



Diseño de un dispositivo inteligente para asistir la navegación a pie en entornos urbanos de alta concentración

Design of a smart gadget to assist walking navigation in dense urban environments

*Klaudia María Barquero Villalobos*¹

*Mariana Cordero Rojas*²

K. Barquero y M. Cordero "Diseño de un dispositivo inteligente para asistir la navegación a pie en entornos urbanos de alta concentración", IDI+, vol. 7 no 2, Ene., pp. 4-19, 2024.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v7i2.7726>

Fecha de recepción: 6 de junio de 2024

Fecha de aprobación: 30 de agosto de 2024

1. *Klaudia María Barquero Villalobos*
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
klaubv@gmail.com
 0009-0007-2872-2389

2. *Mariana Cordero Rojas*
Estudiante de Ingeniería en Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
maricor10@hotmail.com
 0009-0004-8512-1502

Resumen

Debido al avance tecnológico, la dependencia de las aplicaciones de navegación digital para desplazarse en entornos urbanos ha aumentado considerablemente. No obstante, este fenómeno ha planteado importantes desafíos en términos de seguridad y atención para los usuarios, ya que el uso de estas aplicaciones demanda una alta concentración cognitiva y visual, lo que puede distraer a los usuarios de su entorno inmediato, así como aumentar el riesgo de accidentes y robos.

Con el objetivo de abordar esta problemática, se inició la investigación para el desarrollo de *Navi*, un dispositivo inteligente que combina guía direccional y medidas de seguridad en un único *gadget* portátil, mejorando significativamente la seguridad y la experiencia de los usuarios en entornos urbanos y convirtiéndose en un compañero de viaje confiable.

La investigación siguió el enfoque integral propuesto por la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial, que abarca desde la identificación de la problemática y el usuario objetivo, hasta el desarrollo y evaluación de soluciones de diseño. Mediante entrevistas con usuarios potenciales, el análisis de productos similares en el mercado y la revisión de estudios anteriores, se buscó conceptualizar una idea enfocada en aspectos cruciales como la funcionalidad, perceptibilidad, ergonomía y tecnología. Este proceso permitió definir el diseño y funciones, así como comenzar con el desarrollo de prototipos que abordaran las necesidades identificadas. El desarrollo de prototipos y pruebas de usuario permitió iterar y perfeccionar el diseño, para, finalmente, asegurar una experiencia de usuario intuitiva y segura.

Palabras clave

Navegación; entornos urbanos; turismo; manos libres; movilidad.

Abstract

As a result of technological advances, the reliance on digital navigation applications to navigate in urban environments has increased significantly. However, this phenomenon has posed significant challenges in terms of user safety and alertness, as the use of these applications requires high levels of cognitive and visual concentration, which can distract users from their immediate surroundings and increase the risk of accidents and theft.

To address this issue, research was initiated to develop *Navi*, a smart device that combines navigation and safety measures in a single wearable device, significantly improving safety and user experience in urban environments and becoming a reliable travel companion.

The research, from problem identification and target user identification to the development and evaluation of design solutions, followed the School of Industrial Design Engineering

approach. To conceptualise an idea, define its functions and form, and develop a functional prototype that would meet the identified needs, a thorough documentary review, interviews and analysis of existing products, ergonomics, perception, functionality and technology were carried out. Prototyping and user testing allowed iteration and refinement of the design to ensure an intuitive and safe user experience.

Keywords

Navigation; urban environments; tourism; hands-free; mobility.

Introducción

Presentación del problema

El avance tecnológico ha llevado a una creciente dependencia de las aplicaciones de navegación digital para movilizarse en centros urbanos. Según un estudio realizado por AlphaBeta para Google [1], más del 90% de la población en línea del mundo utiliza mapas digitales para orientarse. No obstante, el uso de estas aplicaciones sobrecarga principalmente el sentido de la vista, ya que requiere una alta atención cognitiva y visual [2], lo que reduce la capacidad de los usuarios para percibir su entorno mediante otros sentidos. Dicha sobrecarga visual se convierte en un obstáculo significativo para la seguridad y la eficiencia del desplazamiento, subrayando la necesidad de soluciones que redistribuyan la carga sensorial y minimicen el riesgo de incidentes.

