

revista IDI

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

Volumen 5 Número 2 ▪ Enero - Junio 2023 ▪ ISSN 2215-5112



revistaIDI+

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

MDS. Xinia Varela-Sojo

xvarela@tec.ac.cr

Diagramación

Pamela Dinarte Chavarría

Foto de portada

Revistero de madera

Alexa Mariana Barboza Artavia - Sharon Ivonne Barboza Artavia

Proyecto, Procesos de Manufactura I, 2022. Producto que combina cerámica, madera y Scoby.

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
Enero-Junio 2023
Volumen 5, N°2

ISSN: 2215 5112

Contenidos

Diseño de un producto inteligente para disminuir la contaminación causada por desechos sólidos en las playas de Costa Rica.

Design of smart product to reduce pollution caused by solid waste on Costa Rican beaches.

Aurora Meza-Blanco, Leslie Serrano-González 4

Diseño de un sistema inteligente que monitoree pertenencias para evitar su extravío durante viajes en transporte público.

Designing of a smart system that monitors belongings and to avoid losing them while traveling via public transportation.

José D. Duarte-Madrigal, Esteban J. Montero-Aragón 16

Diseño de una experiencia de aprendizaje basada en analogías para facilitar la adquisición del concepto de densidad.

Design of a learning experience based on analogies to facilitate the acquisition of the concept of density.

Hilda Vásquez-Carvajal, Yoselyn Walsh 31

Diseño de un gadget inteligente para corregir la postura y aliviar molestias musculares en los teletrabajadores.

Design of a smart gadget to correct posture and relieve muscle discomfort on teleworkers.

María I. Araya-Canales, Isabel Rodríguez-Barrantes 46



Diseño de un producto inteligente para disminuir la contaminación causada por desechos sólidos en las playas de Costa Rica

Design of smart product to reduce pollution caused by solid waste on Costa Rican beaches

Aurora Meza-Blanco¹, Leslie Serrano-González²

A. Meza-Blanco, L. Serrano-González "Diseño de un producto inteligente para disminuir la contaminación causada por desechos sólidos en las playas de Costa Rica", IDI+, vol. 5, no 2, Ene., pp. 4-15, 2023.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v5i2.6546>

Fecha de recepción: 7 de junio de 2022
Fecha de aprobación: 14 de octubre de 2022

1. Aurora Meza-Blanco
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
auromb@estudiantec.cr
 0000-0002-6408-0658

2. Leslie Serrano-González
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
leslievserrano@estudiantec.cr
 0000-0001-8019-8261

Resumen

Costa Rica es un país que basa gran parte de su economía en el turismo nacional e internacional que llega a sus atracciones. La principal atracción son las playas de ambos litorales, Pacífico y Caribe. Sin embargo, el incremento de los desechos que llegan y se encuentran presentes en estas representa un peligro para los visitantes y el ecosistema. En el caso de los visitantes, puede ocasionar lesiones, afectación a la salud pública y una disminución del atractivo de los sitios turísticos. Por su parte, para el ecosistema, esta influye en su degradación, pesca fantasma y desnutrición de animales.

Debido a lo anterior, el proceso de diseño se trabajó mediante la metodología *design thinking*. Luego de abordar cada etapa de esta (investigación del problema, definición de la funcionalidad, ideación de soluciones y prototipado), nace Suia; un producto inteligente de uso público que representa una mejor opción para recolectar los desechos generados por los visitantes. Este busca suplir los actuales basureros de las playas públicas del país. Lo cual logra cumplir gracias a sus funciones inteligentes de movilización y sus funciones prácticas de almacenamiento, separación de desechos y resistencia a factores ambientales.

Con su implementación, se espera contribuir a la disminución de la entrada de nuevos desechos generados por los visitantes, para brindar una mejor experiencia y ayudar en la conservación del medioambiente.

Palabras clave

Producto inteligente; playas; basura; desechos; conservación.

Abstract

Costa Rica is a country whose economy is largely based on national and international tourism that reaches its attractions. The main attraction are the beaches of both Pacific and Caribbean coasts. However, the increase in waste is present in these, had become a danger to visitors and the ecosystem. In the case of visitors, it can cause injuries, affect public health and reduce the attractiveness of touristic sites. For the ecosystem, garbage increases its degradation, ghost fishing and animal malnutrition.

The design process was lead using the design thinking methodology. After completing all stages (problem investigation, definition of functionality, solution ideation and prototyping), Suia is finally created: an intelligent product for public use which represents a better option for collecting wastes generated by visitors compared to the actual garbage cans. Suia can achieve this thanks to its intelligent functions of mobilization and its practical functions of storage, waste separation and resistance to environmental factors.

With its implementation, Suia is expected to contribute to reduction of waste generated by visitors and to provide a better experience and help in the conservation of the environment.

Keywords

Smart product; beaches; trash; waste; conservation.

Introducción

Costa Rica es un país que cuenta con litoral en ambas vertientes del territorio y su economía depende en gran parte de estos, por lo que la problemática de recolección de basura genera una gran demanda de soluciones. Entre las actividades económicas que dependen del litoral sobresale el turismo. Según la estimación realizada por el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), el destino predilecto de los visitantes no residentes es la playa, en lugar de los sitios de montaña o bosque [1]. Y por medio de una encuesta realizada, se halló que el destino preferido de los turistas nacionales también es la playa. A la vez, se determina que, entre las problemáticas mencionadas, predomina la presencia de basura en estas.

Es evidente no solo para los visitantes que hoy en día las playas y océanos se encuentran infestados de desechos inorgánicos que se han ido acumulando con el pasar del tiempo. [2]: “Algunos científicos advierten que, en 2050, la cantidad de plásticos en el océano superará a la de peces”.



Fig. 1. Recuento de la cantidad de plástico lanzado al mar diariamente.

En la figura 1, se observa un dato muy alarmante, el desecho diario de basura en el mar es de cientos de toneladas. En este caso, se comenta sobre un tipo de desecho: el plástico, sin embargo, existen muchos otros como el vidrio, metal y materiales orgánicos [3]. Esta creciente problemática afecta no solamente al ecosistema, también de manera directa a las personas visitantes y residentes.

Los desechos pueden afectar de distintas maneras el ecosistema, como con la degradación de este, la pesca fantasma y la desnutrición de los animales [4][5]. Sin embargo, también afecta directamente a las personas generando posibles lesiones y accidentes, afectando a la salud pública y, sin ser conscientes de ello, llega a interferir con algo tan básico como lo son los

derechos humanos; por ejemplo, el derecho a un ambiente sano, el derecho a la salud y a un nivel de vida adecuado [6][7].

Con esto se concluye que el campo de acción para el proyecto es atacar el problema de la recolección de la basura propia de los turistas, ya que la intervención en materia administrativa y gubernamental resulta inalcanzable. De esta forma, se decide crear un producto que mejore la calidad de la experiencia del visitante, además de ayudar en la conservación del medio. Como resultado, se define el objetivo del proyecto: “Diseñar un objeto de uso público que facilite a los usuarios la recolección y separación de los desechos en un ambiente de playa”.

Se determina que el objeto por diseñar es un *gadget*, lo cual significa que será un objeto que busca satisfacer una necesidad específica del usuario haciendo uso de funciones inteligentes, es decir, con apoyo de la tecnología.

Método

Etapa 1. Identificando la problemática

Se comenzó por la discusión y generación de una lluvia de ideas para identificar la problemática por solucionar. Como parte del proceso, se realiza una investigación etnográfica con los usuarios meta del producto, turistas, voluntarios y miembros de ONG que tratan esta problemática, con el fin de conocer su punto de vista en el tema, el por qué las personas dejan la basura y cómo se le hace frente a dicha situación. Con esto, se define el árbol de problemas, cuyo problema central se define como “gran cantidad de basura en las playas”. Seguidamente, se establecen las necesidades, así como la jerarquización de los requerimientos para el diseño del producto. De esta forma, se da un primer acercamiento a las funciones principales que se tendrán.

Utilizando como base los requerimientos establecidos y las funciones principales, se realiza una búsqueda y análisis de productos existentes con funcionalidades parecidas a las esperadas.

Etapa 2. Definiendo la forma

Se realiza un análisis ergonómico congruente con las funcionalidades esperadas y un análisis perceptual para comenzar a definir el lenguaje visual deseado. Entonces, se comienza a realizar las primeras propuestas de diseño. De las propuestas analizadas, se elige una por medio del método de objetivos ponderados, por el cual se analizan las propuestas en una escala del 1 al 10 según cada requisito de diseño y su jerarquía; al sumar estas calificaciones, la propuesta con una calificación mayor fue la elegida. Una vez seleccionada la propuesta de diseño, se pasa a una iteración de esta y su modelado tridimensional.

Etapa 3. Definiendo la funcionalidad

Se concreta la funcionalidad que tendrá el producto, de manera que se tomen las decisiones

necesarias en cuanto a la forma. Además, se definen los componentes electrónicos con el fin de implementar las funciones inteligentes del *gadget*.

En primer lugar, se elabora un diagrama FAST para la descomposición de estas funciones. Se establece como función principal del producto: “brindar acceso al usuario a un contenedor de desechos”. A partir de esto, derivan funciones secundarias, que contribuyen a que el *gadget* logre satisfacer la función principal. Estas abarcan desde la interacción con el usuario, hasta el desarrollo del producto en el entorno de uso.

Posteriormente, se elabora un diagrama de flujo para el planteamiento de la secuencia y lógica de operación del producto. Luego, se realiza un diagrama de sistemas y subsistemas para relacionar cada necesidad a componentes físicos específicos.

Se construyen las primeras propuestas físicas. Como primera verificación sobre los alcances de movilidad del producto, se elabora un prototipo funcional con Arduino y una maqueta con dimensiones reales para verificar su interacción con el usuario.

Etapa 4. Prototipando y validando

Se detalla cada una de las partes de elaboración propia (la base y la carcasa) en cuanto a forma y dimensiones para definir la arquitectura final y planos técnicos. Paralelamente, se listan los modelos específicos para cada componente electrónico y componentes normalizados de unión por utilizar en el producto.

Al tener una definición más clara del uso, se elabora un manual de usuario en el que se explica la interacción humano-objeto: el uso correcto y mantenimiento del producto. Así mismo, se realizan cambios al prototipo funcional teniendo en cuenta las deficiencias del anterior y se concretan los componentes que este requeriría en su fabricación.

Discusión de resultados



Fig. 2. Recuento de algunas causas de la presencia de basura en las playas.

Como se observa en la figura 2, las causas de la basura en las playas se encuentra en diferentes aspectos. Se resaltan la falta de educación ambiental, la falta de basureros y la poca atención por parte de las municipalidades.

Actualmente, en Costa Rica, el extenso territorio de playa de 1228 km se encuentra manejado por solo 16 municipalidades [8], lo que empobrece el actuar de estas en materia ecológica y causa que haya poco mantenimiento de los servicios de limpieza de playas.

Encontrar un espacio para depositar los desechos resulta difícil, debido al gran flujo de visitantes, lo que hace que basureros instalados en las playas no den abasto. Además, es difícil conocer en qué momento es hora de realizar el vaciado de estos basureros.

Se notó que el posible alcance para el proyecto es atacar esta problemática de falta de cubos de basura y el mantenimiento de estos. Por lo cual, en la figura 3, se observan los requerimientos planteados junto con su jerarquización, clasificados según lo que diferentes usuarios consideraron como indispensable, necesario y deseable.



Fig. 3. Jerarquización de requisitos de diseño.

Con ayuda de los análisis anteriores, se define el concepto de diseño “acción fluyente”. Se busca que, por medio de acciones, por más pequeñas que sean, la influencia que puedan llegar a tener sea muy grande. El objetivo es que el uso del producto sea una experiencia fácil y no le tome mucho tiempo al usuario.

A la hora de puntuar las primeras propuestas de diseño, según el método de objetivos ponderados en la etapa 1, se notó que las mejores resultaban ser aquellas que necesitaban menos interacción de contacto directo con el usuario, ya que esto permite que se adecúe a la mayoría de los usuarios con diferentes medidas corporales. Al finalizar la selección de la propuesta, se procedió a concretar de manera más completa sus funcionalidades en la etapa 3.

El producto tiene una ruta, paradas y horarios preestablecidos para realizar sus recorridos, las cuales se definen en la aplicación que lo acompaña. Por medio del sensor ultrasónico ubicado en su parte interior, este se da cuenta del momento en el que se encuentra lleno para volver a su punto inicial y que se le vacíen los desechos. Al acercarse el usuario, este simplemente debe

acercar la mano al sensor de proximidad ubicado en la parte externa para abrir la compuerta y desechar su basura.

Se definen las funcionalidades derivadas del producto a partir de la necesidad principal. Entre estas, se encuentran las funcionalidades que tienen que ver con su movilización, la comunicación de su llegada, almacenaje de desechos, resguardo de robos, mantenimiento de su carga y resistencia a factores ambientales. Estas funciones, luego de la investigación tecnológica, se traducen a sistemas y subsistemas (figura 4).

