standards: growth velocity based on weight, length and head circumference: methods and development”. World Health Organization (WHO), <https://www.who.int/publications/i/item/9789241547635>. (Consultado el 13 noviembre, 2024).

- [15] M. Alonso, “Objetivos generales y específicos: Qué son y cómo redactarlos [Plantilla gratis]”, Asana, <https://asana.com/es/resources/general-and-specific-objectives>. (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [16] L. Araya, “Lección 14: Datum y Objetivos ponderados”, 20 jul. 2016. [Presentación PDF]. Disponible: <https://prezi.com/h8bhuyujrou2/leccion-14-datum-y-objetivos-ponderados/> [Consultado el 13 noviembre, 2024]
- [17] “China, buen precio, TPE se utiliza para fabricar productos para bebés, fabricantes, proveedores, fábrica”, Chinadawngroup, <https://es.chinadawngroup.com/tpe/tpe-is-used-to-manufacture-baby-products.html> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [18] “Métodos de observación: Características y tipos”, QuestionPro, <https://www.questionpro.com/blog/es/metodos-de-observacion/> (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [19] O. Kilinc, “Latidos cardíacos rápidos, lentos e irregulares (arritmia)”. HealthyChildren, <https://www.healthychildren.org/Spanish/health-issues/conditions/heart/Paginas/Irregular-Heartbeat-Arrhythmia.aspx>. (Consultado el 13 noviembre, 2024).
- [20] Y. Castro y F. González-Andrade, “Medición de la saturación de oxígeno durante la recepción neonatal, con el fin de establecer parámetros estándar de saturación en el Hospital Gineco Obstétrico Luz Elena Arismendi (2018: Quito)”, *Rev. Ecuat. Pediatr.*, vol. 20, no. 1, pp. 16–20, ene. 2019. Consultado: 13 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/08/1010310/revista-pediatria-vfinal-18-22.pdf#:~:text=La%20saturaci%C3%B3n%20de%20ox%C3%ADgeno%20en,el%2030%20%%20durante%20el%20parto>.



Diseño de un dispositivo de asistencia personalizada en hábitos alimenticios, médicos y deportivos de personas diagnosticadas con diabetes tipo 2

Design of a personalized assistance device for dietary, medical, and fitness habits in type 2 Diabetes

Nathaly Calvo Godínez¹, Valeria Esquivel-Jiménez², María Alexandra Rodríguez Salas³

N. Calvo Godínez, V. Esquivel-Jiménez, M. A. Rodríguez Salas "Diseño de un dispositivo de asistencia personalizada en hábitos alimenticios, médicos y deportivos de personas diagnosticadas con diabetes tipo 2," *IDI+*, vol. 8, no. 1, pp. 53-71, jul., 2025.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v8i1.8115>

Fecha de recepción: 13 de noviembre de 2024
Fecha de aprobación: 19 de mayo de 2025

1. Nathaly Calvo Godínez
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
nacalvo@estudiantec.cr
 00009-0001-0781-3907

2. Valeria Esquivel-Jiménez
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
valeria.esquivel@estudiantec.cr
 0000-0002-3729-7317

3. María Alexandra Rodríguez Salas
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
alexandarodriguez@estudiantec.cr
 0009-0009-9247-8442

Resumen

La diabetes *mellitus* tipo 2 es una enfermedad crónica que afecta a, aproximadamente, 515 860 adultos costarricenses entre los 18 y 20 años. Este padecimiento se puede desarrollar debido a diversos factores de riesgo, siendo los principales una alimentación desbalanceada y falta de actividad física. Con esta problemática en cuenta, se implementaron las cinco etapas de la metodología de la Escuela de Diseño Industrial: explorar, comprender, crear, experimentar y concretar. Además, se aplicaron dos pruebas de usuarios, donde debían realizar diferentes tareas para probar la interacción con el *gadget*. El resultado de la investigación fue Alba, un dispositivo inteligente destinado a usuarios diabéticos, con el objetivo de generar hábitos que conduzcan a un mejor estilo de vida y así reducir el impacto de la diabetes en su rutina diaria. Esto se logró a través de la implementación de cuatro funciones inteligentes: alarmas para el consumo de tratamientos médicos; recordatorios de citas médicas próximas; recomendaciones de recetas adaptadas a la dieta diabética y sustitutos a la dieta tradicional costarricense, así como alarmas para realizar actividad física. Las pruebas realizadas arrojaron resultados mayormente positivos, siendo el único inconveniente la posición del botón de encendido/apagado en el costado del asistente. Alba logró cumplir con diversos retos al afrontar la condición de diabetes, como la integración de acompañamiento y seguimiento alimenticio, medicinal y de salud en un solo dispositivo, dándole a los usuarios una atención personalizada y más completa que otras alternativas en el mercado.

Palabras clave

Diabetes; acompañamiento; hábitos saludables; dispositivo inteligente.

Abstract

Type 2 diabetes mellitus is a chronic disease affecting approximately 515,860 Costa Rican adults between the ages of 18 and 64. This condition can develop due to various risk factors, with the primary ones being an unbalanced diet and lack of physical activity. Taking this issue into account, the five stages of the methodology from the School of Industrial Design were applied: Explore, Understand, Create, Experiment, and Concretize. As part of the process, two user tests were conducted in which participants performed specific tasks to evaluate their interaction with the gadget. The result of this research was Alba, a smart device designed for diabetic users to promote healthy habits, improve their lifestyle, and reduce the impact of diabetes on their daily routines. This was achieved through the implementation of four main functions: medication consumption alarms, reminders for medical appointments, recommendations for diabetic-friendly recipes and substitutes for traditional Costa Rican cuisine, and alarms for physical activity. The tests showed mostly positive results, with the only drawback being the location of the on/off button on the side of the device. Alba successfully integrates dietary,

medical, and physical tracking into a single device, providing users with more comprehensive and personalized support compared to other market alternatives.

Keywords

Diabetes; support; healthy habits; smart devices.

Introducción

La diabetes *mellitus* es una enfermedad crónica que se caracteriza por presentar niveles elevados de azúcar en la sangre, debido a problemas en la producción o uso de la insulina; esta última conocida como la hormona que regula la glucosa [1]. Existen varios tipos de diabetes como la diabetes *mellitus* tipo 1 (DM1), diabetes *mellitus* tipo 2 (DM2) y la diabetes *mellitus* gestacional (DMG). Sin embargo, la DM2 es la más común y la de mayor relevancia en términos de salud pública [2] [3], dado que, en Costa Rica, dicho padecimiento afecta a una parte significativa de la población.