El entorno urbano, por su parte, se caracteriza por una constante actividad y movimiento, con una gran cantidad de personas transitando en él. De acuerdo con Matthew Brodie, neurocientífico e ingeniero de la Facultad Biomédica de la Universidad de Nueva Gales del Sur en Sydney, hasta un 80% de las personas, tanto adultos como jóvenes, pueden observarse cotidianamente con la cabeza gacha mirando su celular mientras caminan [3]. Esto puede causar "ceguera por falta de atención", reflejada en una menor capacidad para percibir peligros o distracciones en el entorno [4].

Siendo así, los usuarios que no frecuentan centros urbanos y desean trasladarse de manera segura constituyen un grupo particularmente vulnerable. Estos individuos dependen de aplicaciones como Google Maps para movilizarse y, a pesar de que los mapas digitales son útiles, generan riesgos de seguridad y distracciones significativas. El robo por arrebato es prevalente en centros urbanos, representando casi el 40% de todos los robos de teléfonos [5]. Además, la navegación pasiva, en la que los usuarios siguen instrucciones sin prestar atención al entorno, puede resultar en reacciones tardías al cruzar carreteras y movilizarse por la ciudad. Entre 2011 y 2019, se reportaron casi 30 000 lesiones al caminar ocasionadas por el uso del teléfono [6].

¿Qué ofrece el mercado?

Actualmente, el mercado ofrece pocas opciones para asistir a los usuarios en la navegación a pie y las disponibles están principalmente enfocadas en personas no videntes. La mayoría de estas soluciones utilizan audio y pantallas para brindar instrucciones, pero se ha comprobado que la información visual y sonora no son necesariamente los modos óptimos de retroalimentación en situaciones móviles, en especial, cuando la atención de los usuarios está ocupada con varias tareas y cuando hay mucho tráfico o ruido de multitudes [7].

Además, actualmente no existe ningún dispositivo en el mercado que combine tanto la funcionalidad de brindar instrucciones de navegación como la de proporcionar medidas de seguridad. Los dispositivos de navegación tradicionales, como las aplicaciones de mapas digitales, se enfocan solo en guiar al usuario hacia su destino, sin ofrecer mecanismos de seguridad integrados. Por otro lado, los dispositivos de seguridad personales, como alarmas portátiles o aplicaciones de emergencia, se centran en proteger al usuario sin proporcionar asistencia en la navegación. Esta falta de integración deja un vacío significativo en el mercado, donde los usuarios deben depender de múltiples dispositivos o aplicaciones para satisfacer sus necesidades de navegación y seguridad.

Relevancia del caso

Debido a lo anteriormente señalado, el diseño de herramientas innovadoras que reduzcan la sobrecarga del sentido de la vista y minimicen las distracciones es crucial en la sociedad moderna. Al redistribuir la carga sensorial hacia otros sentidos, como el tacto, se puede mejorar la seguridad de los peatones y proporcionar una experiencia de usuario más equilibrada e intuitiva. Por lo tanto, en un mercado donde los dispositivos actuales carecen de esta dualidad funcional, los dispositivos portátiles tienen el potencial de mejorar significativamente la orientación y la calidad de vida de los usuarios.

Por otro lado, reducir los accidentes y robos asociados con el uso de teléfonos móviles durante el desplazamiento puede disminuir los costos relacionados con emergencias médicas y pérdidas materiales. Además, el desarrollo de nuevas tecnologías de navegación presenta oportunidades económicas prometedoras en el sector del diseño industrial y tecnológico, fomentando la innovación y el crecimiento en esta área.

Metodología

Se utilizó el método propuesto por la Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial para el curso de Diseño 5. Este enfoque integral abarca desde la investigación y conceptualización hasta el desarrollo y evaluación de soluciones de diseño.

1. Identificando la problemática y usuario meta

En esta primera etapa, se buscó identificar la problemática por solucionar y conocer al usuario que presenta esta necesidad. Además, se realizó un análisis de documentación obtenida de fuentes tanto locales como extranjeras. Como resultado de estos análisis, el enfoque de diseño priorizó a los usuarios costarricenses que residen en el país, así como a los turistas de otras nacionalidades que visitan Costa Rica, y a los costarricenses que viajan a centros urbanos en el extranjero. Todos ellos requieren soluciones para moverse de manera eficiente y segura en entornos urbanos, ya sea dentro o fuera del país.