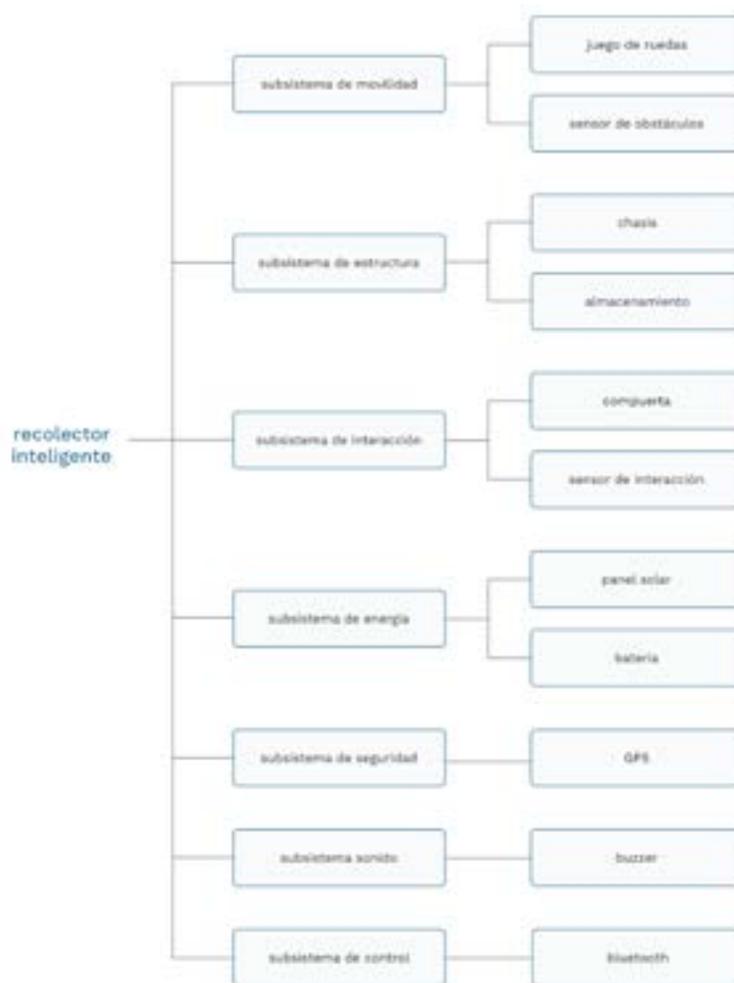


Fig. 4. Diagrama de sistemas y subsistemas.

En el subsistema de estructura, se cuenta con una carcasa hueca plástica de morfología orgánica y redondeos en sus vértices y aristas. Se buscó crear un cuerpo de forma que se pudiese mantener la limpieza fácil y evitar incidentes con sus usuarios. La carcasa se encuentra sobre un chasis de acero inoxidable y una puerta plegable que asegura el cierre para el almacenaje. Además, se contempla espacio para el almacenamiento de desechos y, a la vez, la colocación de los componentes electrónicos de manera aislada a la basura (figura 5).



Fig. 5. Estructura.

En el caso del subsistema de movilización, se cuenta con motores DC que le dan movimiento a cada rueda. Se implementa un módulo GPS que le permite localizarse y establecer su ruta (figura 6). Además, cuenta con un sensor ultrasónico de proximidad para detectar y esquivar los obstáculos del terreno de la playa (figura 7).



Fig. 6. Base y componentes.



Fig. 7. Componentes delanteros.

Para el subsistema de sonido, se utiliza un *buzzer* con función de avisar al usuario la llegada a la parada, también funcionar como alarma en caso de robo, cubriendo a la vez subfunciones de seguridad (figura 7). En cuanto a la interacción con el usuario, se busca que esta sea fácil e higiénica, por lo que el producto cuenta con un sensor infrarrojo que detecta la cercanía del usuario y activa el mecanismo que abre la compuerta (figura 7).

Para proveer de energía a los componentes electrónicos, se utiliza una batería recargable que se conecta a celdas solares que absorberán energía fotovoltaica. Además, ya que el producto requiere mantenimiento constante, se le agrega un módulo *bluetooth* que permite su conexión a una aplicación para permitirlo.

Para realizar el prototipo funcional, se elige probar la funcionalidad de movilización y de esquivar obstáculos. Se construye un modelo (figura 8) que consta de un carrito de dos ruedas, una “rueda loca”, conectados a un sensor ultrasónico, el cual se encuentra sobre un servomotor para aumentar su alcance de detección.



Fig. 8. Prototipo funcional con servomotor.

A la hora de hacer el recuento y definición de componentes por utilizar en la etapa 4, se nota que el diseño tiende a complicarse, si este consta de dos compartimentos y dos compuertas, por lo que se decide reducirlo a un solo compartimento.

El prototipo final mantiene todas las funcionalidades y componentes planteados en el diagrama de sistemas y subsistemas. Finalmente, la carcasa se separa en tres partes: la carcasa izquierda, derecha y una pared desmontable que facilita el mantenimiento en caso de fallo de algún componente (figura 9).

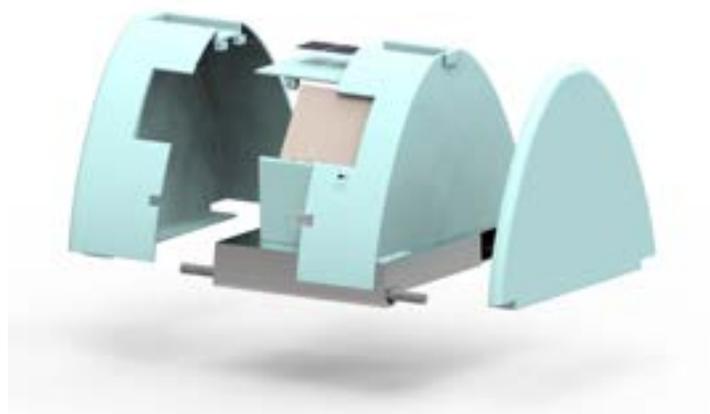


Fig. 9. División de carcasa.

Además, se agrega otro elemento: un recubrimiento de silicón que reemplazará el uso de bolsas plásticas; además, servirá para aislar todos los componentes eléctricos próximos al compartimento de desechos (figura 10).



Fig. 10. Cubierta de silicón.

Conclusiones

El constante aumento de los desechos en los litorales representa un peligro latente para la calidad de vida de todas las personas. Por lo cual, con la creación de Suia, se pretende disminuir el aporte de las playas públicas del país a este riesgo, debido a la falta de basureros o el poco mantenimiento de estos.

La solución se genera a partir de un producto que llegará hasta el usuario y le brindará un espacio para desechar su basura. Se busca crear una conciencia en el usuario, de forma que no vaya a dejar sus desechos en el suelo porque no logró encontrar un basurero o no le nace la intención de ir hasta él.

Al finalizar, se notó que el diseño cuenta con gradientes de mejora, implementables en iteraciones futuras, en cuanto a varios aspectos. Entre ellos, se encuentra la automatización en la definición y hora de salida de las rutas, teniendo en cuenta obstáculos como las mareas. Se deben tener presentes consideraciones en cuanto al vandalismo, sobrecargas, golpes y caídas. Además, es pertinente mejorar la protección de los ejes de los motores DC de las ruedas, ya que estos componentes están descubiertos y se encuentran expuestos a la corrosión. Finalmente, la forma de mantenimiento no resulta la más adecuada, debido a que la basura se retira desde la misma compuerta por la que se introduce, lo cual es poco práctico.

Se espera ver la implementación futura del producto como parte de un sistema que ayude a mejorar la experiencia de los visitantes y dar un aporte a la conservación de un elemento tan importante como lo es el océano.

Referencias

- [1] “Actividades realizadas,” Instituto Costarricense de Turismo, <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/estad%C3%ADsticas/cifras-tur%C3%ADsticas/actividades-realizadas/1404-principales-actividades/file.html> (Consultado 7 mar., 2022).
- [2] “Basura Marina,” Organización Marítima Internacional, <https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Paginas/marinelitter-Default.aspx> (Consultado 7 mar., 2022).
- [3] P. Blanco, “Plástico predomina entre contaminantes de playas nacionales”, Universidad de Costa Rica, <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2010/03/04/plastico-predomina-entre-contaminantes-de-playas-nacionales.html#:~:text=Los%20estudios%20en%20Costa%20Rica,en%20la%20Isla%20del%20Coco>. (Consultado 4 jun., 2022).
- [4] Bollaín, C. y Agulló, D. “Presencia de microplásticos en aguas y su potencial impacto en la salud pública” *Revista Española de Salud Pública*, vol.93, sep., 2020. [En línea]. Disponible: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272019000100012 (Consultado 6 de mar., 2022).
- [5] Naranjo, B. y Cortés, J. “Observations of Litter Deposited in the Deep Waters of Isla del Coco National Park, Eastern Tropical Pacific” *Frontiers in Marine Science*, vol. 5, mar., 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2018.00091>(Consultado 6 de mar., 2022).
- [6] “Censo de basuras reveló malos hábitos de bañistas en playas de Viña y Concón”, Universidad de Valparaíso, <https://www.uv.cl/pdn/?id=11623> (Consultado 16 feb., 2022).
- [7] I. Grajales, “Costa Rica tira al mar 15 camiones de plástico por día”, Hoy en el TEC, <https://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2018/06/05/costa-rica-tira-mar-15-camiones-plastico-dia> (Consultado 16 feb., 2022).

- [8] “Manual para la Gestión de Planes Reguladores Costeros”, Instituto Costarricense de Turismo, <https://www.ict.go.cr/es/documentos-institucionales/zona-mar%C3%ADtimo-terrestre/819-manual-para-la-gesti%C3%B3n-de-planes-reguladores/file.html> (Consultado 7 mar., 2022).



Diseño de un sistema inteligente que monitoree pertenencias para evitar su extravío durante viajes en transporte público

Designing of a smart system that monitors belongings and to avoid losing them while traveling via public transportation

José D. Duarte-Madrigal¹, Esteban J. Montero-Aragón²

J.D. Duarte-Madrigal, E.J. Montero-Aragón "Diseño de un sistema inteligente que monitoree pertenencias para evitar su extravío durante viajes en transporte público", IDI+, vol. 5, no 2, Jul., pp. 16-30, 2023.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v5i2.6547>

Fecha de recepción: 8 de junio de 2022
Fecha de aprobación: 6 de noviembre de 2022

1. José D. Duarte-Madrigal
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
jduardrigal@estudiantec.cr
 0000-0003-4180-2993

2. Esteban J. Montero-Aragón
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
esteb.mon21@estudiantec.cr
 0000-0002-4518-1613

Resumen

Olvidar es parte de la naturaleza humana, aunque, a veces, puede ser algo indeseable. Más allá de la inevitabilidad de olvidar, en Costa Rica existen factores que causan en las personas falta de atención a sus pertenencias mientras viajan, como lo son el aislamiento causado por la pandemia del COVID-19, el estrés por las responsabilidades diarias y los largos viajes que los estudiantes y trabajadores experimentan, agravados por la congestión vehicular.

Con la intención de que las personas no tengan que pasar por una situación incómoda en la que deban buscar cómo recuperar alguna pertenencia olvidada, comprar un reemplazo o simplemente aceptar su pérdida; se crea KipClose, un sistema de dispositivos que alerta de manera pronta e intuitiva cuando el usuario se está alejando de uno de sus objetos. De esta manera, se eliminaría el estrés que significa extraviar un artículo y se reduciría la inseguridad que pueda sentir el usuario mientras viaja, cubriéndolo de los descuidos y posibles hurtos.

Para abordar esta necesidad, se aplica la metodología de *Design Thinking*, la cual involucra diferentes etapas: empatizar, definir, idear y prototipar; las cuales serán desarrolladas en este escrito. Dentro de lo más importante, se define el usuario meta, se identifican y simulan las funciones necesarias del sistema y se desarrolla un lenguaje visual y morfológico de los dispositivos. Todo esto planteado con el objetivo de destacar entre los productos similares del mercado a través de valores agregados como lo son la inmediatez y la personalización.

Palabras clave

Gadget; diseño industrial; monitoreo; pertenencias; viaje.

Abstract

Forgetting is part of human nature, though it may sometimes be something undesirable or inconvenient. Additionally, beyond the inevitability of forgetting, in Costa Rica there are some factors that cause in people a lack of attention to their belongings while commuting, with the main reasons for it being the isolation caused by the Covid-19 global pandemic, the stress of all the daily responsibilities and the long rides the students and workers go through regularly, aggravated by the traffic congestion.

With the objective of helping people avoid undesirable situations where they must find a way to retrieve a lost item, buy a replacement, or just accept their loss; we created KipClose, an intelligent device's system that notifies promptly and in an intuitive manner when the user is leaving something behind. That way we seek to eliminate the stress of losing your items and reduce the insecurity users may feel while commuting, preventing you from leaving stuff behind and thefts.

To approach this problem, we applied Design Thinking methodology, which is divided in several different steps that will be discussed throughout this article: empathize, define, ideate, and prototype. It should be noted that the most important aspects are the definition of the target user, the identification and simulation of the system's functions and the development of a visual and morphological language for these devices. All of this analysis is proposed with the mission of standing out from similar products through innovative features such as the immediacy and customization.

Keywords

Gadget; industrial design; tracking; belongings; trip.

Introducción

Costa Rica ha demostrado ser un país en el que perder artículos es algo que ocurre frecuentemente. Por ejemplo, la empresa Uber calificó en el 2018 al costarricense como el segundo pasajero más olvidadizo, al compararlo con los datos de otros cuatro países [1]. También, medios de comunicación se han percatado de la problemática, siendo un ejemplo la empresa Repretel, la cual en su reportaje del 2021 señaló que el estilo de vida de los costarricenses dentro de las ciudades es acelerado [2].

¿Por qué es tan común que las personas pierdan pertenencias durante sus viajes? Las principales razones son las distracciones que tienen los usuarios en los diversos medios de transporte, ya sea para entretenerse o por ansiedad [3], y la colocación de los artículos en zonas vulnerables. No obstante, simples descuidos no son la única forma en que se pierden los objetos, pues muchas veces es consecuencia de un hurto. Este delito es una acción que ocurre regularmente y con cierto auge [4], en Costa Rica, debido a la alta densidad de pasajeros que emplean los transportes públicos [5].

Olvidar un artículo significará no solo una pérdida económica, la cual variará dependiendo del objeto extraviado, sino que también, dependiendo del cómo haya ocurrido, aumenta la inseguridad de las personas. Además, puede significar un peligro para la privacidad del usuario. Después de todo, los objetos con mayor tendencia a extravíos [2], como la billetera y el teléfono celular, contienen información sensible. Por lo que el usuario deberá invertir de su tiempo tanto para reemplazar el objeto como para asegurar que su información esté protegida.

