

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.

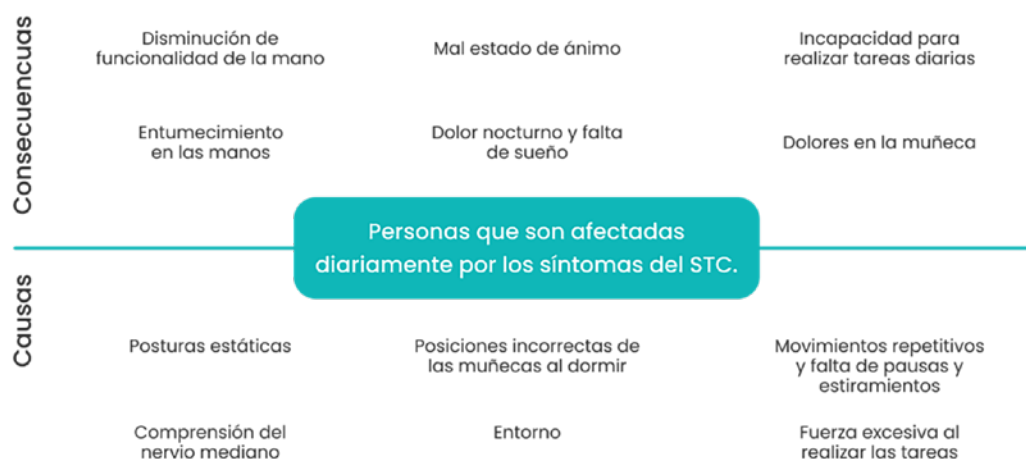


Fig. 1. Árbol de problemas elaborado para definir la situación a solucionar con el dispositivo inteligente.

Etapla 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 estiloidea 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.

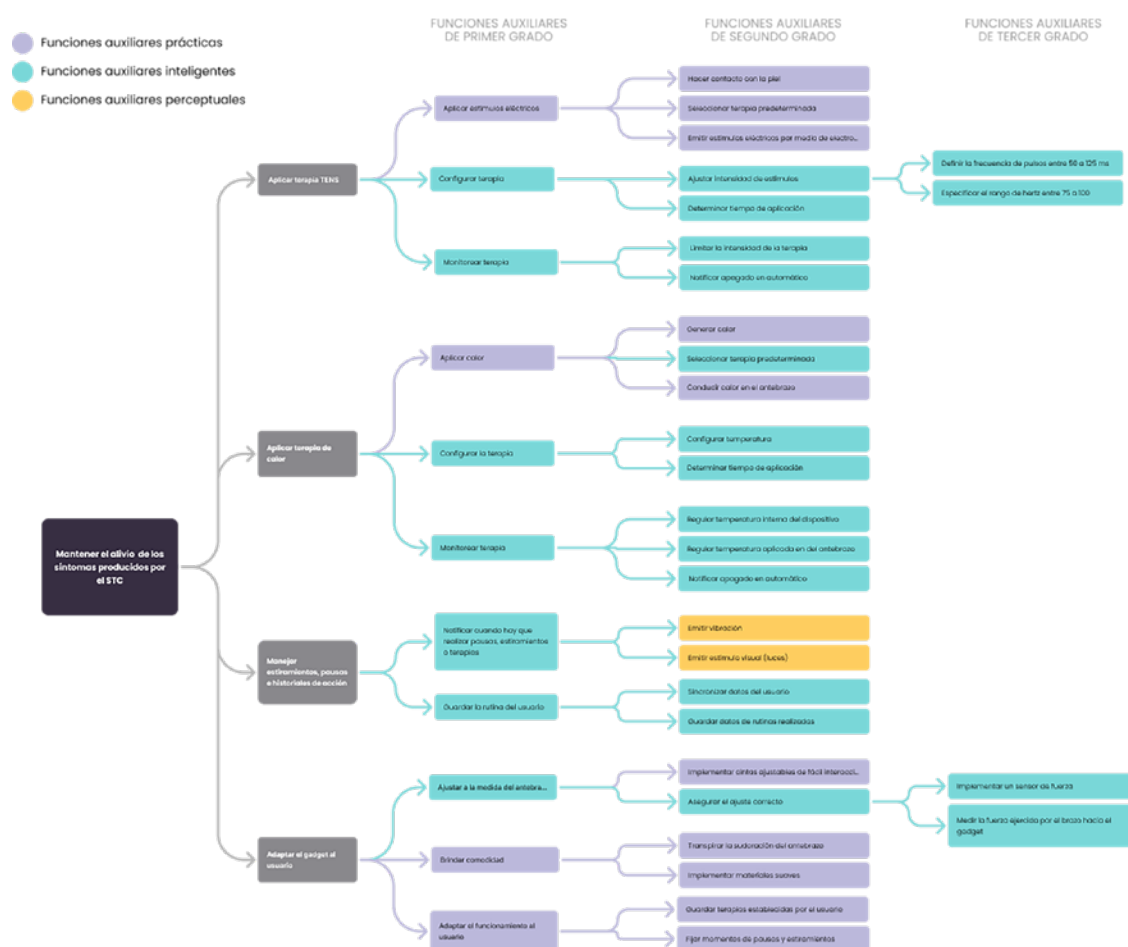


Fig. 2. Árbol de funciones realizado para la jerarquización de funciones del dispositivo.