Para comprender mejor sus necesidades, se realizaron entrevistas con usuarios que encajaban en este perfil. Posteriormente, se llevó a cabo una búsqueda de referenciales a fin de comprender qué productos relacionados existen en el mercado e identificar la función que cumplen, la manera en la que interactúan con los usuarios, así como sus ventajas y desventajas. Con esta comprensión, se elaboró una lista de requerimientos para el producto por diseñar, asegurando que aborde las necesidades y desafíos identificados en el estudio.

2. Definiendo la forma

Se definió que el dispositivo debe ser portátil (*wearable*) para facilitar su uso en el entorno planteado. A partir de esto, se inició con un análisis ergonómico, centrándose específicamente en la parte antropométrica y en estudios previos sobre el diseño ergonómico de dispositivos portátiles, como el artículo del Dr. Bryce Butter, *The Ergonomics of Wearable Designs* [8]. También se consideraron las dimensiones antropométricas de la población latinoamericana, basadas en el estudio *Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile* [9]. En particular, se utilizaron percentiles que permitieran garantizar que el dispositivo sea cómodo y adecuado para los usuarios previstos.

Por otro lado, se realizó un análisis perceptual. Para esto, se pidió a usuarios dentro del perfil propuesto que respondieran una encuesta evaluando su percepción sobre algunos de los productos analizados y la facilidad de uso de las aplicaciones de navegación existentes. Además, se tomó en cuenta un estudio de la Universidad de Cambridge, *Revealing Insights of Users' Perception: An Approach to Evaluate Wearable Products Based on Emotions* [10], donde se utilizaron ejes semánticos y 400 participantes para determinar la comodidad, el atractivo y la utilidad de ciertos *wearables* y su colocación en distintas partes del cuerpo.

Finalmente, utilizando los requerimientos establecidos a partir del análisis de los datos previos, se elaboraron los conceptos preliminares para la solución de diseño. Estos conceptos fueron evaluados utilizando el método de objetivos ponderados, calificando cada propuesta en una escala del 1 al 10 según los requisitos de diseño y su importancia [20]. La propuesta con la calificación más alta fue seleccionada e iterada para su optimización.

3. Definiendo la funcionalidad

A fin de desglosar y comprender las funciones y estructura del sistema, se llevó a cabo un Análisis Funcional de Sistemas Técnicos (FAST) [16] basado en la primera iteración del *gadget*. Se estableció la función principal como "brindar una navegación de forma segura y eficaz" y, a partir de esta, se derivaron funciones secundarias y auxiliares que ayudaron a que el *gadget* cumpliera con su función principal. Además, se diferenciaron todas las funciones entre prácticas e inteligentes, especificando claramente sus roles y contribuciones al desempeño general del *gadget*.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis tecnológico, que se dividió en tres áreas principales: vibraciones hápticas, materiales y sujeciones, y componentes electrónicos.

Para identificar las zonas del cuerpo más receptivas a las vibraciones, se examinó detenidamente la investigación: *Investigation of Suitable Body Parts for Wearable Vibration Feedback in Walking Navigation*, publicada en el *International Journal of Human-Computer Studies* [7]. Además, con el fin de reconocer los patrones de vibración más adecuados para brindar instrucciones, se analizaron a profundidad los estudios: *Design of Haptic Feedback Pattern and Layout for Bracelet-type Wearable Devices*, publicado en el *Journal of the Ergonomics Society of Korea* [11] y *Designing Wearable Vibrotactile Notifications for Information Communication*, realizado por la Universidad Tecnológica de Kochi y publicado en el *Journal of Human-Computer Studies* [12].

El análisis de componentes electrónicos permitió identificar los elementos necesarios para el funcionamiento del *gadget*. Este entendimiento fue crucial para crear un diagrama de sistemas y subsistemas [17], vinculando cada necesidad con los componentes físicos correspondientes. Esto garantiza una integración eficaz y funcional del dispositivo.

Finalmente, se llevaron a cabo los primeros prototipos físicos con materiales económicos, con el propósito de verificar la interacción del usuario con el *gadget*. A partir de la retroalimentación de los usuarios, se iteró el modelo para mejorar su diseño y funcionalidad.