Esta problemática tiene la peculiaridad de que una gran parte de la población es susceptible a ella, puesto que viajar es para muchos una actividad cotidiana. Incluso, en el 2022, teniendo aún presentes las consecuencias de la pandemia del COVID-19 [6], en una encuesta realizada por ARESEP a un total de 2 495 mayores de edad, se puede observar que todavía un 49% de la población utiliza los autobuses públicos, de la cual un 15% los utiliza todos los días [7].

Actualmente, en el mercado no existe ningún producto que resuelva esta problemática de objetos perdidos en medios de transporte, puesto que, aunque se observan rastreadores de objetos como los son Tile [8] y los AirTags [9], estos funcionan en entornos menos caóticos, por lo que no consideran la velocidad a la que los usuarios desabordan los vehículos ni la posibilidad de hurto. Además, presentan una clara dependencia hacia los teléfonos inteligentes, pues funcionan a partir de una aplicación móvil y mediante una conexión *bluetooth*. Debido a esto, se plantea KipClose, un sistema de dispositivos inteligentes e independientes a productos externos, como el teléfono celular, para resolver este problema.

Metodología

Una vez planteado el contexto y encontrada la necesidad, se empieza a formular la solución más conveniente, guiada por la metodología del *Design Thinking*. Inicia con la determinación de los requerimientos del producto para satisfacer las necesidades de los usuarios; se concretan esas ideas abstractas para darle una forma al producto y materializar el resultado mediante prototipos digitales y físicos. Ahora bien, para entender mejor cada una de estas fases, se detallan en el contexto del proyecto:

Identificación del usuario y requerimientos de diseño

En esta etapa, se busca conocer quién es el usuario meta y qué requiere para resolver la necesidad planteada; la cual en este caso, sería mantener sus pertenencias durante los viajes en los diversos medios de transporte. Considerando que viajar, independientemente de la distancia y el contexto, se ha vuelto algo tan común, es necesario delimitar a la población involucrada. Por lo cual, para encontrar al tipo de persona más vulnerable, se toman en cuenta diferentes aspectos: accesibilidad a la población y a estadísticas relacionadas, que estas personas experimenten altos niveles de estrés, tengan cierto grado de inmadurez y realicen viajes regulares en medios de transporte.

Una vez identificada la persona, hay que preguntarse qué necesita realmente en cuanto a esta problemática. Para dar con la respuesta, se realiza una encuesta a 20 personas dentro del nicho [10]. A partir de la información obtenida, se busca visualizar cuáles son sus intereses y preocupaciones, para así traducirlos a requerimientos que deberán reflexionarse para el producto.

Luego, es necesario caracterizar al usuario ergonómica y antropométricamente para dimensionar el producto, de manera que sea cómodo utilizarlo. Para eso, se tomaron como referencia los datos obtenidos en el estudio de Dimensiones antropométricas de la población latinoamericana [11] y la sección de medidas en la tesis de Gustavo Rivera Cabezas [12]. Se les presta mayor atención a las medidas respectivas de la mano y la muñeca, pues en ese

momento se conceptualizó el producto como un dispositivo que será operado con las manos, posiblemente, tipo *wearable*.

Por último, se realizó un análisis de referenciales para determinar el estado del arte, siendo Tile [8] y AirTag [9] los dispositivos más conocidos. Además, se toman en cuenta productos fuera del ámbito de la búsqueda de objetos, pero que contenían ciertas características interesantes para el proyecto, como la tecnología, la interacción o el método de sujeción que empleaban.

Con base en esta primera parte de la investigación, se realizó una hipótesis de diseño, la cual permitió direccionar las alternativas que se planteen a un objetivo común: la solución de las necesidades propuestas.

Concepto y generación de la forma del producto

Para el concepto, se plantean los objetivos, expectativas y alcances. Además, toda la investigación realizada hasta este punto fue sintetizada en cinco preguntas, las 5WH: “¿qué?”, “¿cuándo?”, “¿por qué?”, “¿para quién?” y “¿dónde?” y “¿cómo?”. Al final, a través de una frase, se refleja la dirección a la cual se querrá llevar el proyecto, siendo en este caso “Notificación dinámica del extravío de las pertenencias del usuario”.

A su vez, es necesario determinar qué emociones e ideas se querrán transmitir a través de la apariencia del producto. Con eso en mente, se seleccionan un par de adjetivos que logren representar al usuario, al contexto y el entorno de uso. Además, se utilizan herramientas como los *moodboards*, diferenciales y ejes semánticos para caracterizar visualmente estos adjetivos.

Se procede a realizar 10 propuestas de diseño a nivel de boceto. Posteriormente, se evalúa cada una de ellas con respecto a los requerimientos planteados, se extraen las características más deseables de cada una y se selecciona la que haya obtenido una mejor calificación. Esta propuesta fue mejorada mediante la implementación de algunos aspectos positivos de las demás propuestas, para así obtener una solución más completa y refinada.

A pesar de haber obtenido la forma inicial del sistema de dispositivos, era necesario jerarquizar sus funciones, para que los dispositivos lograsen ser prácticos y específicos. Por lo cual, se llevó a cabo un árbol de funciones en el que se muestra la función general o razón de ser del producto, las funciones secundarias y las auxiliares. Asimismo, se realiza un diagrama de flujo que muestre su secuencia de uso.

Luego, se realizó un análisis tecnológico y funcional para determinar los componentes que vendrían a solucionar las funciones planteadas. En el primero, se hace un estudio de mercado para observar la tecnología disponible y, en el segundo, se estudia el funcionamiento de esta tecnología y su implementación en la propuesta de diseño.

Por último, como una síntesis de los resultados encontrados en los análisis anteriores, se realiza un análisis sistémico. En este, se crean varios subsistemas, divididos por la función general

que realizan e integrados por los componentes seleccionados. De esta manera, se explica la relación entre componentes, su funcionamiento general y específico.

Materialización del Producto

Dentro de esta etapa, se incluye tanto la elaboración de un prototipo funcional como de prototipos físicos para demostrar su forma y aspecto. Para el primer caso, se desarrolló un código para Arduino UNO, con los componentes necesarios para simular la funcionalidad. Este luego fue puesto a prueba a través de un simulador digital. Una vez confirmada su funcionalidad, se procede a hacer las conexiones respectivas entre los componentes y la placa electrónica, para, finalmente, encapsularlos y así emular la distribución de los elementos dentro de una carcasa.

Respecto a la materialización perceptual, fue necesario determinar qué sería fabricado y qué sería adquirido como componente normalizado. Además, se seleccionó un material, el cual sea compatible con las necesidades estructurales de cada uno de los dispositivos diseñados para el sistema.

Con base en la decisión tomada, se realizaron los modelos 3D con grosores que se ajusten al material seleccionado. A su vez, se hicieron los primeros *renders* para tener una primera aproximación del aspecto real del sistema inteligente. A partir de estos, se construyeron modelos rápidos y de bajo costo para evaluar aspectos de volumen, ergonomía e interacción usuario-objeto; que provocaron modificaciones en los modelos. Una vez realizadas las modificaciones respectivas, se procedió a hacer los planos técnicos de las piezas por manufacturar.

Por último, se desarrolló un prototipo de mayor calidad a través de una impresión 3D. Cabe decir que, para este caso, solo se buscó evaluar su aspecto y morfología, por lo que los modelos fueron simplificados con el objetivo de ahorrar recursos.

Discusión de resultados

Contexto

El tipo de persona que se determinó como más vulnerable y accesible es el estudiante universitario de una edad entre los 17 y 30 años. La coherencia de esta selección se respalda en que un universitario, por lo general, tiene que viajar diariamente debido a la centralización de las sedes de estudio. Agregado a eso, tienen que transportar objetos de valor para su educación, como en el caso de los estudiantes de primer ingreso del Tecnológico de Costa Rica, en el 2019, de los cuales, el 81,8% contaba con una computadora portátil [13]. Estos usuarios suelen, además, desarrollar ciertos malos hábitos que pueden afectar su concentración, como no mantener un horario regular de sueño [14]. Además, es una población significativa y creciente, como se observa en la figura 1.



Fig. 1. Estudiantes primer ingreso universidades públicas en Costa Rica 2019. [15]

Respecto al Análisis de Referenciales, se llegó a varias conclusiones, como la nula utilización de energías sostenibles en alternativas del mercado, su dependencia a teléfonos inteligentes, el hecho de que la mayoría se concentra en rastrear y no en alertar al usuario, el uso de notificaciones sensoriales diversas, entre otras. Lo más importante es que se identifica una oportunidad para destacar entre los productos analizados, puesto que estos funcionan en ambientes más pasivos que no requieren de una acción rápida, como en un medio de transporte, donde es posible olvidar una pertenencia y abandonar el vehículo en cuestión de segundos.

Según las necesidades del usuario determinado y el estudio de las referencias, se llega a la siguiente lista de consideraciones: conocer la lejanía de las pertenencias a partir de estados para identificar el nivel de riesgo de sus artículos; facilitar la recuperación del objeto; evitar dependencia a otros dispositivos como el teléfono inteligente; portar e instalar los dispositivos con facilidad; un sistema adaptable a las necesidades específicas de cada individuo; versatilidad para monitorear cualquier tipo de producto y resistencia a compresiones acorde al entorno en el que será utilizado. Todos estos aspectos fueron tomados en cuenta para la elección de la propuesta de diseño que se observa en la figura 2.

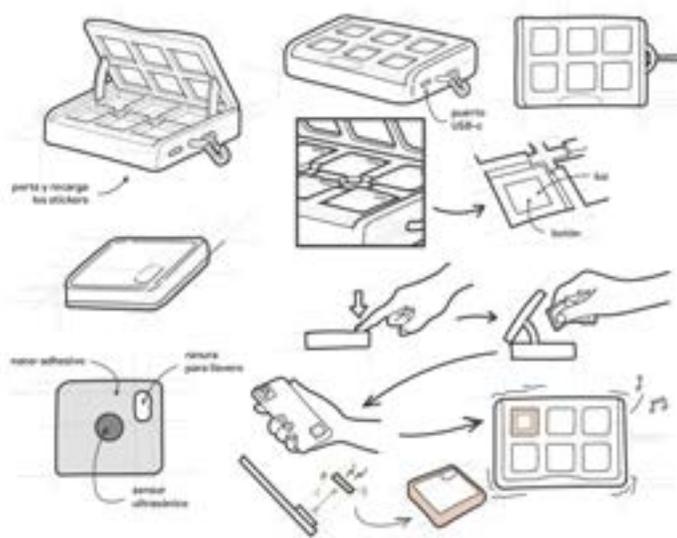


Fig. 2. Propuesta elegida.

Para el apartado perceptual del sistema de productos, con base en el contexto y entorno del proyecto, se propone un aspecto modesto, no muy llamativo, pues no se quiere atraer la atención de otras personas a las pertenencias del usuario o a los dispositivos. También, al estar dirigido a un público joven (18 a 30 años), y para ser coherente con la semántica de un viaje, que se relaciona con movimiento, se considera que el producto debe lucir dinámico.

¿Cómo se resuelve el problema?

El sistema de dispositivos KipClose se crea con el fin de solucionar el problema del extravío de los objetos durante los viajes. Su nombre proviene de las palabras *keep* y *close* en inglés que significa: mantén cerca. Además, el lenguaje de marca y el isotipo son creados visualmente acorde con el concepto y estética del sistema diseñado. Siendo, entonces, la icónica representación de las ondas de radiofrecuencia, una inspiración para el diseño.

KipClose está compuesto por un sistema de dos dispositivos principales: un rastreador y un *wearable* (figura 3), junto a una base de carga. Se le brindará al usuario un total de cuatro rastreadores, de esta manera, es posible monitorear en tiempo real a los cuatro objetos que el usuario considere de mayor valor.



Fig. 3. Renders del rastreador y el wearable.

También se agrega la posibilidad, totalmente opcional, de utilizar el teléfono móvil, a través de una aplicación (figura 4), para monitorear los rastreadores, ya sea su lejanía o nivel de batería, y modificar el color que emiten cuando no están en un modo alerta. Emplear la aplicación móvil permite además rastrear este teléfono inteligente, sin la necesidad de colocarle un rastreador.

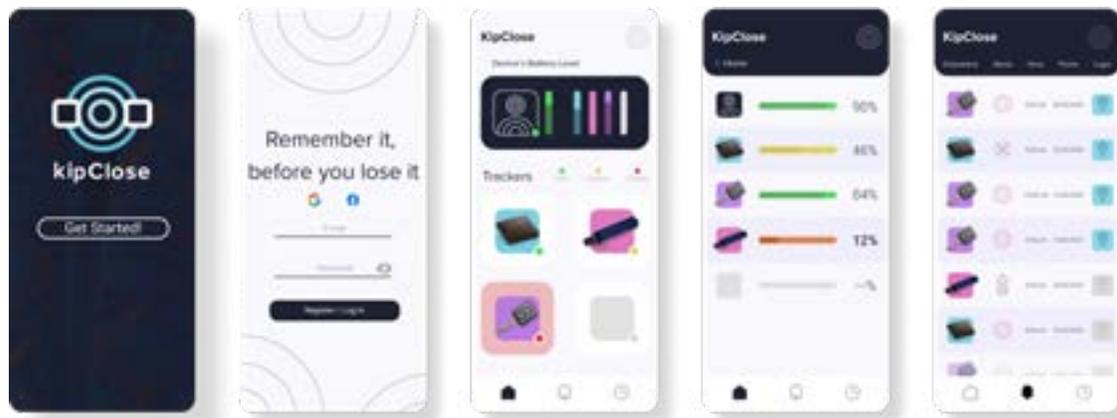


Fig. 4. Aplicación móvil.

El sistema de comunicación entre los rastreadores, el *wearable* y la aplicación móvil será por medio de *bluetooth*. La detección de distancia que existe entre el usuario y sus pertenencias es realizada por radiofrecuencia de banda ultra ancha (UWB), la cual funciona de manera confiable y precisa en rangos menores de 40 metros [16].