El usuario que padece de DM2 representa el foco principal de intervención en este proyecto, dado que, en 2023, su prevalencia se estimó en un 14,8%, lo que equivale a aproximadamente 515 860 adultos diabéticos entre los 18 y 64 años [4] [2]. La diabetes representa un problema serio, vinculado principalmente a estilos de vida poco saludables. En particular, la DM2 se asocia con hábitos que muchas personas adoptan sin ser plenamente conscientes.

A pesar de que la DM1 es conocida como la más crónica, la DM2 es la que más afecta a la población costarricense, conformando un total del 90% de los casos diagnosticados de DM [5]; ya que esta no depende únicamente del historial médico, sino que, según mencionan diversos autores [3] [2] [5], se puede asociar directamente con factores como el estilo de vida y hábitos que practica un sujeto, donde una alimentación desbalanceada e inactividad física son los principales desencadenantes.

Los pacientes que padecen de DM2 representan un campo de exploración y oportunidades para mejoramiento de la salud costarricense; ya que se estima que cerca del 31,2% de los adultos no han sido diagnosticados con diabetes o desconocen su condición. Esto significa que hay alrededor de 354 912 adultos diagnosticados y aproximadamente 160 948 que aún no lo están [6]. Aunado a esto, estudios como el realizado por Chen-Ku y Chen-Sandi evidencian la necesidad urgente que tiene la Caja Costarricense del Seguro Social de desarrollar terapias complementarias a los tratamientos médicos tradicionales para el control de la diabetes, los cuales están limitados por la cantidad de medicamentos disponibles, un sistema de espera ineficiente y un acceso insuficiente a servicios de apoyo como asesoramiento nutricional y de ejercicio [2].

La DM2 afecta la salud de quienes la padecen y su capacidad para mantener un estilo de vida saludable. Por lo que es importante desarrollar soluciones tecnológicas que faciliten la integración de hábitos saludables de forma efectiva en las rutinas diarias. Dado que prevalece el riesgo de desarrollar padecimientos y consecuencias graves, como la amputación de extremidades, ceguera (retinopatía diabética), riesgo de infarto al miocardio, mayor riesgo de accidentes cerebrovasculares e insuficiencia renal [1] [5], afectando así la vida cotidiana de los usuarios e inclusive la muerte.

Tomando en cuenta factores como los hábitos alimenticios, el control médico y la actividad física, se observa que, aunque en el mercado actual existen aplicaciones móviles y dispositivos inteligentes con características avanzadas que mejoran la experiencia del usuario [7], como relojes inteligentes, básculas inteligentes, herramientas de medición culinaria y aplicaciones de seguimiento, estos productos suelen estar diseñados para propósitos más generales y no ofrecen una integración completa para la gestión específica de la diabetes. Los relojes inteligentes ofrecen seguimiento de actividad física y, en algunos casos, permiten configurar recordatorios para medicamentos, pero no cuentan con funciones específicas para la nutrición, como el control de medición de porciones a ingerir ni recomendaciones enfocadas en las necesidades de una persona con DM2; de hecho, según la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA), pueden producir mediciones de azúcar en la sangre que son inexactas [8].

Por otro lado, las básculas inteligentes sí permiten llevar un registro detallado del consumo alimenticio al pesar los alimentos; sin embargo, no se encuentran vinculadas a la gestión médica ni deportiva. A lo anterior se le suman las herramientas de medición culinaria como tazas y platos dispuestos para medir porciones alimenticias, no obstante, estos son elaborados para usarlos con alimentos específicos, lo que limita su utilidad. Por último, existen aplicaciones de monitoreo y control de la diabetes, que permiten a los usuarios registrar sus niveles de glucosa, registrar alimentos y establecer recordatorios, pero requieren que los datos se ingresen manualmente.

Por lo tanto, este proyecto propone la creación de un sistema integral que incluye un dispositivo de asistencia personalizada y una aplicación móvil, la cual ofrece herramientas que promueven los buenos hábitos alimenticios, médicos y deportivos; con el fin de colaborar significativamente en la gestión de la diabetes y reducir el riesgo de complicaciones graves, ayudando a los pacientes a llevar una vida equilibrada y saludable.

Metodología

Para el desarrollo de este dispositivo inteligente, se siguieron cinco etapas, como se muestra en la Fig.1, de la metodología empleada por la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial del Instituto Tecnológico de Costa Rica [9].



Fig. 1. Etapas del método empleado por la Escuela de Ingeniería de Diseño Industrial.

1. Explorar

A partir de la búsqueda bibliográfica realizada durante esta primera etapa, se logró identificar la problemática y los usuarios para los cuales se diseñó el dispositivo inteligente, por lo que se aplicaron técnicas como cuestionarios, entrevistas y árbol de problemas. Este último ayudó a desarrollar ideas creativas para identificar las posibles causas del conflicto [10], de modo que se identificaron oportunidades y se entendieron las necesidades de la problemática asociada al usuario.

Para definir los tipos de usuarios, se basó la investigación en datos estadísticos tomados de bases como la Federación Internacional de la Diabetes (IDF) [6] y el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) [4]. En primer lugar, se determinó que la diabetes tipo 2 tiende a afectar a los adultos a partir de los 30 años [5] [6], donde aquellos en el rango de 40 a 70 años abarcan el mayor porcentaje de diagnosticados, con aproximadamente un 63,4% del total de adultos con diabetes [6]. Por lo tanto, se definió el rango de edad del usuario como personas diagnosticadas con DM2 entre las edades de 20 y 70 años, además, se definieron sus distintas historias de usuarios como se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2. Historias de usuarios definidos.

Se tomó en cuenta que dichos usuarios carecían de información sobre cómo mantener un estilo de vida balanceado o adaptado a su condición diabética, por lo que estos mismos realizaban búsquedas de datos para preparación de comidas prácticas, actividades físicas poco demandantes y control médico; pero esto no ocurre en todos los casos, lo que lleva al riesgo de complicaciones graves, lo cual se puede visualizar de forma resumida en la Fig.3.