4. Prototipando y validando

Se desarrolló el modelo 3D del *gadget*, incluyendo los dispositivos, las sujeciones y la caja de carga, utilizando el *software* Fusion 360. Para el prototipo, se optó por materiales como PLA y TPU flexible, y se realizó la impresión 3D. La programación de las funciones del *gadget* se llevó a cabo con Arduino y su programa IDE, asegurando el correcto funcionamiento de las tecnologías propuestas. Además, se creó un prototipo de la aplicación móvil para evaluar aspectos relacionados con su uso.

Con el fin de verificar los prototipos, se llevaron a cabo pruebas de usuario con 10 participantes. Estos usuarios realizaron una serie de tareas vinculadas tanto al prototipo funcional como al

físico. También se presentó una simulación en video para que los usuarios experimentaran los patrones de vibración que les guiarían en diversas situaciones. Cada sesión fue documentada mediante fotos y videos, para analizar la interacción humano-objeto.

5. Elaboración del cuaderno técnico

Durante esta fase, se determinaron los modelos exactos de cada componente electrónico y los elementos de unión estandarizados necesarios, junto con sus fichas técnicas correspondientes. Además, se elaboraron planos técnicos [19] con las dimensiones necesarias para la fabricación y se definió la arquitectura final, especificando los subsistemas, las partes y sus conexiones [18]. Asimismo, se realizaron los manuales de usuario para la colocación, utilización y mantenimiento del *gadget*, así como para la aplicación móvil.

Resultados

Tomando como base la investigación sobre la problemática, sus antecedentes y posibles soluciones, además del concepto de diseño “navegación urbana segura y eficiente”, se desarrolló el *gadget* inteligente *Navi*, ilustrado en las figuras 1 y 2. Por su parte, las figuras 3 y 4 muestran cómo el dispositivo se ve colocado en las muñecas, ofreciendo una visión más clara de su apariencia en uso.



Fig. 1. *Navi* con sujeción de clips.



Fig. 2. Navi con sujeción de correas.

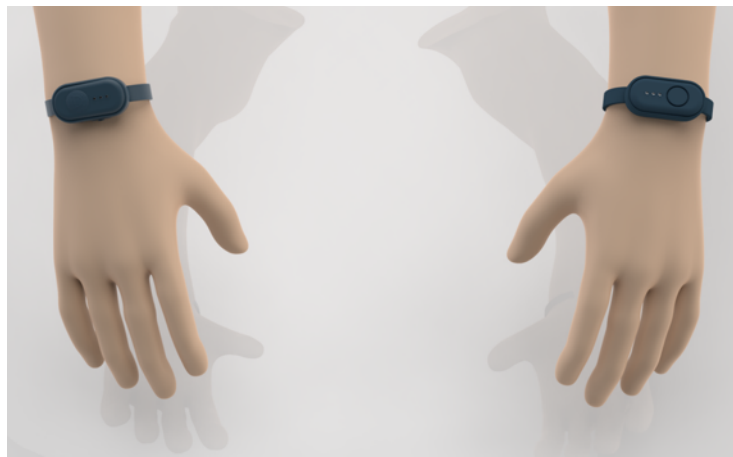


Fig. 3. Navi colocado en las manos.



Fig. 4. Navi en la muñeca derecha.

Navi incluye dos dispositivos porque, según la Universidad Tecnológica de Kochi, el uso de dos dispositivos de vibración es más eficaz que un único dispositivo en una sola ubicación del cuerpo. Uno de ellos se coloca en el lado derecho del cuerpo y el otro en el lado izquierdo. Estos instrumentos ofrecen dos opciones de sujeción: clips, que se pueden fijar al cuello con prendas de ropa preferiblemente ajustadas, y correas, que permiten asegurar los dispositivos a ambas muñecas. Se eligieron estas ubicaciones debido a que la muñeca es una de las zonas más sensibles a la vibración háptica; además, la muñeca, los dedos y el cuello son las posiciones preferidas por la mayoría de los usuarios [12]. Ambos tipos de sujeción están hechos de silicona, a fin de asegurar un ajuste cómodo para el usuario.