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.

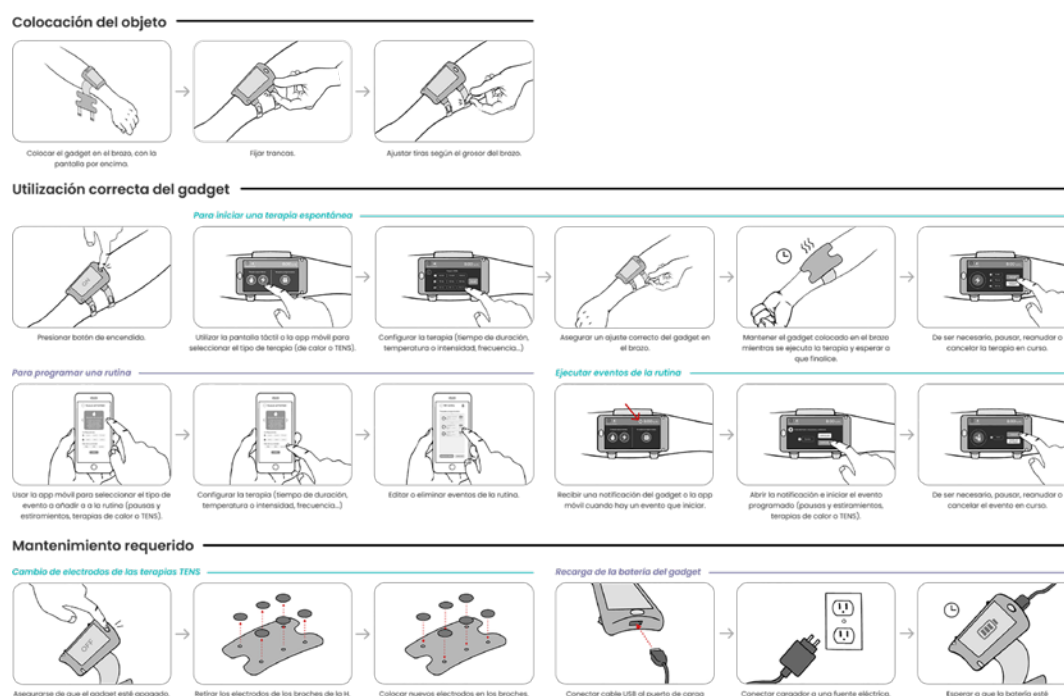


Fig. 3. Manual de usuario realizado para la correcta utilización del *gadget* inteligente.

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).

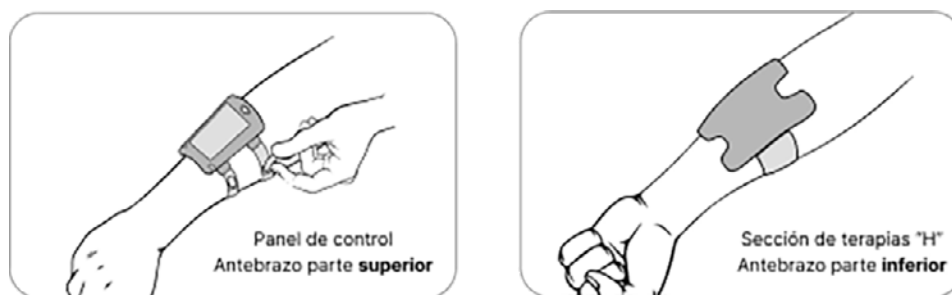


Fig. 5. Uso del dispositivo inteligente ALIVCA.

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).

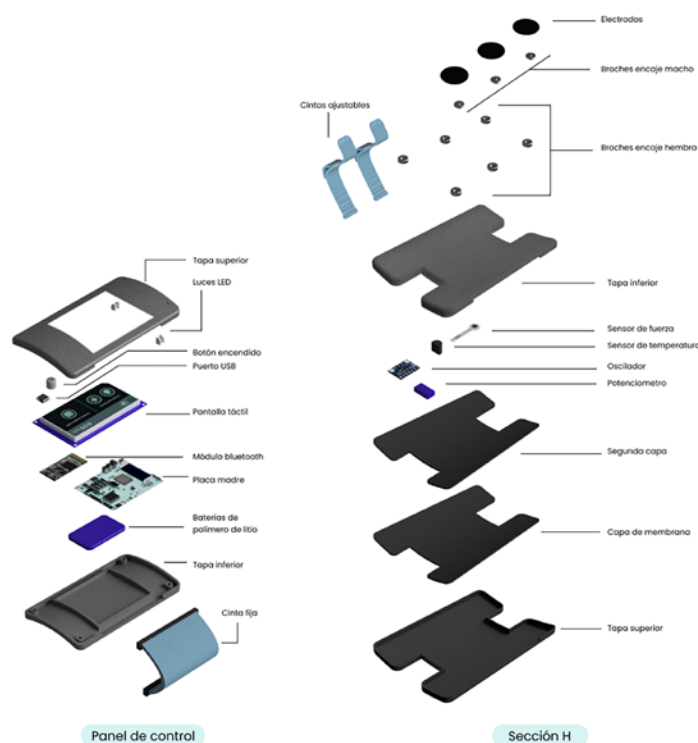


Fig. 8. Arquitectura del dispositivo inteligente ALIVCA.

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.>