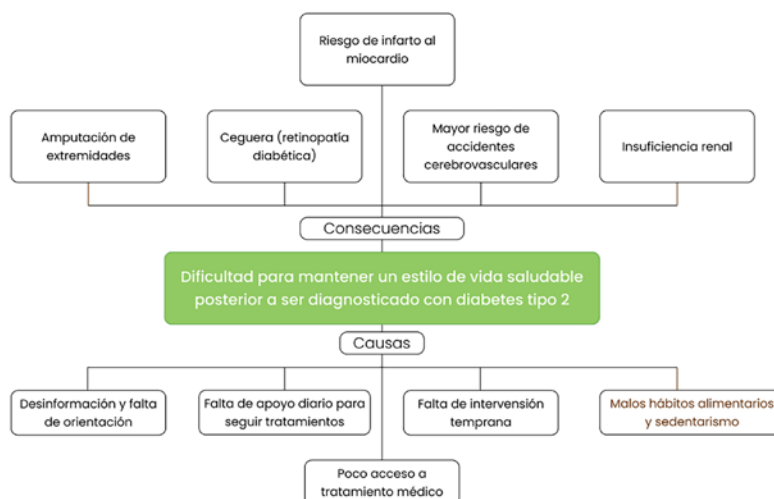


Fig. 3. Árbol de problemas.

2. Comprender

En esta segunda etapa, se realizó un análisis de lo existente a partir de una tabla comparativa y se logró determinar la existencia de productos enfocados en las áreas médicas, alimenticias y deportivas. Al analizar de forma individual cada categoría, los productos de alimentación cuentan con funciones específicas de medición de forma analógica o digital y recomendación de recetas. Los productos médicos comúnmente cuentan con estadísticas de seguimiento y análisis de glucosa mediante métodos invasivos; y los productos de ejercicio se centran en el seguimiento de rutinas, además, cumplen distintas funciones físicas para la práctica de actividades deportivas.

Sumado a lo anterior, se aplicaron encuestas a un total de 10 personas que presentaban un diagnóstico diabético, donde se aplicó la escala de Likert [11] en cuatro preguntas de selección única para determinar el nivel de importancia de las necesidades que surgen a partir de las áreas destacadas en los productos ya existentes.

3. Crear

En esta tercera etapa, a partir de las entrevistas aplicadas a los usuarios, se determinó que el objeto inteligente a desarrollar debía contar con los siguientes requerimientos según el nivel de importancia y características formales:

TABLA I
CUADRO DE REQUERIMIENTOS

Nivel de importancia	Requerimiento
Muy importante	<ul style="list-style-type: none"> - Debía facilitar el seguimiento de una dieta balanceada y el acceso a apoyo nutricional, de modo que se mantuviera un control sobre los niveles de glucosa en la sangre a partir de los alimentos consumidos. - Tenía que informar sobre los cuidados que se debían tener para mejorar el estilo de vida de las personas usuarias, es decir, que brindaría información al usuario sobre factores de mejora en aspectos de consumo de medicamentos y alimentos, así como realización de actividad física.
Neutral	<ul style="list-style-type: none"> - Debía organizar necesidades médicas dentro de su rutina, principalmente citas pendientes y medicamentos ingeridos o por ingerir.
Poco importante	<ul style="list-style-type: none"> - Requería de la creación de rutinas de ejercicio, que se adaptaran a las necesidades y características de las personas usuarias, según edad y condición de tipo de diabetes.
Tipo	Características del producto
Entorno	<ul style="list-style-type: none"> - Se desarrolló para adecuarse en espacios del hogar, donde se busca el mejoramiento de la vida cotidiana y nutrición de personas diabéticas o propensas a este padecimiento.
Forma	<ul style="list-style-type: none"> - El producto poseía elementos con redondeo y uso de figuras geométricas, además, no debía abarcar un espacio a lo largo que supere los 30 cm, considerando las básculas que se encontraron en el mercado.
Ejes semánticos	<ul style="list-style-type: none"> - Cumplía con ser moderno, simple y versátil, es decir, que tomó en cuenta que este no sobresaliera en diversos sectores del hogar como la cocina o sala de estar.

Nota: La tabla muestra las características y requerimientos necesarios para desarrollar el producto.

A partir de lo anterior, se desarrolló una lluvia de ideas, con bocetos, donde, además, se tomó en cuenta que se debía desarrollar un dispositivo inteligente que funcionara en conjunto con una aplicación móvil, para lo cual se aplicaron objetivos ponderados, a fin de determinar la alternativa más adecuada para la solución del problema.

4. Experimentar

En esta etapa, se hicieron dos pruebas de usuario, donde se analizó la interacción usuario-objeto a partir de la observación de tareas propuestas y se contó con herramientas como el modelo perceptual, modelo funcional y la interfaz de la aplicación móvil; con lo que se verificó su funcionamiento en conjunto, con un total de nueve usuarios en ambas pruebas, quienes cumplieron con el rango de edades entre los 20 y 70 años. Además, se verificó que la interacción de los modelos fuera lo suficientemente intuitiva.

El usuario desarrolló las siguientes tareas para la primera prueba de usuario:

Tareas para modelo perceptual

1. Conectó el modelo haciendo uso del cable de alimentación.
2. Encendió el modelo con el botón de apagado/ encendido.
3. Apagó una alarma de medicamento con el botón de confirmación.
4. Navegó en los pasos de la receta con los botones de flechas.

5. Indicó cuál sería la zona para pesar productos alimenticios.

Tareas para aplicación

1. Navegó por el menú de tres opciones (recetas, medicamentos y ejercicio).
2. Ubicó la sección donde se pueden registrar alarmas de medicamentos.
3. Ingresó datos de las alarmas necesarias.
4. Selecció la receta deseada.
5. Envío la receta al dispositivo inteligente donde siguió su paso a paso.

Luego de la primera prueba, se aplicaron las modificaciones respectivas, como lo fueron el cambio de ubicación de los botones de encendido/apagado, separación del modelo perceptual en dos partes y el cambio de morfología de estas últimas. Cabe mencionar que, para esta segunda etapa, la aplicación móvil sufrió cambios técnicos mínimos, por lo que no fue necesaria su comprobación. Por lo tanto, el usuario desarrolló las siguientes tareas para la segunda prueba de usuario:

Tareas para modelo perceptual

1. Ensambló las partes del modelo (acompañante y báscula).
2. Encendió la báscula, usando el botón de encendido.
3. Indicó cuál sería la zona para pesar productos alimenticios.
4. Sostuvo el acompañante.
5. Ubicó los botones de confirmación y encendido/apagado del acompañante.