El dispositivo izquierdo está equipado con dos botones: uno pulsador para activar la alarma de emergencia y uno deslizante, ubicado en la pared lateral exterior izquierda, que permite compartir la ubicación en tiempo real con los usuarios predeterminados en la aplicación móvil. Se decide colocar ambos botones únicamente en uno de los dos dispositivos, con el fin de aliviar la carga cognitiva y evitar confusiones por parte del usuario. Mientras tanto, el dispositivo derecho posee un zumbador (*buzzer*), mediante el cual se emite el sonido de la alarma de emergencia con una intensidad de 120 decibeles.

Por su parte, ambos dispositivos están equipados con tres luces led para indicar el estado de carga de la batería. En su interior, cuentan con un motor de vibración y una placa PCB que alberga un módulo de *bluetooth* para la transmisión de señales entre dispositivos, así como un acelerómetro y un giroscopio para mantener un seguimiento preciso de la dirección y detectar cambios en la velocidad y dirección del movimiento del usuario. Además, ambas unidades son alimentadas por una batería de iones de litio y están equipadas con un pin magnético que garantiza un proceso de carga adecuado entre los dispositivos y la caja de carga. Seguidamente, se muestra una ilustración detallada de los dispositivos con todos sus componentes en la figura 5.

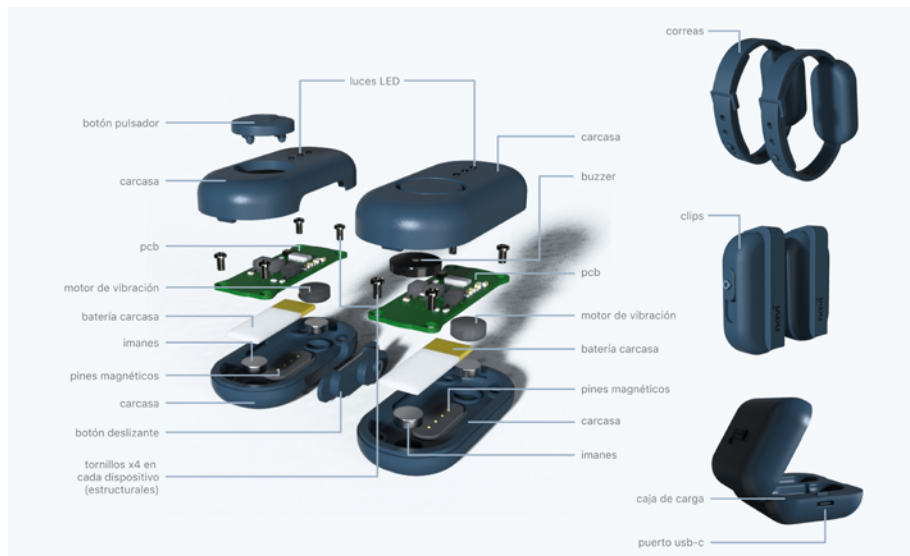


Fig. 5. Componentes de Navi.

El *gadget* está diseñado para proporcionar instrucciones de navegación mediante patrones de vibración tanto estáticos como dinámicos. Según el *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, los patrones dinámicos son ideales para ofrecer información cualitativa adicional a la direccional. Además, se destaca la importancia de prever que los usuarios puedan pasar por alto vibraciones o cometer errores de giro, por lo que las instrucciones de vibración deben repetirse varias veces. También se señala que utilizar diferentes intensidades de vibración para transmitir la proximidad a los puntos de giro y a los objetivos es efectivo [11]. A continuación, se explican los patrones de vibración definidos:

- Giro a la derecha o izquierda: si el dispositivo indica un giro a la izquierda, vibrará únicamente en el lado izquierdo; si señala un giro a la derecha, vibrará en el lado derecho. Emitirá una vibración estática de 1,5 segundos a una distancia de 30 metros de la esquina, y se repite cada 10 metros hasta llegar a la misma.
- Cruzar la carretera: cuando se deba cruzar la calle, el dispositivo vibrará de manera estática tres veces en ambas muñecas. La primera vibración, de 2 segundos, ocurrirá 30 metros antes del cruce y se repetirá cada 10 metros hasta llegar a la carretera.
- Al tomar un camino incorrecto: al detectar que se ha tomado un camino incorrecto, ambos dispositivos vibrarán de manera intermitente. Ante estas vibraciones, el usuario debe detenerse por completo y esperar la siguiente vibración, que se sentirá solo en uno de los lados del dispositivo, indicando la dirección correcta.
- Al acercarse y llegar al punto de destino: a 20 metros del destino, ambos dispositivos comenzarán a emitir una vibración leve que aumentará gradualmente a medida que el usuario se acerque. La vibración alcanzará su máxima intensidad al llegar al destino y luego cesará.