Los rastreadores se pueden unir a las pertenencias por medio del clip de acero o utilizándolo como un llavero. Para el caso del clip, se le agrega un sensor infrarrojo que confirme que el rastreador se mantiene unido al objeto. El producto vibrará y producirá sonidos en caso de extravío o separación, y podrá emitir diferentes luces dependiendo de su estado, basándose en el modelo mental cromático de los semáforos. Cuenta con dos zonas que emiten luz, la zona superior y de menor tamaño que indica bajos niveles de batería y la zona frontal que indica los estados de lejanía rastreador-usuario. Las características mencionadas pueden observarse en la figura 5.

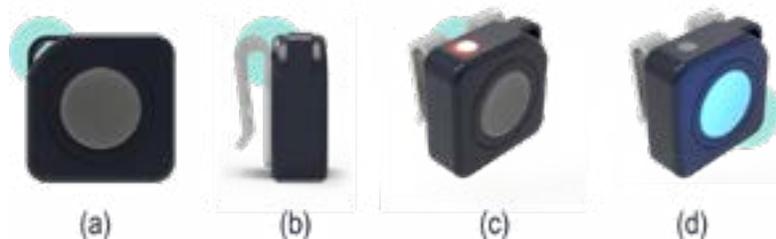


Fig. 5. Características del Rastreador. (a) Hoyo para llavero. (b) Clip. (c) Luz Superior (d) Luz Frontal

El *wearable* recibe las señales de los rastreadores y se los comunica al usuario, al que está unido a través de un brazalete removible *quick release*. Cuenta con cinco luces, de las cuales una indica el estado de la batería y funcionamiento del brazalete inteligente y las otras cuatro serán para cada uno de los rastreadores del sistema (figura 6). Estos cuatro también funcionarán como botones que, al ser presionados, harán que el rastreador respectivo emita señales en respuesta para encontrarlo.

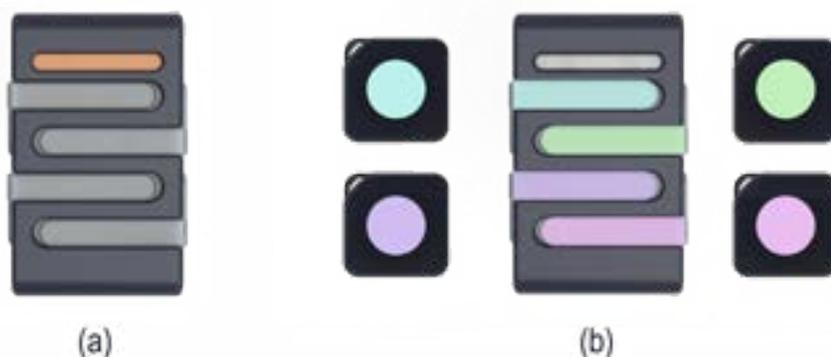


Fig. 6. Características del *wearable*. (a) Luz del estado de la batería. (b) Luces para cada rastreador.

Respecto a la base de carga, esta contará con un espacio respectivo para cada uno de los dispositivos que se cargarán a través de pines pogo. La propia base contará con una luz que indicará su estado de batería, para que, cuando esta señale que está por descargarse, el usuario pueda recargarla al conectarla a la corriente eléctrica mediante un cable USB-C. A su vez, la tapa de la base contará con una ventana de plástico transparente para poder observar si los dispositivos ya han terminado de cargarse, algo que igualmente sería notificado a través de la aplicación móvil.

En las figuras 7, 8 y 9 se muestran las arquitecturas de cada uno de los dispositivos.

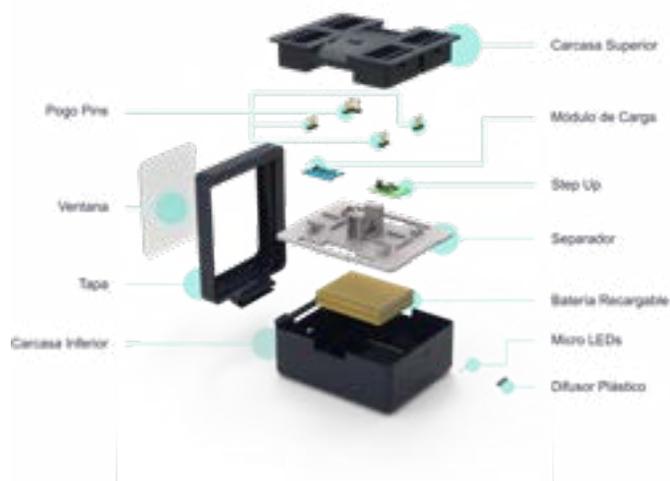


Fig. 7. Arquitectura de la base de carga.



Fig. 8. Arquitectura del rastreador.

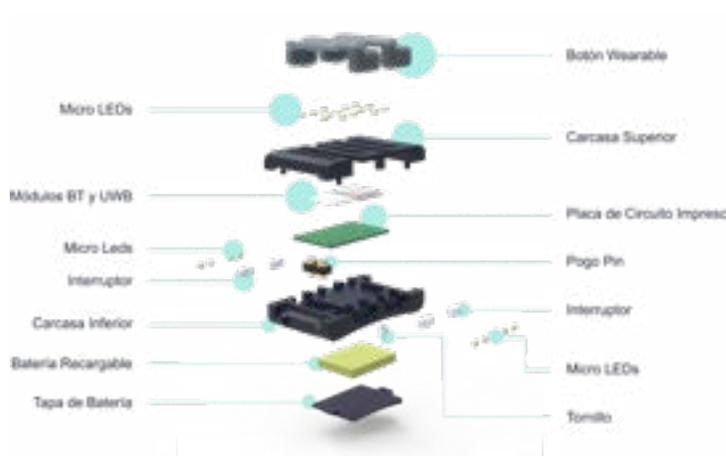


Fig. 9. Arquitectura del wearable.

Material y fabricación

Para la selección del material de las piezas fabricadas, se requirió que el sistema fuera resistente a factores ambientales, térmicos, eléctricos y fuerzas de compresión; además de poder ser moldeado fácilmente y ser personalizado. El plástico ABS fue el material que mejor se ajustó a las necesidades descritas. Las carcasas y botones de los diferentes dispositivos serían, entonces, elaboradas con este material a través de moldeo por compresión. Se plantea el uso de plástico ABS reciclado, tanto para tener un menor impacto ambiental en la fabricación de los dispositivos como por el aspecto dinámico de la textura que posee dado el proceso de reciclaje que lleva [17].

Usabilidad

El proceso de uso es bastante simple, por lo que se explica a través de casos hipotéticos. En ellos se observa la interacción necesaria y el contexto de uso de cada uno de los dispositivos. Como se observa en la figura 10, se mostrará la alerta por separación y el estado Sueño, el cual

consiste en poner los dispositivos en un estado pasivo en el cual no alertará al usuario, aunque se aleje. En la figura 11, se observan los tres diferentes estados que existen dependiendo de la lejanía entre el rastreador y el usuario: Seguro, Precaución y Alerta; y la forma de localizar los objetos a través de la interacción con el wearable.



Fig. 10. Uso e interacción del producto.

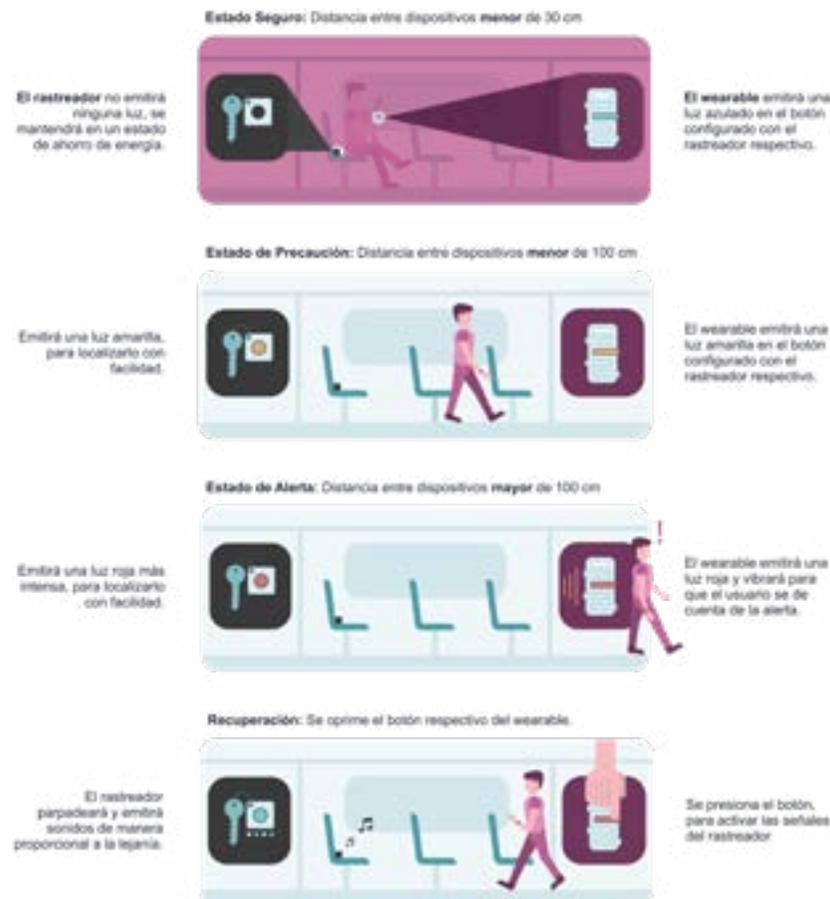


Fig. 11. Uso e interacción del producto.

Conclusiones

Al investigar, se encuentra una clara contradicción respecto a lo existente en el mercado y las necesidades del usuario. Muchos de los rastreadores disponibles operan mediante una aplicación móvil, generando dependencia del teléfono celular, uno de los artículos de más valor del usuario. Por su parte, el sistema KipClose resuelve esto a través de la implementación de un *wearable*, que permite rastrear el teléfono y funciona como el dispositivo principal del sistema.

Otro de los puntos que carece el estado del arte es la instantaneidad y efectividad de la alerta, pues una notificación vía teléfono móvil puede pasar desapercibida con facilidad. Nuevamente, la solución se consigue con el *wearable*, el cual, al estar sujeto a la muñeca, garantiza una comunicación directa de las alertas al usuario.

La usabilidad, en general, es intuitiva, pues se relacionan los botones del *wearable* con el respectivo rastreador a través de colores personalizados por el usuario. Los colores de los estados de la lejanía rastreador-usuario se basan en el modelo mental del semáforo y las vibraciones solo ocurren en momentos de alerta extrema de posibilidad de extravío.

Aspectos adicionales del sistema de *gadgets*, como la posibilidad de almacenar los rastreadores y el *wearable* en la base de carga, cuando no están en uso, brindan al sistema una gran versatilidad, permitiendo al usuario llevarlos consigo en todo momento sin preocuparse por que se queden sin carga durante sus viajes. Gracias a KipClose, el usuario puede mantenerse tranquilo y tener su mente para cosas más importantes o simplemente relajarse.

Por último, algunos aspectos de mejora del sistema por tomar en cuenta a futuro son los siguientes: optimización al máximo de las dimensiones de los rastreadores; contemplar posibilidad de adaptar la app para relojes inteligentes y ofrecer mayor variedad en los tipos de *wearable* para adaptarse mejor al usuario.

Respecto al proyecto de investigación en su totalidad, se hace un refuerzo en el conocimiento práctico y teórico de todas las diferentes etapas del *Design Thinking*, junto con las metodologías empleadas. Destacando personalmente la etapa de prototipado, con los trabajos de acabado en impresiones 3D y la creación del modelo funcional.

Referencias

- [1] “Durante 2018 se reportaron más de 45.200 artículos personales olvidados en viajes de Uber”, Uber, 2019. [Online]. Disponible: <https://www.uber.com/es-CO/newsroom/mas-de-45000-objetos-olvidados-en-uber/> (accessed Feb. 18, 2022).

- [14] J. Mancha, and J. Vela, “Estilo de vida, un factor determinante en la salud de los Jóvenes Universitarios”, UCR, 2021. [Online]. Disponible: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/medica/article/view/48629> (accessed Mar. 6, 2022).
- [15] I. Gutiérrez, L. Kikut, M. J. Hidalgo, O. Madrigal, and C. Azofeifa, “Caracterización de la población estudiantil universitaria estatal, 2019”, CONARE, pp. 24–31, 2019.
- [16] Y. Rahayu, T.A. Rahman, R. Ngah and P.S. Hall, “Ultra-wideband technology and its applications”, Wireless Communication Centre (WCC), Fac. Elec. Engr., UTM, 2008. [Online]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/4340245_Ultra_wideband_technology_and_its_applications (accessed Apr. 13, 2022).
- [17] “Ecopixel Products”, Ecopixel. [Online]. Disponible: <http://www.ecopixel.eu/products.html> (accessed Jun. 1, 2022).



Diseño de una experiencia de aprendizaje basada en analogías para facilitar la adquisición del concepto de densidad

Design of a learning experience based on analogies to facilitate the acquisition of the concept of density

Hilda Vásquez-Carvajal¹, Yoselyn Walsh²

H. Vásquez-Carvajal, Y. Walsh "Diseño de una experiencia de aprendizaje basada en analogías para facilitar la adquisición del concepto de densidad", IDI+, vol. 5, no 2, Jul., pp. 31-45, 2023.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v5i2.6548>

Fecha de recepción: 30 de junio de 2022
Fecha de aprobación: 11 de octubre de 2022

1. Hilda Vásquez-Carvajal
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
hildarvc@estudiantec.cr
 0000-0003-2076-9207

2. Yoselyn Walsh
Profesora-investigadora
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
ywalsh@itcr.ac.cr
 0000-0002-6113-4593

Resumen

Los estudiantes presentan problemas para aprender conceptos en ramas STEM, debido a su naturaleza abstracta y el enfoque de procedimiento matemático que se le da en las lecciones. Por lo cual, este artículo se enfoca en el proceso de diseño y validación de una experiencia de aprendizaje de conceptos de densidad. El manipulativo físico utilizado como objeto de aprendizaje se basó en el Modelo de Cuadros y Puntos (MCP) para demostrar de forma gráfica, la relación que existe entre los conceptos de masa, volumen y densidad. Seis escenarios se utilizaron para guiar la interacción con el manipulativo físico. Además, un total de seis estudiantes de colegio participaron en la validación de la experiencia de aprendizaje. Como resultado, se obtuvo una mejoría de los conceptos entre la prueba inicial y la prueba final; sin embargo, se demostró que los participantes tienen problemas con los conceptos de masa, volumen y su relación con la densidad.