Tareas para modelo funcional

1. Confirmó una alarma de medicamento.
2. Inició una receta y siguió sus pasos.
3. Confirmó una alarma para hacer ejercicio.
4. Introdujo un valor en el temporizador.

Con lo anterior se aplicaron los cambios necesarios y mínimos al modelo perceptual, según los resultados, como lo fue el cambio de ubicación de botón de encendido/apagado de la báscula y, con respecto al modelo funcional, se modificó el color de los botones utilizados, además, se añadieron funciones de confirmación para todas las funcionalidades.

5. Concretar

Se desarrolló un prototipo funcional, el cual cumplió con el propósito de abarcar las áreas alimenticias, médicas y deportivas. Además, se especificaron los planos técnicos del

dispositivo, con sus respectivas uniones y tipos de ensamblajes estandarizados. Por otra parte, para el prototipo de aplicación móvil, se aplicó una interfaz amigable y conveniente para el usuario, que permitió conectarse con facilidad y mantuvo el control sobre el dispositivo. Y, por último, para el prototipo digital, se hizo uso de un microcontrolador ESP32, lo que disminuyó la necesidad de integrar módulos extra, ya que incorporaba wifi y Bluetooth, además, se consideró adecuado por su mayor capacidad.

Otros componentes utilizados fueron Display LED, con el que se visualizó la información del dispositivo y una celda de carga con la que se calcularon porciones alimenticias. El módulo amplificador permitió enviar datos generados por celda de carga, una tira led con la cual se verificó el peso correcto de las porciones, Buzzer con el que se generaron sonidos de alarmas y, por último, pulsadores de acción momentáneos con los que se confirma y navega dentro del dispositivo.

Resultados

Las herramientas aplicadas durante la etapa de comprensión de los usuarios demostraron que sí existe una inconsistencia en el cumplimiento de sus hábitos saludables. Como resultado, se identificaron tres principales hábitos que suelen ser problemáticos para los adultos diabéticos; los cuales, además, son cruciales para poder alcanzar un estilo de vida saludable [3] [2] [5]. Estos se pueden apreciar en los resultados de la escala de Likert en la Fig. 4:

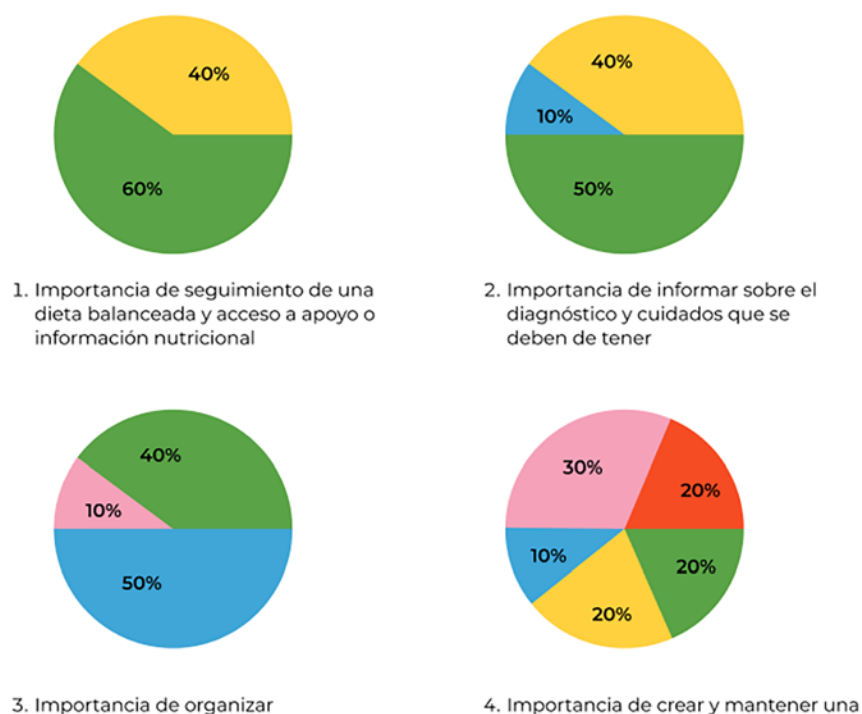


Fig. 4. Importancia de necesidades.

El hábito más importante para los usuarios diabéticos fue el seguimiento de una dieta balanceada, el cual está asociado a las recomendaciones que brinda el sistema de salud pública respecto a los cuidados de la diabetes [2]; las cuales suelen seguir un patrón altamente restrictivo y frustrante para los usuarios.

Así mismo, se denotó de gran valor al poder organizar su diagnóstico o necesidades médicas en una rutina diaria, de manera integral, por lo que es un aspecto que se tomó en cuenta en el diseño. El último hábito, relacionado a la actividad física, no fue considerado tan importante, lo cual evidenció la necesidad de cubrir esta área de la salud para iniciar a fomentar este nuevo hábito saludable en los usuarios.

Como resultado de la investigación, Alba fue diseñada para asistir a las personas diabéticas o prediabéticas en el manejo de su condición médica. Inspirada en el concepto de “equilibrio diario para el bienestar”, el propósito de Alba fue ayudar a los usuarios a generar hábitos saludables que complementaran sus tratamientos y que condujeran a un estilo de vida más saludable, minimizando el impacto de la diabetes en sus actividades cotidianas. Un resumen del funcionamiento de Alba se muestra en la Fig. 5:

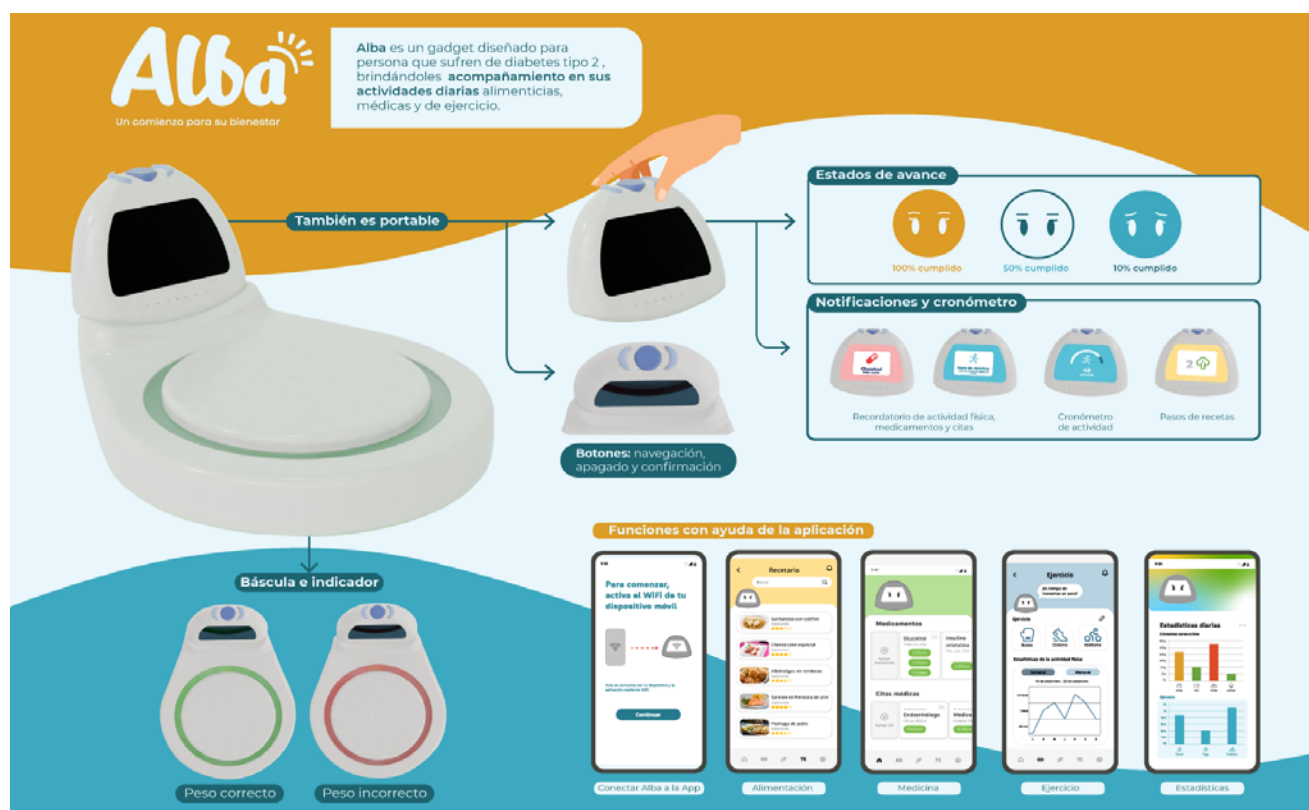


Fig. 5. Lámina explicativa del gadget Alba: Acompañamiento diario

Alba cubrió las tres ramas de hábitos saludables de la siguiente manera:

- *Actividad física:* permitió la programación de actividades predefinidas para realizar en periodos establecidos.
- *Alimentación:* otorgó una selección de recetas que cumplieran con las restricciones de nutrición comunes y ofreció sustitutos a los alimentos costarricenses convencionales.
- *Tratamiento y citas médicas:* ofreció un seguimiento del tratamiento médico con alarmas y medicamentos personalizados, así como las citas de control.

Arquitectura del producto:

Alba se conformó de tres partes:

- *El asistente:* un pequeño dispositivo portátil donde sucedió la mayor parte de las interacciones usuario-objeto, mediante tres botones/pulsadores de acción momentánea (navegación izquierda, navegación derecha y confirmación) y una pantalla LED que muestra la información. Este dispositivo contó con un parlante de imán de neodimio, que emitía un sonido de alarma, un microcontrolador ESP32 que controlaba todo el dispositivo y una batería recargable. Además, el asistente se convirtió en una parte desprendible, al descubrir que algunas de sus funciones realmente no dependían de su uso conectado a la báscula, sino que sería de mucho más valor que el usuario fuera capaz de trasladarlo consigo, como para hacer ejercicio o recibir los recordatorios de medicación.
- *La báscula:* contó con una superficie plana diseñada para colocar platos y otros contenedores de comida, lo que permitió pesar su contenido con precisión al hacer uso de una celda de carga de hasta 5 kg. Este componente fue pensado para usarse en conjunto con las recetas recomendadas por la aplicación, lo que proporcionó al usuario un sistema de retroalimentación lumínica, mediante una tira LED, que indicaba cuando se había alcanzado el peso correcto. Además, la báscula actuó como una estación de carga para el asistente, donde ambos se conectan entre sí haciendo uso de una unión imantada.
- *La aplicación:* es parte crucial del diseño; ya que actuó como una base de datos y control sobre Alba. La aplicación permitió introducir todos los datos necesarios para programar la ingesta de medicamentos, control de citas, rutina de actividad física y la selección de recetas para enviar al asistente. Por otra parte, mostró las estadísticas diarias o semanales del cumplimiento de las metas ingresadas en alguno de los apartados mencionados, para así poder mostrarle al usuario un avance sobre sus hábitos. Algunas de sus pantallas se observan en la Fig. 6:



Fig. 6. Partes de la aplicación móvil Alba

Un mayor detalle de los componentes y piezas de cada una de sus partes se muestra en la Fig. 7.