Discusión de resultados

Navi se diseña para un público meta de personas tanto nacionales como extranjeras que necesitan moverse de manera eficiente y segura en entornos urbanos, dentro y fuera del país. Dado que San José se posiciona como la sexta ciudad de América Latina más visitada por turistas [13] y que, en 2022, 485 146 turistas ingresaron directamente a centros urbanos a través del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría [14], se establece que el dispositivo puede ofrecerse tanto para consumo personal como para alquiler en aeropuertos, centros turísticos o en alguna de las 385 agencias de viajes del Valle Central [15].

El análisis de referenciales revela que no existe ningún dispositivo en el mercado que satisfaga la necesidad de navegar de manera segura en entornos urbanos. Actualmente, solo se encuentran disponibles dispositivos que ofrecen navegación o seguridad, pero no ambos en un solo dispositivo. En respuesta a esta carencia, surge *Navi* como un *gadget* innovador que proporciona una experiencia integral, especialmente en el sector turístico, para brindar a los visitantes la opción de navegar por ciudades desconocidas sin necesidad de mantener su celular en la mano constantemente para guiarse.

Se identifica que los usuarios perciben algunos dispositivos disponibles en el mercado como aparatosos o demasiado visibles, lo cual podría ser un inconveniente si lo que se desea es evitar peligro de asalto. Para brindar una solución a este problema, *Navi* se distingue por su diseño ergonómico y discreto, permitiendo a los usuarios llevarlo cómodamente y sin llamar la atención. Esto es especialmente útil para los turistas que prefieren no exhibir dispositivos caros o tecnológicos en público. Por lo que la validación con usuarios confirma esta percepción: el 100% de los participantes considera que *Navi* es discreto y expresa que utilizaría el dispositivo, no solo debido a su discreción, sino también gracias a su comodidad, proporcionada por las sujeciones de silicona.

Navi se destaca por su enfoque intuitivo en la entrega de instrucciones, al ofrecer dos puntos de vibración en el cuerpo, lo que facilita la comprensión. El uso de tecnología de vibraciones hápticas no solo garantiza la intuición en las instrucciones, sino que también permite a los usuarios mantener su atención en el entorno, mejorando así la seguridad. Esto resulta especialmente útil en entornos urbanos congestionados, donde la atención dividida puede ser riesgosa. La mayoría de los usuarios que participan en las pruebas de usuario indican que la presencia de dos dispositivos, uno para cada muñeca o lado del cuerpo, les parece beneficiosa.

Además, todos los dispositivos estudiados en los objetos referenciales tienen un solo modo de uso, es decir, no son adaptables para ser utilizados en distintas partes del cuerpo, lo que limita las opciones de acuerdo con las preferencias del usuario. Al respecto, *Navi* destaca por su versatilidad, ya que se puede colocar en distintas partes del cuerpo, utilizando brazaletes para sentir las vibraciones en las muñecas o clips para colocarlo cerca del cuello. Aunado a

esto, se considera versátil, puesto que se ofrece en una variedad de colores, para adaptarse a distintos gustos de los usuarios, como se ilustra en la figura 6.



Fig. 6. Variedad de colores disponibles

Por último, el dispositivo diseñado se destaca por su capacidad de conectarse con teléfonos móviles a través de una aplicación, como se ilustra en la figura 7. Esta funcionalidad le permite a los usuarios compartir su ubicación en tiempo real con contactos de confianza, asegurando que se sientan acompañados durante su viaje, incluso al explorar lugares desconocidos. Además, esta característica permite que los contactos monitoreen el progreso del usuario, brindando tranquilidad tanto al viajero como a sus seres queridos. En situaciones de emergencia, la capacidad de compartir la ubicación instantáneamente puede ser crucial.