Palabras claves

Experiencia de aprendizaje; STEM; diseño; densidad; objeto de aprendizaje.

Abstract

Students present complications in learning concepts in branches such as physics and chemistry due to the abstract nature of their concepts and the mathematical procedural approach given in the lessons. This article focuses on the process of designing and validating a learning experience for density concepts. The physical manipulative used as a learning object was based on the Model of Squares and Points (MSP) to graphically demonstrate the relationship between the concepts of mass, volume, and density. Six scenarios were used to guide interaction with the physical manipulative. A total of six high school students participated in the validation of the learning experience. As a result, the concepts were improved between the initial and final tests; however, it was shown that the participants had problems with the concepts of mass, volume, and their relation to density.

Keywords

Learning experience, STEM, design, density; learning object.

Introducción

La densidad es un concepto fundamental de física. El término “densidad” alude a la relación matemática que existe entre la masa y el volumen ocupado de un objeto [1]. Además, esta es una propiedad intensiva de la materia, es decir, es una propiedad fija de cada material o sustancia. Investigadores han encontrado que los estudiantes presentan problemas para entender el concepto de densidad [2]. Principalmente, se encontró que no asocian densidad como una propiedad intensiva que caracteriza a una sustancia, sino que confunden densidad con cambios de forma y volumen. Por ejemplo, se ha encontrado que los estudiantes confunden el concepto de densidad con los conceptos de masa (cantidad de materia) y de volumen (cantidad de espacio) que ocupa un material o sustancia [2]. Una de las explicaciones de porqué el concepto de densidad es difícil de aprender para los estudiantes es que los humanos no pueden percibir la densidad de un objeto de manera directa, sino que deben recurrir al cálculo matemático [3].

Para facilitar el aprendizaje y enseñanza del concepto de densidad, se han utilizado diferentes métodos, incluido el basado en analogías. La analogía es una relación de semejanza que se establece entre dos referentes distintos. Estas permiten transferir conocimientos de un área a otra y facilitan la visualización de un dominio desconocido [4]. En este artículo, se explora el uso de analogías visuales para el diseño de una experiencia de aprendizaje [4]. También se investigaron los *affordances* de la experiencia de aprendizaje que contribuyeron con la comprensión del tema de densidad. Además, el modelo de analogía utilizado fue el de cuadros y puntos (MCP) creado por Smith et al. [5]. Finalmente, la pregunta de investigación que guio el estudio fue: ¿cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado para facilitar el aprendizaje de densidad?

El término *affordance* utilizado en el estudio es el dado por Donald Norman [6], el cual se define como lo que un usuario cree que puede hacer con un sistema (“Afford” to do), según su expectativa, entendimiento previo y la primera impresión del sistema.

El modelo de cuadros y puntos

El Modelo de Cuadros y Puntos (MCP) asigna a cuadrados iguales la unidad de volumen y a puntos iguales la unidad de masa de la sustancia [4]. La cantidad de puntos por unidad de volumen constituye la unidad de densidad. Para ejemplificarlo, la figura 1 muestra el modelo básico de MCP, donde cada cuadro representa una unidad estándar de volumen y cada punto representa una unidad de masa. Además, el número de puntos por cuadro corresponde a la densidad.

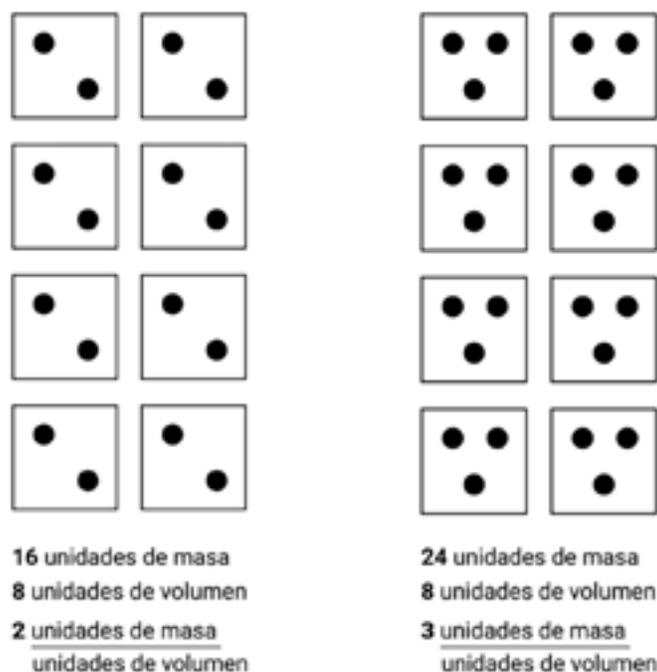


Fig. 1. Representación del Modelo de Cuadros y Puntos. [4].

El MCP es útil para ayudar a comprender el concepto de densidad de una forma gráfica y entender su relación con los conceptos de masa y volumen [4]. Para calcular la densidad (d) de un objeto, se debe dividir la masa (m) entre el volumen (v) para obtener la fórmula: $d = m/v$. En el modelo se puede observar la densidad como la cantidad de masa que puede albergar cada unidad de volumen de un objeto.

Métodos

Con el objetivo de investigar cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado que facilitan el aprendizaje de densidad, se elaboraron tres diferentes materiales didácticos: prueba de conocimiento de densidad, objeto de aprendizaje y guía de experimentación. Los materiales didácticos se utilizaron para hacer una intervención educativa con estudiantes de décimo y undécimo año.

1. Prueba de conocimiento de densidad

La prueba de conocimiento incluye preguntas sobre los conceptos de densidad, masa y volumen de una o más sustancias en una comparación. La tabla I muestra la relación entre los escenarios de uso, los materiales y el proceso de razonamiento. Los escenarios o preguntas contienen los conceptos que se evalúan en la prueba de conocimiento.

2. Objeto de aprendizaje

El objeto de aprendizaje (OA) permite al estudiante sacar conclusiones con respecto a la densidad, masa y volumen de una o más sustancias en una comparación. OA se conforma de dos elementos principales: los cuadrantes y las esferas. Por su parte, los cuadrantes representan las unidades de volumen y las esferas las unidades de masa (figura 2).



Fig. 2. Objeto de aprendizaje.

En la figura 2, se observan cuatro cuadrantes de una medida de siete centímetros de arista. Cada cuadrante contiene tres esferas de vidrio en su interior. Es decir, en la figura 2 se observan cuatro unidades de volumen y 12 unidades de masa.

TABLA I

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento

Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
Escenario 1. ¿Qué es el volumen de un objeto?	¿Qué es el volumen de un objeto?	El volumen se define como el espacio que ocupa un objeto. Cuantos más cuadrantes tenga el objeto, va a poseer más volumen.
Escenario 2. ¿Qué es la masa de un objeto?	¿Qué es la masa de un objeto?	La masa se define como la cantidad de materia que posee. Cuantas más bolinchas posea el objeto, va a poseer más masa.

TABLA I. (Continuación)

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento

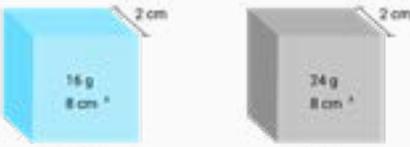
Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
<p>Escenario 3. ¿Qué es la densidad de un objeto?</p>	<p>¿Qué es la densidad de un objeto?</p>	<p>La densidad es la relación/división entre la masa y el volumen. La cantidad de bolinchas por cuadrante.</p>
<p>Escenario 4. Imagínese que usted tiene un cubo, al cual llamaremos Cubo A. Tiene las dimensiones mostradas en la figura adjunta y cuenta con 16 g de masa y 8 cm³ de volumen. Necesita calcular su densidad. ¿Cómo lo haría?</p>  <p style="text-align: center;">Cubo A</p>	<p>Cubo A</p> <p>Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen.</p> <p>16 bolinchas representando 16 unidades de masa.</p>	<p>Dada la fórmula de la densidad, se debe calcular $16 \text{ g}/8 \text{ cm}^3 = 2 \text{ g}/\text{cm}^3$ (2 unidades de masa/ unidades de volumen)</p>
<p>Escenario 5. Tomando los datos del escenario anterior. Imagine que usted tiene en su escritorio otro cubo, al cual llamaremos Cubo B. Observe la figura adjunta para más detalles. Compare el Cubo A y el Cubo B en términos de densidad.</p>  <p style="text-align: center;">Cubo A Cubo B</p>	<p>Cubo A</p> <p>Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen</p> <p>16 bolinchas representando 16 unidades de masa.</p> <p>Cubo B</p> <p>Ocho cuadrantes representando ocho unidades de volumen.</p> <p>24 bolinchas representando 24 unidades de masa.</p>	<p>Cuanto más alto el valor de la relación entre la masa y el volumen, más densidad va a tener ese objeto.</p> <p>En este caso, el Cubo B es más denso que el cubo A, ya que $24 \text{ g}/8 \text{ cm}^3 = 3 \text{ g}/\text{cm}^3$ es mayor que $2 \text{ g}/\text{cm}^3$</p>

TABLA I. (Continuación)

Escenarios, Elementos del Objeto de Aprendizaje y Razonamiento

Escenario o pregunta	Elementos del objeto de aprendizaje	Razonamiento
<p>Escenario 6. Imagínese que usted tiene 2 botellas que contienen agua, como se muestran en la figura adjunta. Compare la botella A y la botella B en términos de densidad</p> 	<p>Botella A</p> <p>10 cuadrantes representando 10 unidades de volumen.</p> <p>10 bolinchas representando 10 unidades de masa.</p> <p>Botella B</p> <p>Cinco cuadrantes representando cinco unidades de volumen.</p> <p>Cinco bolinchas representando cinco unidades de masa.</p>	<p>A pesar de que tengan diferente masa y volumen, la densidad del agua sigue siendo la misma, por ende, ambos contenidos tienen la misma densidad de 1 g/ml (1 unidades de masa/ unidades de volumen).</p>

3. Guía de interacción

Para la utilización del OA, se diseñó una guía de interacción que promueve la reflexión y la adquisición de conocimientos de densidad. La interacción con el OA se dividió en dos fases: la exploración con el OA y los escenarios.

El objetivo de la fase de exploración es que los usuarios se enfoquen en el reconocimiento de las características físicas del OA. La fase de interacción contiene las siguientes preguntas:

1. Asumiendo que cada cuadrado es una unidad de volumen, ¿cómo representaría una sustancia que tenga 8 unidades de volumen?
2. Tomando en cuenta lo construido en la pregunta anterior y asumiendo que cada esfera es una unidad de masa, ¿cómo representaría una sustancia con 16 unidades de masa?
3. ¿Cómo representaría una sustancia que tenga 8 unidades de volumen y 12 unidades de masa?
4. ¿Reconoce el significado de las esferas en el objeto de aprendizaje?
5. ¿Reconoce el significado de los cuadrantes en el objeto de aprendizaje?

En la fase de escenarios con el OA, se utilizaron los escenarios descritos en la tabla 1, los cuales utilizan el Cubo A, Cubo B, Botella A y Botella B para el cálculo de densidad y comparación de densidades entre objetos. La diferencia con respecto a la prueba de conocimiento es que los

estudiantes utilizaron el OA para responder las preguntas en lugar de basar sus respuestas solo en el conocimiento previo.

Intervención

Para encontrar los *affordances* del OA de la experiencia de aprendizaje de densidad se llevó a cabo una intervención didáctica. Los participantes fueron seis estudiantes de secundaria; tres de décimo año y tres de undécimo año, quienes participaron de la experiencia de aprendizaje de forma voluntaria en las aulas del colegio. Las edades de los participantes oscilaban entre los 16 y 18 años. Todos habían recibido, antes, al menos un curso de física que abordó el tema de densidad. La figura 3 muestra a un participante durante la experiencia de aprendizaje.



Fig. 3. Participante utilizando el objeto de aprendizaje.

La intervención didáctica consistió en tres etapas secuenciales (figura 4). Para la prueba inicial, se utilizó la prueba de conocimiento, la cual se entregó de manera impresa a los estudiantes. Además, durante la prueba inicial, se les facilitó a los participantes hojas blancas y una calculadora para resolverla. En la fase de interacción, se utilizó el OA y la guía de interacción. En la prueba final, se utilizó por segunda ocasión la prueba de conocimiento, de tal forma que se pudieran observar cambios de antes y después de utilizar el OA.



Fig. 4. Esquema del procedimiento del estudio.

1. Análisis de datos

Los datos se analizaron desde la perspectiva del Análisis de Protocolos Verbales (VPA) de Bainbridge y Sanderson [7]. Las respuestas obtenidas durante el plan piloto fueron transcritas por la primera autora del artículo. Además, en cuanto a la generación de códigos para el análisis de las respuestas, se definió una rúbrica, la cual se muestra en la tabla II. Con el fin de comprobar la validez de la rúbrica y los escenarios, se llevó a cabo un plan piloto con dos usuarios. El plan piloto retroalimentó la formulación de las preguntas de la fase de exploración y también detalles en las dimensiones del prototipo.