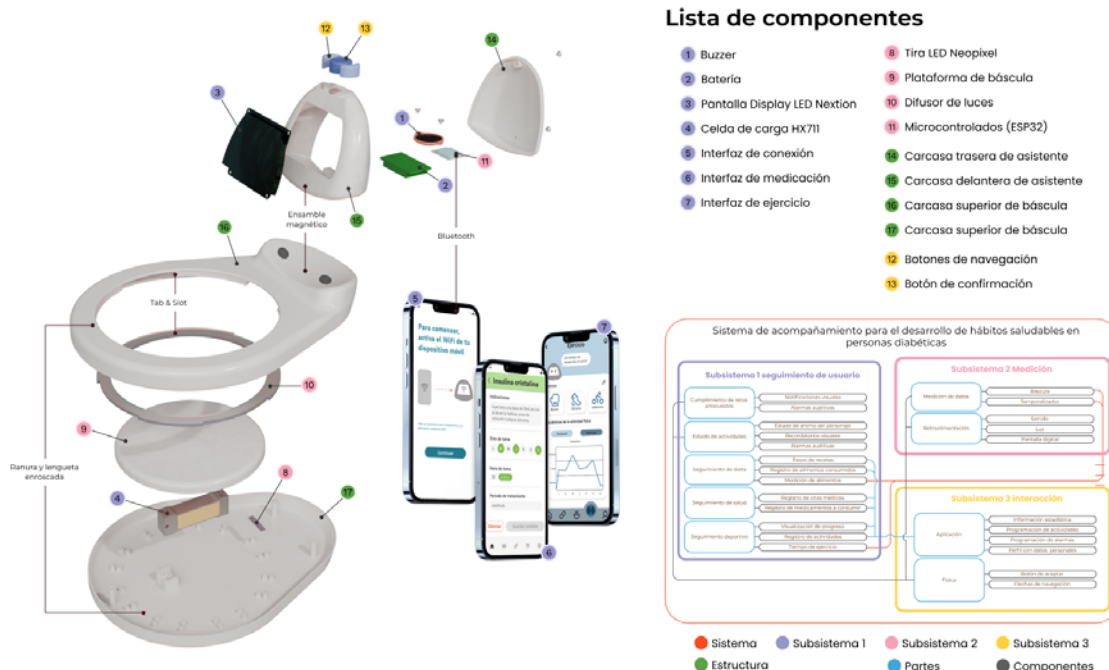


Fig. 7. Arquitectura, sistemas y componentes del producto

Lenguaje visual:

El *gadget* utilizó una simbología de navegación en sus pulsadores, lo que facilitó el reconocimiento táctil de cada uno de ellos. Referenciando la tesis de Guetaff, basada en la retroalimentación táctil [12], se ha demostrado que las interacciones empleando texturas son fáciles de identificar para los usuarios y ayudan en la navegación de interfaces físicas, inclusive al realizar más de una tarea al mismo tiempo. Es así como la simbología aplicada actuó como textura sobre sus botones y se le brindó la opción al usuario de navegar las pantallas de Alba sin tener que revisar constantemente qué se estaba presionando.

Por otra parte, las pruebas de usabilidad revelaron que los usuarios asociaban el botón central con un botón que funcionaba tanto para el encendido del dispositivo como para interacción, por lo que se decidió aprovechar este resultado y darle una multifuncionalidad esencial a este. A continuación, se detalla un acercamiento a los tres botones del asistente en la Fig. 8:

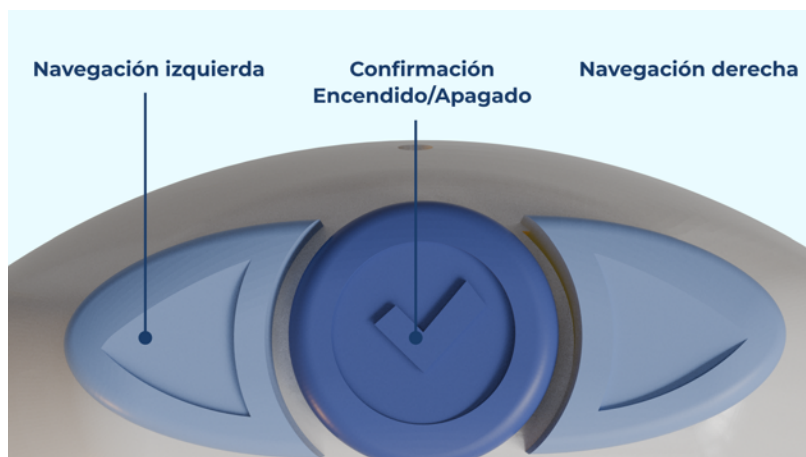


Fig. 8. Simbología de la interfaz de pulsadores

El uso del color fue esencial en la interfaz digital de Alba. El rojo simbolizó ingesta de medicamentos, azul significó actividades físicas y una pequeña notificación de acento verde correspondió a una cita médica. Sus diferencias se aprecian en la Fig. 9.



Fig. 9. Pantallas mostrando diversos avisos.

El sistema de retroalimentación lumínica de la báscula se aprecia en la Fig.10 y este utilizó los colores verde, amarillo y rojo para indicar cuando el peso colocado sobre la superficie era el indicado en la receta.

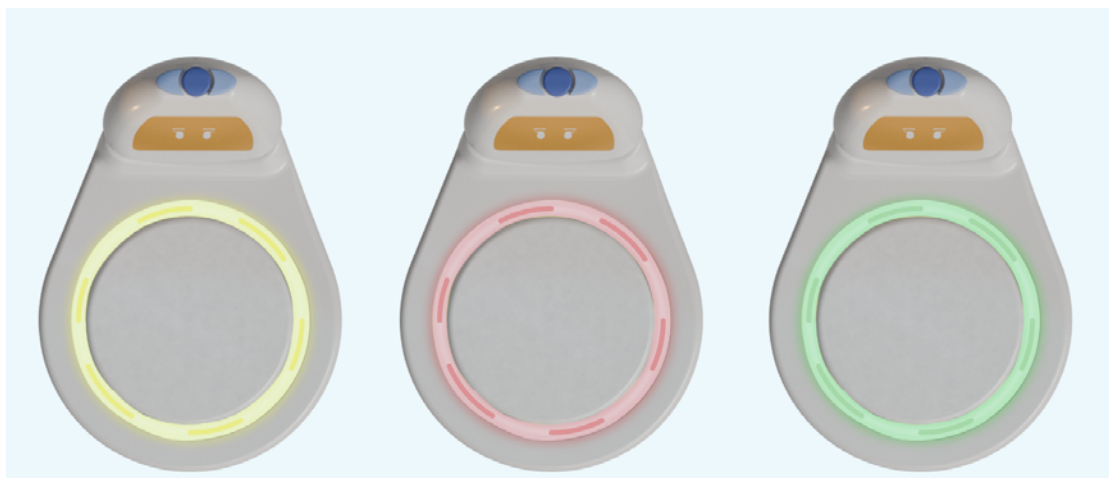


Fig. 10. Sistema de retroalimentación lumínica

Alba contó con tres funciones principales: generar buenos hábitos alimenticios, generar consistencia en el cumplimiento de su tratamiento médico y promover la adopción de rutinas de ejercicio adaptadas a las capacidades individuales. Estas funciones se lograron mediante las siguientes funciones inteligentes:

Funciones inteligentes

El *gadget* permitió mantener un seguimiento activo de la dieta del usuario utilizando la báscula y las recetas recomendadas. Cuando el usuario seleccionó una receta, inmediatamente se registraron aquellos alimentos de alto riesgo para las personas diabéticas [13], se debió pesar para confirmar una correcta ingesta y la cantidad consumida se almacenó en una base de datos a la que se accedió por medio de la aplicación móvil, donde se graficó el total de alimentos consumidos diariamente.