Fig. 7. Aplicación móvil Navi

En conjunto, *Navi* ofrece una experiencia de navegación intuitiva, segura y adaptable a las necesidades y preferencias de los usuarios en entornos urbanos dinámicos y concurridos. Además, es importante destacar que *Navi* ha sido validado y bien recibido por los usuarios durante las pruebas de usuario, donde los participantes expresaron su satisfacción y disposición para utilizar el dispositivo.

A pesar de la aceptación generalizada de *Navi* entre los usuarios, se reconoce que siempre existe espacio para el crecimiento y el desarrollo de futuras versiones del producto. La investigación actual sugiere varias áreas para investigaciones futuras y posibles desarrollos. Por ejemplo, se podría investigar la efectividad del dispositivo en entornos urbanos específicos, evaluando su rendimiento en ciudades con diferentes características arquitectónicas y niveles de congestión. Además, se podrían realizar estudios de accesibilidad a fin de analizar la posibilidad de desarrollar versiones adaptadas para usuarios no videntes, comprendiendo sus necesidades y expectativas al movilizarse en la ciudad.

Por otro lado, la integración con servicios de transporte público y sistemas de información de vehículos también podría ser objeto de investigación, permitiendo a los usuarios planificar rutas que incluyan opciones de transporte público y recibir indicaciones mientras conducen. Finalmente, se podría evaluar la implementación de un sistema de conteo de pasos y calorías en *Navi*, que brinde a los usuarios la capacidad de monitorear su actividad física mientras navegan por la ciudad, promoviendo un estilo de vida saludable y proporcionando información valiosa sobre su ejercicio diario. Estas áreas de investigación representan oportunidades emocionantes para mejorar aún más la funcionalidad y la utilidad del *gadget* en el futuro.

Conclusiones

La investigación y desarrollo de *Navi* han proporcionado un entendimiento sobre la integración de tecnologías de navegación y seguridad en un dispositivo portátil único, abordando una necesidad insatisfecha en el mercado actual. Al analizar las problemáticas relacionadas con las aplicaciones de navegación digital en entornos urbanos y las deficiencias en las soluciones existentes, se ha diseñado una herramienta innovadora que minimiza las distracciones y mejora la seguridad de los peatones.

El uso de patrones de vibración dinámicos y estáticos ha demostrado ser eficaz para proporcionar instrucciones de navegación claras e intuitivas, permitiendo a los usuarios mantener su atención en el entorno sin tener que consultar constantemente sus teléfonos móviles. Además, la combinación de tecnologías de navegación con funciones de seguridad, como la alarma de emergencia y la capacidad de compartir la ubicación en tiempo real, ofrece una solución completa que no está disponible en los dispositivos actuales del mercado.

Estos hallazgos pueden aplicarse al diseño de otros dispositivos portátiles, mejorando su funcionalidad y la experiencia del usuario en diversas aplicaciones. Además, se vislumbran

oportunidades para desarrollar dispositivos similares adaptados para usuarios con discapacidades visuales, lo que transformaría su independencia y movilidad en entornos urbanos. La continua evolución de estas tecnologías podría conducir a mejoras significativas en la calidad de vida y seguridad de los usuarios en diversos contextos.