TABLA II
Rúbrica de Evaluación

Etapa del estudio	Rubros de evaluación				
	Avanzado	Adecuado	En desarrollo	Inadecuado	No responde
Prueba inicial	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR
Interacción Fase 1	Identifica todas las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	Identifica la mayoría de las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	Identifica pocas de las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	No identifica las características de los elementos del objeto de aprendizaje.	NR
Interacción Fase 2	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR
Prueba Final	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta y utiliza algunos argumentos correctos para soportarla.	La respuesta incluye una afirmación correcta, pero los argumentos para soportarla son incorrectos o nulos.	La afirmación y los argumentos son incorrectos.	NR

Como muestra la tabla II, las respuestas de cada pregunta se evalúan según la etapa del estudio de manera independiente. Las respuestas de los estudiantes fueron categorizadas en avanzado, adecuado, en desarrollo, inadecuado y no responde. Por su parte, la tabla III muestra ejemplos de citas textuales de los participantes que ejemplifican un concepto “Avanzado”, un concepto “Adecuado”, un concepto “En desarrollo” y un concepto “Inadecuado”. La diferencia entre la categoría de “Avanzado” y “Adecuado” es el nivel de detalles científicamente correctos usados para apoyar la respuesta. La categoría “En desarrollo” es considerada una respuesta fragmentada, ya que contiene detalles científicos correctos e incorrectos en la misma respuesta. La categoría “Inadecuada” es incorrecta. Finalmente, en la categoría no responde, se ubican aquellas respuestas donde el estudiante deja en blanco la pregunta.

TABLA III
Ejemplos de Respuestas

Avanzado	Adecuado	En desarrollo	Inadecuado	No responde
<p>“El volumen de un objeto es básicamente el espacio que ocupa un objeto en determinado lugar en el espacio-tiempo”.</p> <p>-P5, Escenario 2</p>	<p>“La densidad es la cantidad de masa que hay en un volumen”.</p> <p>-P3, Escenario 3</p>	<p>“El volumen de un objeto es mmm, el volumen de un objeto es como mmm, el espacio que puede ocupar o no sé”.</p> <p>P6, Escenario 2</p>	<p>“Como la masa que, ósea, la cantidad de algo que puede caber en un objeto”.</p> <p>-P6, Escenario 3</p>	<p>NR</p>

Resultado

La figura 8 muestra el desempeño de los estudiantes en el pretest para los seis escenarios planteados para el estudio (tabla I).

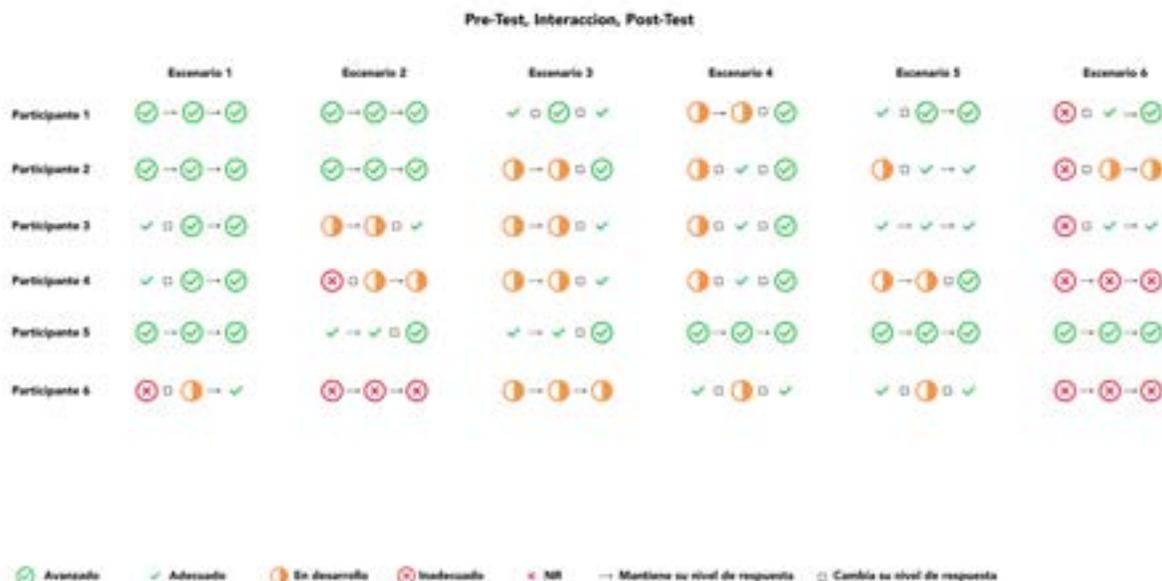


Fig. 5. Resultados del pretest.

Como se observa en la figura 5, se obtuvo un total de ocho respuestas avanzadas, nueve adecuadas, 11 en desarrollo y ocho inadecuadas. El Participante 5 fue el que obtuvo un mejor desempeño, con cuatro respuestas avanzadas y dos adecuadas. El Participante 6 obtuvo el peor desempeño, ya que obtuvo tres respuestas inadecuadas, dos adecuadas y una en desarrollo. En términos de escenarios, se puede observar que el Escenario 6 (densidad del agua en botellas de diferente tamaño) tuvo cinco de seis respuestas inadecuadas, lo que lo convierte en el escenario con el menor desempeño.

Con respecto a la fase de interacción, pueden observarse los resultados en la figura 6. En esta prueba, se obtuvieron 12 respuestas avanzadas, nueve respuestas adecuadas, 12 en desarrollo y tres inadecuadas. El Participante 1 fue el que obtuvo un mejor desempeño, mientras que el Participante 6 obtuvo el peor. Con respecto a los escenarios, se mantuvo la misma tendencia que en el pretest, el Escenario 1 fue el que obtuvo el mejor desempeño, mientras que el Escenario 6 el peor.



Fig. 6. Resultados de la interacción.

En la etapa del postest, como se puede visualizar en la figura 7, la mayoría de los participantes obtuvo respuestas de “avanzado” y “adecuado” para un total de 20 respuestas avanzadas, 10 adecuadas, tres en desarrollo y tres inadecuadas. El Escenario 1 tuvo cinco de seis avanzadas, siendo el de mejor desempeño junto con el Escenario 4 que obtuvo los mismos resultados. En lo que respecta a los participantes, se tiene que el Participante 5 logró obtener todas sus respuestas en la categoría de “avanzado”, lo que lo convierte en el de mejor desempeño. El Escenario 6 tuvo una mejora considerable; sin embargo, siguió siendo el de peor desempeño.



Fig. 7. Resultados del postest.

Los errores detectados en las respuestas corresponden a un uso incorrecto de analogías o de intercambiar conceptos. Por ejemplo, una de las definiciones dada para masa (Escenario 2) fue: “Como el peso por así decirlo, digamos está el volumen que es como la cantidad de espacio que ocupa, pero la masa sería como la materia que contiene dentro”. Pese a que la afirmación es correcta, el concepto de peso se sale del tema. Un ejemplo de analogía encontrada fue: “La masa de un objeto es como la influencia que tiene la gravedad sobre este objeto, entonces, es como nosotros llamamos como el peso, como la masa o el espacio que lleva”, lo cual demuestra otra aplicación errónea del concepto de peso.

Por otro lado, relacionaron incorrectamente masa con densidad. Por ejemplo, el Participante 2 dijo: “La masa está relacionada a la densidad del cuerpo, entre más masa más denso”. Como adjetivo, utilizaron para describir la densidad la palabra compacto, lo cual significa que se tiene una estructura apretada y poco porosa, esto depende muchísimo del tipo de sustancia del que se esté hablando.

Discusión

Con respecto a los resultados obtenidos, se analizó el cambio de las respuestas de los participantes en las etapas del estudio: pretest, experimentación y postest. La figura 8 muestra el resumen de los resultados. Se obtiene que los participantes tienen una mejoría entre el pretest y el postest, ya que los cambios que ocurrieron fueron casi siempre positivos. Por ejemplo, ningún estudiante proporcionó en el pretest una respuesta a los escenarios mejor que en la fase de experimentación o en el postest. Sin embargo, el Participante 6 proporcionó, a través de todo el estudio, respuestas fragmentadas (ej., respuestas categorizadas como en desarrollo o inadecuado, ya que contienen información no correcta).

En cuanto a los escenarios, los resultados del Escenario 6 mostraron que los estudiantes tienden a confundir los términos de volumen con densidad, ya que indicaron que la densidad del agua en una botella pequeña es diferente a la densidad del agua de una botella grande. Los resultados obtenidos fueron consistentes con los resultados de Hashweh (2016) [8], el cual encontró que los estudiantes que comenzaron con una comprensión básica de algunos aspectos de la densidad ganaron más conocimiento con la intervención. Por el contrario, aquellos que iniciaron sin conocimientos básicos de densidad tienden a tener dificultades para aprender. Los problemas que los estudiantes presentaron en el estudio de Hashweh indicaron que los estudiantes confunden los conceptos de densidad, masa y volumen.



Fig. 8. Resumen de los resultados obtenidos.

1. Affordances

Para responder la pregunta de investigación: ¿cuáles son los *affordances* del objeto de aprendizaje diseñado para facilitar el aprendizaje de densidad?, se analizaron las respuestas de los estudiantes con respecto a las características del objeto de aprendizaje.

El objeto de aprendizaje utilizaba las bolinchas como las unidades de masa y los cuadrantes las unidades de volumen, la densidad de la sustancia sería la cantidad de bolinchas que hay en cada cuadrante. Este *affordance* fue percibido por la mayoría de las participantes, ya que se puede observar que hubo una tendencia a mejorar las respuestas del pretest a las fases de interacción y postest.

Sin embargo, los estudiantes mantuvieron problemas para responder el Escenario 6, lo cual indica que el objeto de aprendizaje no ayudó a que entendieran que la densidad es una propiedad intensiva.

Conclusiones, limitaciones y trabajo futuro

Se concluye que los participantes confundieron los conceptos de masa y volumen, lo que los lleva a tener un concepto erróneo de la densidad. Además, la idea de densidad que poseen llega a un nivel teórico solamente, ya que se les dificultó mucho describir el concepto más allá de su fórmula matemática.

Con respecto a los trabajos futuros, se recomienda volver a realizar el experimento en una muestra de 30 o más participantes, ya que el tamaño de la muestra del plan piloto no es

recomendable para estudios de tipo cuantitativo. Finalmente, para este estudio, se recomienda evaluar la retención de los conceptos e interacción por parte de los estudiantes. Para esto, se recomienda repetir la prueba final una semana después de la interacción con el objeto de aprendizaje.

Referencias

- [1] H. de J. Botero Quiceno, "Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje," no. 17, pp. 23–32, 2010 [Online]. Available: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oiart?codigo=4040358>
- [2] A. Raviolo, M. Moscato, and A. Schnersch, "Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico," vol. 18, 2005. Available <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8116/8992>
- [3] L. Xu and D. Clarke, "Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective," vol. 42, no. 4, pp. 769–789, 2012, doi: 10.1007/s11165-011-9232-7. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9232-7>
- [4] A. Raviolo, M. Moscato, and A. Schnersch, "Enseñanza del concepto de densidad a través de un modelo analógico," vol. 18, 2005. Available <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/8116/8992>
- [5] C. Smith, J. Snir, and L. Grosslight, "Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation," vol. 9, no. 3, pp. 221–283, 1992, doi: 10.1207/s1532690xci0903_3. [Online]. Available: https://doi.org/10.1207/s1532690xci0903_3
- [6] D. A. Norman, *The design of everyday things*. New York: Basic Books, 2013 [Online]. Available: http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&local_base=BVB01&doc_number=026912720&sequence=000002&line_number=0001&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA
- [7] L. Bainbridge and P. Sanderson, "Verbal protocol analysis," in *Evaluation of Human Work*, 3rd ed., vol. 7, J. R. Wilson and N. Corlett, Eds. Florida: Taylor & Francis Group, LLC, 2005, pp. 159–184.
- [8] Maher Z. Hashweh (2016) "The complexity of teaching density in middle school," in *Research in Science & Technological Education*, 34:1, 1-24, DOI: 10.1080/02635143.2015.1042854



Diseño de un gadget inteligente para corregir la postura y aliviar molestias musculares en los teletrabajadores

Design of a smart gadget to correct posture and relieve muscle discomfort on teleworkers

María I. Araya-Canales¹, Isabel Rodríguez-Barrantes²

M. I. Araya-Canales, I. Rodríguez-Barrantes "Diseño de un gadget inteligente para corregir la postura y aliviar molestias musculares en los teletrabajadores", IDI+, vol. 5, no 2, Jul., pp. 46-59, 2023.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v5i2.6549>

Fecha de recepción: 7 de junio de 2022
Fecha de aprobación: 14 de octubre de 2022

2. María I. Araya-Canales
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
mariaisabel1011@estudiantec.cr
 0000-0002-9485-8598

3. Isabel Rodríguez-Barrantes
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
isabelrodriguez@estudiantec.cr
 0000-0002-5466-5644

Resumen

El teletrabajo se convirtió en una de las modalidades laborales más importantes en los sectores privados y públicos, producto de la pandemia del COVID-19. Sus beneficios han sido múltiples en la parte económica; sin embargo, trajo desventajas para los usuarios que tuvieron que adaptar las condiciones de su hogar a esta modalidad. Las complicaciones, en su mayoría, son afectaciones musculares en el cuello y espalda, producto de malas posturas durante la jornada laboral.

A partir de esto, se identificó la necesidad de brindar ayuda a los teletrabajadores para corregir los problemas posturales, disminuyendo y previniendo los dolores musculoesqueléticos, de una manera distinta a la que se encuentra en el mercado, ya que los productos existentes se enfocan únicamente en avisar creando molestias al usuario.

Se planteó, entonces, por medio de la metodología *design thinking*, el diseño de un dispositivo inteligente THÉSI. Producto que permite la corrección de la postura del usuario por medio de un sistema de alarma con un modo silencioso, que recuerda cuando el individuo ha sobrepasado los 15° de flexión en el cuello; a su vez, ofrece un sistema de relajación en puntos de tensión.