Por otra parte, el *gadget* contó con un sistema de alarmas destinadas a recordar la ingesta de medicamentos o asistencia a citas médicas, para asistir al usuario en el cumplimiento de su medicación. Las alarmas para la ingesta de medicamentos se introdujeron una única vez en la aplicación, luego Alba se encargó de reproducir la alarma en el día y hora establecidos, especificando, además, cuál medicamento correspondía consumir y su dosis. Con las citas médicas sucedió algo similar, se ingresaron una única vez y exactamente 24 horas antes de la cita, Alba colocó un recordatorio con información importante en pantalla, el cual el usuario debía ver cada vez que necesitara volver a utilizar el *gadget*.

Así mismo, el *gadget* facilitó la planificación de actividades físicas preestablecidas,

recordándole al usuario realizar dichas actividades en los horarios programados. Además, permitió registrar la duración deseada para cada sesión de ejercicio, almacenando estos datos para, posteriormente, generar gráficos en la aplicación asociados al progreso y cumplimiento de los objetivos.

Se debe mencionar también un sistema de retroalimentación sobre la cantidad de tareas cumplidas, basado en el almacenamiento de datos sobre los alimentos consumidos, medicamentos aplicados y actividad física realizada. Este funcionó mediante el uso de expresiones, generando una respuesta emocional con el usuario, al mostrarse en la pantalla LED una expresión triste, neutral o feliz de acuerdo con la cantidad de tareas cumplidas. Si el usuario no confirmaba alguna de las alarmas, previamente introducidas en la aplicación, se tomaba como que no realizó esta acción y las tareas ignoradas acumuladas provocaron que la expresión cambie, cada vez con una expresión más negativa que la anterior.

Funciones prácticas

La báscula permitió la medición precisa de la cantidad de alimentos a consumir para llevar un control sobre aquellos alimentos de alto riesgo. Esta se activó únicamente cuando el usuario deseaba realizar una receta y poseía un sistema de retroalimentación lumínica para indicar cuando se obtenía el peso requerido por la preparación.

Por otra parte, el asistente contaba con una pantalla LED, la cual fue la encargada de mostrar toda alarma o recordatorio. Además, mostró las interacciones realizadas con Alba.

Validación de la interfaz

Al aplicar las tareas propuestas para validar la interacción usuario-objeto en la fase “experimentar”, se obtuvieron resultados positivos con respecto al funcionamiento y usabilidad de la báscula. Las tareas asociadas al modelo perceptual se cumplieron con éxito, de acuerdo con la aplicación de la escala de Likert, donde 5 de 6 participantes obtuvieron un resultado positivo. Los usuarios fueron capaces de identificar el funcionamiento de la báscula (para pesar cantidades de comida), las funciones de los tres botones de interacción con el asistente y la conexión asistente-báscula al colocarlo sobre el espacio designado. En la Fig. 11 se observan los resultados de las pruebas perceptuales.

Por otra parte, los usuarios lograron completar las tareas para el modelo funcional de forma exitosa; 7 de 9 de los participantes fueron capaces de acatar cada una de las tareas (desde recibir una alarma de medicamentos y confirmarla, hasta navegar una receta y tomar interés en ella) sin acompañamiento, únicamente con la instrucción inicial, demostrando que la interfaz resulta intuitiva. Además, los usuarios que requirieron un acompañamiento inicial luego encontraron el resto de las tareas fáciles de navegar, una vez conocida la interfaz por primera vez, por lo que un manual de usuario resultó un insumo esencial en la propuesta de diseño.



Fig. 11. Segunda interacción usuario-objeto.

Discusión

Frente a la disponibilidad del mercado actual ya mencionada, Alba representa un enfoque único, ya que integra de manera completa y centrada en el hogar los elementos médicos, alimenticios y deportivos, en un solo dispositivo diseñado específicamente para personas con DM2. Se ha visto que estos dispositivos integrados, principalmente en formato *wearable* o portátil, tienen el potencial de motivar al usuario a llevar un control de su condición de forma constante, esto gracias a poder acceder a su información de monitoreo de forma inmediata y sencilla [14], así como suponer un sistema de gestión del cual el usuario puede y debe participar de forma activa [15]. Esto convierte a Alba en una herramienta no solo innovadora, sino también potencialmente más efectiva en la promoción de un estilo de vida saludable y en el manejo integral de la diabetes.

A pesar de las múltiples funcionalidades que Alba ofrece, el dispositivo sigue siendo un producto en proceso de mejora continua. Un aspecto de interés para el desarrollo futuro es incorporar la medición de glucosa en alimentos mediante un dispositivo externo [14], capaz de realizar análisis de glucosa similar al proceso de espectrofotometría usado en laboratorios. Esta característica amplía aún más la funcionalidad de Alba, proporcionando una herramienta completa para el control y monitoreo de la dieta de una persona con diabetes. Sin embargo, en esta etapa de creación, esta funcionalidad no es implementada debido a los costos de producción y a las limitaciones de tiempo y equipo necesarios para el proceso.

Por otra parte, se identificó la necesidad de respaldar la información ofrecida al usuario con el criterio de profesionales en cada aspecto clave. Se recomienda el uso de recetas sugeridas por nutricionistas especializados en diabetes y ejercicios o rutinas recomendados por entrenadores que tengan experiencia trabajando con personas que padezcan de diabetes. También se debe tomar en cuenta la necesidad de adaptar cada ejercicio o rutina al usuario, ya sea mediante recomendaciones o aprendizaje de sus preferencias haciendo uso de tecnologías como *machine learning* o inteligencia artificial [14][16], por lo que se considera una futura función inteligente a incorporar.

Finalmente, algunas consideraciones generales son la revisión a la morfología y componentes electrónicos para poder maximizar la portabilidad del asistente, revisión a los materiales y

especificaciones técnicas de los componentes (como la pantalla) para ser utilizado en exteriores y, de esta manera, mejorar su competitividad en el mercado en comparación con productos compactos como los relojes inteligentes.