Referencias

- [1] C. González, “Te hace el Google Maps menos inteligente? Cómo la dependencia del GPS está afectando el cerebro”, *Computer Hoy*, <https://computerhoy.com/tecnologia/te-hace-google-maps-menos-inteligente-dependencia-tecnologia-afectando-cerebro-1310300> (Consultado 28 feb, 2024)
- [2] A. L. O’Dell, A. J. Filtness, y A. P. Morris, “Predicting the intention of distracted pedestrians at road crossings,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 173, pp. 1-3, may., 2022, Consultado: 29 feb, 2024. doi: 10.1016.2022.106707 [En línea] Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457522001439>
- [3] J. Murray, “People texting while walking more likely to have accidents, study confirms”, *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/society/2023/aug/08/people-texting-while-walking-more-likely-to-have-accidents-study-finds> (Consultado 02 mar, 2024)
- [4] “Caminar y usar el celular al mismo tiempo aumenta el riesgo de lesiones, según expertos,” *Los Tiempos*, <https://www.lostiempos.com/tendencias/salud/20240124/caminar-usar-celular-al-mismo-tiempo-aumenta-riesgo-lesiones-expertos> (Consultado 02 mar, 2024)
- [5] P. Nolan, “Mobile Phone Theft - How at Risk Are You?”, *Switched On Insurance*, <https://www.switchedoninsurance.com/blog/mobile-phone-theft-are-you-at-risk/> (Consultado 03 mar, 2024)
- [6] M. Heid, “Caminar y usar el celular al mismo tiempo altera la marcha y aumenta el riesgo de lesiones,” *Infobae*, <https://www.infobae.com/america/the-new-york-times/2024/01/23/el-telefono-que-llevas-en-la-mano-cambia-tu-manera-de-caminar/> (Consultado 03 mar, 2024)
- [7] N. Khan Dim, X. Ren, “Investigation of suitable body parts for wearable vibration feedback in walking navigation”, *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 97, pp. 34-44, ene., 2017, Consultado: 31 mar, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.08.002> [En línea] Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S107158191630088X>

- [8] B. Rutter, "The Ergonomics of Wearable Designs: Part 1" Medical Design Briefs, <https://www.medicaldesignbriefs.com/component/content/article/33734-the-ergonomics-of-wearable-designs-part-1> (Consultado 22 mar, 2024)
- [9] R. Avila, L.R. Prado, E.L. González, "*Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana: México, Cuba, Colombia, Chile*" 2ª ed. Guadalajara, México: 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
- [10] T. Liao, K. Tanner, E. F. MacDonald, "Revealing insights of users' perception: an approach to evaluate wearable products based on emotions", Design Science, vol. 6, pp. 1-18, jul., 2020, Consultado: 29 mar, 2024. doi:10.1017/dsj.2020.7 [En línea] Disponible: <https://www.cambridge.org/core/journals/design-science/article/revealing-insights-of-users-perception-an-approach-to-evaluate-wearable-products-based-on-emotions/71D82B98DA1D18B0DB5164FBFEA10530>
- [11] M. Cho, E. Seung Jung, "Design of Haptic Feedback Pattern and Layout for Bracelet-type Wearable Devices", Journal of the Ergonomics Society of Korea, enero 2023, Consultado: 02 abr, 2024. doi: 10.5143/JESK.2022.41.6.531. [En línea]. Disponible: https://jesk.or.kr/archive/detail/308?is_paper=y
- [12] Y. Wang, B. Millet, J.L. Smith, "Designing wearable vibrotactile notifications for information communication", International Journal of Human-Computer Studies, vol. 89, pp. 24-34, mayo 2016, Consultado: 04 abr, 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2016.01.004> [En línea] Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1071581916000057>
- [13] K. Barquero, "San José es la sexta ciudad latinoamericana más visitada", La República, <https://www.larepublica.net/noticia/san-jose-es-la-sexta-ciudad-latinoamericana-mas-visitada> (Consultado 06 mar, 2024)
- [14] Instituto Costarricense de Turismo, "Metadatos de los indicadores realizados por el ICT", ICT, <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/edad-y-sexo/2410-2022-5/file.html> (Consultado 06 mar, 2024)
- [15] "Agencias de Viaje y Operadores Turísticos en Costa Rica", Esencial Costa Rica, <https://www.visitcostarica.com/es/costa-rica/planning-your-trip/local-agency> (Consultado 06 mar, 2024)

- [16] M. González Ramírez. “Funciones del producto” presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 18 abr., 2024, pp. 7-8.
- [17] M. González Ramírez. “Lección 09 - Etapa 03: Definiendo la funcionalidad.” presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 11 abr., 2024, pp. 1-5.
- [18] M. González Ramírez. “Lección 12 - Etapa 04: Comprobando la solución.” presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 2 may., 2024, pp. 1-6.
- [19] M. González Ramírez. “Lección 13 - Etapa 04: Comprobando la solución.” presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 9 may., 2024, pp. 4-7.
- [20] M. González Ramírez. “Lección 06 - Etapa 02: Definiendo la forma.” presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 14 mar., 2024, pp. 7-10.