De esta forma, se descubrió que es posible mejorar la memoria muscular del usuario al recordarle que debe reacomodar su postura al realizar un ángulo inadecuado y así evitar las posturas forzadas; lo cual previene lesiones de tipo musculoesqueléticas que pueden afectar la calidad de vida, así como la experiencia misma de teletrabajar se puede volver más placentera.

Palabras claves

Gadget inteligente; teletrabajo; postura; COVID-19; trastornos musculoesqueléticos.

Abstract

Due to the Covid 19 pandemic, telecommuting became one of the most important work modalities in the private and public sectors. Its benefits have been multiple economically speaking, however, it also brought disadvantages for users who needed to adapt the conditions of their home to this modality. These complications are especially muscle affectations in the neck and back areas, as a result of poor posture during the workday.

From this, it was identified the need to help teleworkers to correct postural problems, reducing and preventing musculoskeletal pain, in a different way to what is found in the market where the products are focused only on warning, creating discomfort to the user.

Therefore, it was proposed, through the design thinking methodology, the design of the smart gadget THÉSI, a product that allows the correction of posture through an alarm system with a silent mode, that reminds when the neck is flexed at an angle greater than 15° and offers a

vibration system in points of tension to relax the back muscles.

Thus, it was discovered that it is possible to improve the user's muscle memory by reminding them to readjust their posture when making an inappropriate angle and thus avoid forced postures, which prevents musculoskeletal injuries that can affect the quality of life, as well as making the teleworking experience itself more pleasant.

Keywords

Smart gadget; teleworking; posture; COVID-19; musculoskeletal disorders.

Introducción

A raíz de la pandemia originada por COVID-19, la sociedad se tuvo que adaptar a una nueva realidad. Muchas actividades que ya tenían un orden establecido y conocido se vieron en la obligación de implementar cambios drásticos para seguir funcionando.

Los sectores económicos del país se vieron forzados a tomar medidas repentinas que complicaron el desarrollo tradicional. Uno de los más afectados por la pandemia fue el sector productivo de empresas públicas o privadas; quienes dejaron de contar con espacios adecuados para cumplir con las medidas como el distanciamiento. A partir de esto, nace el estado de emergencia y la necesidad de acatar estructuras productivas nuevas para reactivar, por lo que se reorganiza el modelo de trabajo pasando a un teletrabajo fijo a inicio de pandemia [1].

El teletrabajo se define como [2]: “una modalidad laboral el cual permite realizar de manera total o parcial las labores desde el hogar, un lugar distinto a la oficina o de las instalaciones de producción, utilizando los diferentes medios tecnológicos de la información y comunicación”. Este método de reacomodo permitió que las empresas pudieran seguir desarrollándose. Según estudios, un 79,71% de costarricenses cambiaron repentinamente su modalidad de trabajo, sin el equipo adecuado para adaptarse de manera correcta.

Al hablar de teletrabajo, muchas veces se le da énfasis solo a los beneficios que trajo económicamente; sin embargo, se deja de lado las complicaciones físicas y emocionales que provocó a los usuarios teletrabajadores.

Se ha demostrado que dicha modalidad de trabajo incluye riesgos para la salud de los trabajadores como el aislamiento personal, fatiga, y problemas producto de condiciones medioambientales y ergonómicas [3]. Estos riesgos aumentan si se está dando una mala práctica ergonómica en el espacio de trabajo, lo cual podría provocar problemas musculoesqueléticos, visuales y psicosociales [4].

Entre las quejas más comunes por molestias en los teletrabajadores, se encuentran dolores de espalda a nivel lumbar, cuello, mano y muñecas; de los cuales, los que presentan mayor

incidencia son dolor lumbar seguido del cuello [5]. El área general afectada es la espalda en diferentes zonas de la espina dorsal, por lo cual es importante prestarle atención, ya que es un segmento corporal altamente vulnerable para lesionarse; si no se tienen las medidas preventivas adecuadas en cuanto a una adopción de posturas inadecuadas, permanecer mucho tiempo en una sola posición y no contar con medidas ergonómicas [2].

Con el pasar del tiempo, se ha visto un aumento notable en el número de consultas médicas e incapacidades por enfermedades presentadas, las cuales están relacionadas directamente con el teletrabajo [3]. Esto debido a que, a dos años de haber iniciado la pandemia, una gran cantidad de empresas tomaron la decisión de modificar permanentemente los puestos de trabajo para que sean 100% remotos o modalidades híbridas, convirtiendo los hogares de los teletrabajadores en espacios de trabajo permanentes.

A partir de la decisión de perpetuar el teletrabajo y de los efectos dañinos en la salud de los teletrabajadores, nace la necesidad de diseñar un dispositivo inteligente con el objetivo de corregir la postura de estos usuarios durante su jornada laboral. De manera que sea un producto cómodo, adaptable a las necesidades del usuario y fácil de usar; e impacte positivamente en la salud de los trabajadores previniendo molestias musculares o trastornos graves en zonas como la espalda o cuello. Además de brindarles una forma rápida para relajar las zonas de mayor tensión en su cuerpo, logrando así mejorar la productividad en el trabajo.

Método

Se desarrolló el proyecto a partir de la escogencia del problema y la importancia de crear una solución, de manera que se pudiera pasar a la forma y funcionalidad del producto por trabajar. Esto se llevó a cabo por medio de la metodología de diseño *design thinking*, propuesta por el autor Tim Brown, donde se diseña centrado al usuario [6]. A continuación, se presentan con mayor profundidad las etapas de diseño:

1. Conceptualización de la idea

Se comenzó con la investigación del contexto actual. Se analizó la población teletrabajadora en Costa Rica por medio de una encuesta y análisis *People, Objects, Environment, Messages, Services* (POEMS), donde se observó a dos personas en su espacio de trabajo y jornada laboral para entender el entorno y contexto en el que se encuentran.

Seguido de esto, se segmentó y definió el mercado meta. Por medio de la misma encuesta inicial, se logró obtener información básica para la creación de una *Persona* y un Mapa de empatía, lo que permitió obtener información como necesidades, expectativas, preocupaciones y motivaciones de los usuarios.

A raíz de la información compilada y análisis de referenciales para la comprensión de los

productos actuales relacionados con esta problemática, se plantea el problema, la justificación y la hipótesis; además de una lista de requerimientos para el producto.

2. Definición de la forma

Parte fundamental de esta fase es el análisis ergonómico, ya que el problema por resolver se enfoca en la corrección de posturas. Este se compuso de un análisis antropométrico, biomecánico y cognitivo. Cabe resaltar que, en la parte biomecánica, se realizó un estudio ergonómico con el método *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) para evaluar el riesgo que estaba suponiendo la tarea.

Por otra parte, se realizó el análisis perceptual, que permitió darle las características visuales al producto y la definición de la estética. Esto se llevó a cabo por medio de un mapa perceptual, una frase semántica y un *moodboard*.

Se define, finalmente, el concepto de diseño concretando así los objetivos, alcances del producto, las variables consideradas y se respondieron las preguntas: ¿quién?, ¿qué?, ¿dónde?, ¿cuándo? y ¿por qué?, para orientar el desarrollo de alternativas.

En esta fase, se realizó el diseño de 10 alternativas de producto, las cuales fueron evaluadas por medio de objetivos ponderados y revisadas según los requisitos previamente propuestos, con lo que se obtiene la propuesta final, la cual fue sujeta a una primera iteración.

3. Definición de la funcionalidad

A partir de la primera iteración del *gadget* inteligente, se define su funcionalidad. Se realizó un esquema *Análisis Funcional de Sistemas Técnicos* (FAST), donde se analizaron los sistemas técnicos para comprender la estructura lógica del sistema.

Esto permitió realizar el análisis tecnológico, incluyendo una recopilación de los posibles elementos electrónicos que permitirían el funcionamiento del producto, lo cual se conoce como análisis funcional. Además, definir las zonas de interacción de carácter usuario-objeto para conocer cómo el teletrabajador haría uso del producto.

Se estudian los principios de funcionamiento para asegurar que el producto tiene lógica y realmente puede funcionar; además, se acompaña de un diagrama de flujo que permite entender el orden de la programación del producto. Así mismo, se analiza la configuración del producto y se realiza el diagrama de sistemas; esto permitió analizar la relación entre los elementos y partes de la configuración respetando la jerarquía.

4. Documentación del prototipado

Se llevó a cabo un modelado 3D acorde a las iteraciones realizadas con anterioridad. Esto permitió analizar correctamente la arquitectura del sistema y obtener los planos técnicos con las medidas adecuadas para la reproducción del modelo.

Por otra parte, se proponen los materiales del prototipo y se caracterizan para comprender los beneficios de estos, al igual que los componentes normalizados para el prototipo funcional. Además, con estos componentes y el programa Arduino, se realiza la programación del *gadget* verificando que las funciones propuestas corran adecuadamente. Finalmente, se hace un aproximado en el cálculo de costos con los materiales y componentes por usar.

Se crean los manuales del usuario, mantenimiento y uso. Se incluye también una guía de armado del *gadget* inteligente. Por último, se estudia el proceso de fabricación del producto realizando un mapa del proceso, desde el diseño y compra de los materiales, hasta las uniones y acabados (figura 1).



Fig. 1. Proceso de manufactura de THÉSI.

5. Creación del prototipo

Se comenzó con la impresión 3D de los tres módulos en ABS, corte de patrones de neopreno y cuerina. Sigue con la creación de la estructura del sistema del cuello con cartón de presentación, alambre, neopreno y la funda de cuerina. Finalmente, se unen todas las partes y se le da acabado para concretar el prototipo.

Discusión de resultados

El objetivo general del proyecto se basó en diseñar un dispositivo inteligente que permitiera brindar tanto comodidad como corregir las malas posturas adoptadas por los usuarios en los ambientes de teletrabajo. El desarrollo se llevó a cabo por etapas, se detalla cómo los resultados obtenidos de cada etapa fueron indispensables para satisfacer las características funcionales y perceptuales del producto final, según lo planteado en los objetivos específicos.

En la etapa de investigación y análisis previo, se identificó que uno de los problemas más graves en las sociedades actuales está relacionado a las afecciones de salud, como lo son dolores musculares recurrentes y problemas de productividad. Profundizando sobre las causas detrás de estos problemas, se llegó a la conclusión de que el ambiente es el actor principal que desencadena dichas situaciones.

Al conocer los eventos más importantes de los últimos años, cabe destacar el cambio repentino de modalidades presenciales a virtuales. Este resultó en un conjunto de adaptaciones físicas y mentales en las personas para poder continuar con sus vidas. Aquí surgió la inquietud por conocer si actividades como el teletrabajo pudieron convertirse en el desencadenante de los problemas mencionados.

Los ambientes no adaptados ergonómicamente, las malas posturas y prácticas ejercidas por horas frente a las pantallas son las causantes de la aparición de molestias físicas. Tal como se confirmó según un estudio [7], el cual establece que, con el pasar del tiempo, se ha visto un aumento del número de consultas médicas e incapacidades por enfermedades relacionadas directamente por el teletrabajo.

Las molestias se presentan, sobre todo, en personas jóvenes, en las cuales no se espera encontrar estos padecimientos dada su corta edad. De acá surgió el objetivo de generar un ambiente ergonómicamente saludable para el teletrabajo. Se definió que la mejor manera de abarcar la problemática era mediante la creación de un *gadget*; término que se puede definir como [8]: “dispositivo que tiene un propósito y una función específica, generalmente de pequeñas proporciones, práctico y a la vez novedoso”.

Al ser un producto pequeño y enfocado en una función, se delimitó la población a teletrabajadores entre 25-35 años para abarcar al sector del mercado más nuevo y así poder incluir funciones preventivas, con el fin de evitar la aparición de padecimientos más graves a largo plazo.

Seguidamente, se realizaron observaciones a dos usuarios mientras teletrabajaban y se evaluaron sus posturas bajo el método RULA. Se definió que la calidad postural se va deteriorando con respecto al tiempo que se invierte en la misma posición. Ambos iniciaron con la espalda recta y buen apoyo, pero conforme pasaban los minutos, su espalda se comenzaba a encorvar; los hombros se acercaban a las orejas y acercaban su cuerpo a la computadora, despegando por completo la espalda alta del respaldo, lo que impide que la silla ergonómica

pudiera realizar su trabajo.

El desplazamiento del cuerpo hacia adelante anteponía el centro de gravedad, generando tensión en la zona de los hombros, la espalda e incluso los brazos. Al medir los ángulos de las posturas, se logró definir que la mayoría sobrepasaban los de confort, más de 45° en flexión cervical, ángulos por encima de los 45° en flexión de hombro y mayores a los 90° en flexión de cadera (figura 2).

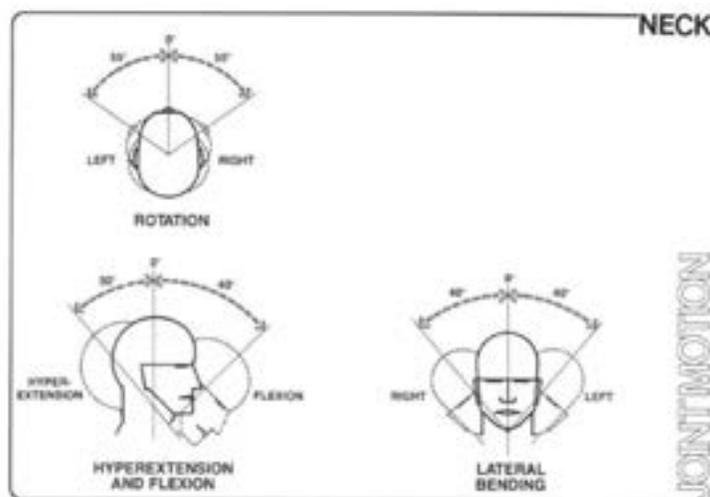


Fig. 2. Neck Jointmotion. [9]

Las puntuaciones obtenidas en el método de evaluación ergonómica fueron altas. La evaluación final de la tarea fue de carácter peligroso, por lo cual sí resultaba necesario rediseñarla o a largo plazo, podrían aparecer trastornos musculoesqueléticos (figura 3).