Conclusiones

El desarrollo de Alba, un dispositivo diseñado para asistir a personas con diabetes tipo 2 (DM2) en la gestión integral de su salud, ha supuesto un avance significativo en la integración de la alimentación, el tratamiento médico y la actividad física en un solo lugar. A través de un proceso iterativo que incluyó herramientas como el árbol de problemas, pruebas de usuario, cuadros de doble entrada y la escala de Likert, se logró ajustar el diseño del dispositivo, funcionamiento y su aplicación móvil, creando una herramienta multifuncional que facilita la adopción de hábitos saludables en la vida diaria de los usuarios.

Alba ofrece una solución integrada que cubre aspectos clave de la vida cotidiana de las personas con DM2, desde el control de la nutrición hasta el seguimiento médico y la actividad física. Esto permite una experiencia personalizada y centralizada para el usuario, facilitando el manejo y equilibrio de estos tres aspectos claves. Al comparar a Alba con las soluciones actuales del mercado, queda claro que implementar un sistema de manejo o producto de asistencia individual por cada uno de estos aspectos claves ya mencionados dificulta el equilibrio y la interacción entre ellos.

Además, se comprobó que su sencilla interfaz resultaba intuitiva y funcional, de manera que la mayor parte de los usuarios fueron capaces de utilizar exitosamente todas las funciones, tanto prácticas como inteligentes, para cumplir con las metas solicitadas durante sus pruebas. En conclusión, Alba no solo se presenta como una herramienta innovadora para el manejo de la diabetes, sino también como un dispositivo con el potencial de transformar la forma en que las personas gestionan su salud, mejorando su bienestar general.

Referencias

- [1] National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, "¿Qué es la diabetes?", National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/diabetes/informacion-general/que-es> (Consultado 10 de nov., 2024).
- [2] C. Chen- Ku y D. Chen-Sandi, "The Health System in Costa Rica: Focus on the Management of Diabetes Mellitus", *Cureus*, vol. 6, no. 15, pp. 1-6, 2023. Consultado: 09 de nov., 2024 doi: 10.7759/cureus.40084 [En línea]. Disponible: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10327611/pdf/cureus-0015-00000040084.pdf>

- [3] B. Hasbum-Fernández, "Epidemiología de la diabetes en Costa Rica", *Avances en diabetología*, vol. 26, no. 2, pp. 91-94, 2010. Consultado: 09 de nov., 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.elsevier.es/es-revista-avances-diabetologia-326-pdf-S1134323010620042>
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Censos, "Costa Rica en Cifras 2023", INEC. https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-12/recostaricaencifras2023_0.pdf (Consultado 09 de nov., 2024).
- [5] C. Santamaría-Ulloa y M. Montero-López, "Projected impact of diabetes on the Costa", *International Journal for Equity and Health*, vol. 19, no. 172, pp. 4-19, 2020. Consultado: 10 de nov., 2024. doi: <https://doi.org/10.1186/s12939-020-01291-4> [En línea]. Disponible: <https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-020-01291-4#citeas>
- [6] Federación Internacional de la diabetes, "Diabetes in South & Central America", International Diabetes Federation, https://diabetesatlas.org/idfawp/resource-files/2021/11/IDF-Atlas-Factsheet-2021_SACA.pdf (Consultado 9 nov., 2024).
- [7] ICCSI, "Dispositivos inteligentes: definición", ICCSI, https://iccsi.com.ar/dispositivos-inteligentes-definicion/#que_es_un_dispositivo_inteligente_ (Consultado 8 dic., 2024).
- [8] L. Araya Rojas. "Lección 3 - Métodos de Desarrollo de Productos", presentado en Métodos de desarrollo de productos, 5 – 12 ago., 2021, pp. 1-7.
- [9] U.S. Food and Drug Administration, "No utilice relojes inteligentes ni anillos inteligentes para medir los niveles de glucosa en sangre: Comunicado de seguridad de la FDA", U.S. Food and Drug Administration, <https://www.fda.gov/medical-devices/safety-communications/no-utilice-relojes-inteligentes-ni-anillos-inteligentes-para-medir-los-niveles-de-glucosa-en-sangre#:~:text=Recomendaciones%20para%20consumidores-%2C%20pacientes%20y,l%C3%ADnea%20o%20directamente%20> (Consultado 9 nov., 2024).
- [10] N. Escamilla, J. Garnica y C. Arroyo. "Construcción de un árbol de problemas para el desarrollo de nuevos productos", *Conciencia Tecnológica*, no.50, pp.38–46, jul., 2015. Consultado: 18 nov. 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/944/94443423006.pdf>.
- [11] A. Matas, "Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión", *Revista electrónica de investigación educativa*, vol.20, no.1, pp.38–47, 2018. Consultado: 9 nov. 2024. [En línea]. Disponible: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412018000100038
- [12] A. Guettaf, "Understanding and designing tactile feedback interaction for secondary tasks", Tesis de doctorado, Esc. Doc., Uni. Poly. Hauts-de-France, Francia, 2023.
- [13] Instituto Nacional de la Diabetes y las Enfermedades Digestivas y Renales, "Dieta para diabéticos", MedlinePlus. <https://medlineplus.gov/spanish/diabeticdiet.html> (Consultado 11 de nov., 2024)

- [14] Long Island Diabetes, "How Wearable Technology Is Transforming Diabetes Management." Long Island Diabetes Association. Consultado: 19 jun., 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.longislanddiabetes.org/how-wearable-technology-is-transforming-diabetes-management.html>
- [15] Z. Xu, X. Xi, y E. Wang, "Impact of digital integrated health platforms on diabetes management: evidence from Tianjin, China," BMC Health Serv. Res., vol. 25, no. 1, p. 618, Abr. 2025. Consultado: 19 jun., 2025. doi: 10.1186/s12913-025-12788-5. [En línea]. Disponible: <https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-025-12788-5?utm>
- [16] H. Alzghaibi, "Perspectives of people with diabetes on AI-integrated wearable devices: perceived benefits, barriers, and opportunities for self-management," Front. Med., vol. 12, abr. 2025. Consultado: 19 jun., 2025. doi: 10.3389/fmed.2025.1563003. [En línea]. Disponible: <https://www.frontiersin.org/journals/medicine/articles/10.3389/fmed.2025.1563003/full?utm>