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo Aceptable
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea
7	4	Se requieren cambios urgentes en la tarea

Fig. 3. Nivel de Actuación Método RULA. [10].

Como se muestra en la figura 3, el nivel de actuación según la puntuación final obtenida a raíz de la implementación del Método RULA, obteniendo una puntuación de tres, lo que implica que las tareas de teletrabajo poseen un riesgo alto en la carga postural.

Se concluye que las acciones de mejora debían estar enfocadas en propiciar una mejor postura

del usuario al teletrabajar. En esta etapa, se define la zona superior de la espalda como sector de acción del *gadget*, la más influyente en la corrección postural y en la cual los usuarios indicaron presentar mayores contracturas (figura 4).



Fig. 4. Principales zonas de tensión en teletrabajadores. [11]

En el análisis de los productos existentes, se descubre que la mayor parte de los *gadgets* que ofrece el mercado están pensados en obligar al usuario a mantener una postura rígida. Ejemplo de esto son los arneses para colocarse en la espalda, que permiten mantener la espalda erguida, pero suelen reducir el rango de movimiento.

Otros dispositivos están enfocados en únicamente avisar, pero pueden resultar molestos y distractorios por el ruido que generan, además, no suelen tener un buen agarre, por lo que son incómodos. El tercer tipo de dispositivo se enfoca en generar masaje y relajar los músculos en sesiones programadas, por lo que no son compatibles para teletrabajar simultáneamente.

Como parte de la investigación, se verificó la efectividad de los productos que se encuentran en el mercado. Uno de los más relevantes resultó ser un dispositivo portátil que, mediante una alarma, recuerda al usuario que debe retomar una buena postura. En un estudio realizado por un estudiante de la Universidad de Mississippi, donde se evaluaron grupos de estudiantes, en los cuales a unos se les brindó un dispositivo de alarma y a los otros no; concluyeron que los participantes de grupos que sí utilizaron el dispositivo presentaron una mejora significativa en su postura, una amplia reducción en los dolores de cuello y espalda e incluso una mejora en la productividad [12].

Se observa una oportunidad de mejora al generar un dispositivo que pueda abarcar tanto la capacidad de recordar al usuario que debe mantener una buena postura como incluir funciones para relajar los músculos después de largos periodos y así reducir la fatiga. Cabe destacar que el objetivo del *gadget* siempre estuvo centrado en conseguir una buena postura natural, evitando incurrir en posturas exageradas y forzadas que puedan generar un efecto contrario al deseado.

Por lo cual, en cuanto a funciones, se establecieron dos indispensables: un sistema de aviso y un sistema de relajación muscular. Ambas basadas en el objetivo planteado de incluir tanto corrección como relajación en el *gadget*.

Durante la definición de la forma y generación de propuestas, se formularon diez alternativas diferentes de *gadget*. De los cuales, después de evaluación, se define Thési como el mejor candidato para que fuera desarrollado. Un *gadget* de tamaño medio, el cual se sostiene al cuello y hace contacto con tres de los puntos más importantes de la espalda alta. Cada uno de ellos ubicados sobre la espina dorsal en la zona superior, los cuales, a su vez, coinciden con tres de los puntos más utilizados en la fisioterapia para la relajación muscular. Además de contar con un sistema de alarma que suena o vibra cuando se ha sobrepasado el ángulo de confort de 15° (figura 5).

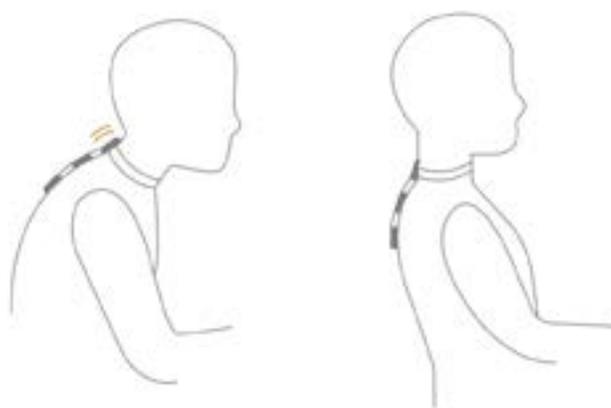


Fig. 5. Ejemplificación funcionamiento de alarma.

Con el fin de abarcar todos los objetivos planteados, se incluye en el diseño un sistema adaptable al cuello, en el cual se puede expandir la circunferencia a modo que usuarios con cualquier forma física puedan hacer uso del *gadget* de manera fácil y cómoda. Además, en la parte perceptual, se definió el uso de colores neutros, materiales de aspecto moderno y se tomaron en cuenta dimensiones pequeñas, para evitar que el dispositivo contrastara con el ambiente de trabajo. Esto permitió proceder a la creación del modelado, prototipo estético y prototipo funcional (figura 6).



Fig. 6. Ajuste del producto al cuello del usuario.

Una vez producido el prototipo final y haber realizado pruebas con los usuarios (ver figura 7 y 8), se logró destacar que, a nivel morfológico, el producto ayuda inconscientemente al usuario a siempre mantener una postura adecuada. La distribución de los módulos geométricos sobre los tres principales puntos dentro la zona cervical promueve en el usuario la corrección postural, sin siquiera haber activado las funciones. Además, como parte de este descubrimiento, una vez retirado el dispositivo, se mantiene la sensación de tenerlo puesto, fortaleciendo así la memoria muscular en el usuario, lo cual permite a largo plazo una mejora significativa en la postura.

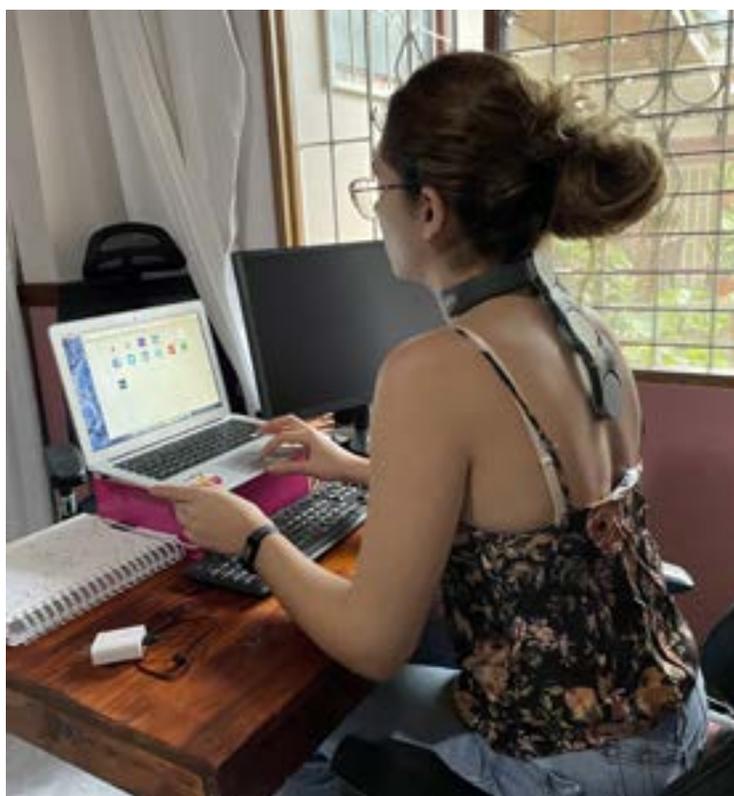


Fig. 7. Prototipo en uso.



Fig. 8. Acople del producto al cuello.

Por otra parte, estas pruebas ayudaron a identificar necesidades relacionadas con las funciones inteligentes, permitiendo a futuro concentrar un mayor esfuerzo en diseñar un algoritmo que identifique las necesidades específicas de masaje. Se usa como referencia los requerimientos del usuario, según el ambiente, tiempo y carga postural de la tarea que realiza, para así programar los masajes de manera automática.

Durante las pruebas, se identificó que no a todas las personas el *gadget* se les ajusta de la mejor manera. De acá se reconoce la necesidad de investigar a fondo los materiales para la zona que se coloca sobre la espina dorsal. Esto con el fin de identificar un material que permita mayor rango de flexibilidad en la zona, para así hacer del dispositivo un *gadget* lo más universal posible a nivel de dimensiones y ajuste. Con esto se lograría expandir el mercado de usuarios a los que el producto se les adapte correctamente.

Conclusiones

La pandemia trajo un cambio repentino de espacios para las actividades laborales que impidieron una adaptación ergonómica correcta de estos. El prolongado tiempo frente a las pantallas genera molestias musculares en los usuarios, principalmente, en las zonas de la espalda y cuello, sobre todo, en personas jóvenes.

Al evaluar los productos ergonómicos para zonas de trabajo, se distingue como oportunidad de mejora una unificación de funciones y cambios en la morfología del producto para tener

resultados más eficaces. Gracias a la bioadaptabilidad morfológica del producto, se logra generar un dispositivo que solo con su forma ya es capaz de formular un cambio postural significativo en el usuario.

Se destaca como descubrimiento del proyecto que, cuando los productos requieren una interacción directa con el usuario, se debe tomar en cuenta si impacta en zonas con alta cantidad de terminaciones nerviosas. De esta manera, se puede pensar la morfología del producto para que actúe directamente en dichas zonas y refuerce las funciones designadas. El producto se acopla a su usuario y no el usuario a él.

Es importante destacar que siempre se debe tener en cuenta el ambiente de uso. Ejemplo de esto es cómo, al inicio, se definió una alarma lo suficientemente ruidosa para captar la atención del usuario; pero, conforme se fue aterrizando en el ambiente de trabajo, se llegó a la conclusión de que dicha alarma debía ser perceptible, pero discreta, para evitar distracciones o incómodos momentos en reuniones virtuales.

La corrección postural es la función más importante del *gadget*, sin embargo, fue necesario brindar una forma de relajación muscular que facilitara la tarea de mantener la postura después de largas horas de trabajo. La región superior de la espalda es la que debe recibir la mayor cantidad de estímulos para relajar, ya que suele ser la que carga mayor tensión y sostiene el peso del cuerpo al anteponer el centro de gravedad cuando el usuario se inclina. De esta manera, al estar los músculos relajados, es más fácil tener una postura correcta.

Thési provee un nuevo enfoque al combinar funcionalidades previamente utilizadas individualmente, a la vez que permite continuar con las labores de manera regular mientras brinda masajes.

La implementación de funciones inteligentes refuerza la memoria del usuario, siendo un complemento que lo auxilia realizando las tareas sin caer en el extremo donde el *gadget* se encarga de todo. A nivel de diseño, se concluye que es un buen enfoque, dado que ayuda al usuario, pero no reemplaza el trabajo que debe hacer; de manera que la responsabilidad es compartida, permitiendo a quien lo utiliza que entrene sus músculos y memoria.

Referencias

- [1] G. Stumpo, "Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación", 2020. [En línea] Disponible: https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/ppt_covid_empresas_y_sectores_gs_v3.pdf
- [2] C.S. Bazán, "Dolor de espalda y el teletrabajo en el contexto de la crisis por covid-19", *Rev Cient Cienc Méd* Volumen 24, No 1, 2021. [En línea] Disponible: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rccm/v24n1/2220-2234-rccm-24-01-88.pdf>

- [3] R. Rappaccioli, F. Hernández, A. Zamora, “Repercusiones en la salud a causa del teletrabajo”, *Revista Médica Sinergia*, Vol.6 Num.2, febrero 2021. [En línea] Disponible: <https://www.medigraphic.com/pdfs/sinergia/rms-2021/rms212d.pdf>
- [4] C.S. Bazán, “Teletrabajo y dolor musculoesquelético en el contexto de la crisis por COVID-19”, marzo, 2021. [En línea] Disponible: <http://rem.hrlamb.gov.pe/index.php/REM/article/view/514/289>
- [5] N. M. Carrera, “Prevalencia de Trastornos musculo esqueléticos por posturas forzadas en docentes que realizan teletrabajo”, enero, 2021. [En línea] Disponible: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4131/1/Carrera%20Miranda%20Marlene%20Natali.pdf>
- [6] E. Gonen, “Tim Brown, Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation”, 2019. [En línea] Disponible: <https://digitalcommons.uri.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1125&context=mgdr>
- [7] R. Rappaccioli, F. Hernández, A. Zamora, “Repercusiones en la salud a causa del teletrabajo”, *Revista Médica Sinergia*, Vol.6 Num.2, febrero 2021. [En línea] Disponible: <https://www.medigraphic.com/pdfs/sinergia/rms-2021/rms212d.pdf>
- [8] Universidad Libre Colombia (Unilibre), “Gadgets, ¿Qué son, para qué sirven y cuáles son las mejores?”. [En línea] Disponible: <https://www.unilibre.edu.co/bogota/ul/noticias/noticias-universitarias/142-gadgets-que-son-para-que-sirven-y-cuales-son-las-mejores>
- [9] J. Panero, L. Zelnik “Human dimension and interior space” [En Línea] Disponible en: <https://bit.ly/3a0N4bq>
- [10] J.A. Diego-Mas. “Método RULA, Evaluación de la carga postural”, 2015. [En línea] Disponible: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- [11] Principales zonas de tensión en teletrabajadores. M. Delgado, “ODS3. Teletrabajo y dolores musculares y articulares” (2020). <https://www.corresponsables.com/actualidad/ods3-teletrabajo-dolores-musculares-articulares>
- [12] A.Elliott, “The Upright Go Wearable Posture Device: An Evaluation of Postural Health, Improvement of Posture, and Salivary Cortisol Fluctuations in College Students”, 2019. [En línea] Disponible: https://egrove.olemiss.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2062&context=hon_thesis