

NÖKU



Diseño de un dispositivo de apoyo lumbar para prevenir lesiones musculoesqueléticas en caficultores costarricenses

Design of a lumbar support device to prevent musculoskeletal injuries in Costa Rican coffee workers

Monserrath Jiménez-Ortega¹, Yerlyn Ramírez-Herrera², Nicole Taylor-Marchena³

M. Jiménez-Ortega, Y. Ramírez-Herrera, N. Taylor-Marchena, "Diseño de un dispositivo de apoyo lumbar para prevenir lesiones musculoesqueléticas en caficultores costarricenses," *IDI+*, vol. 8, no 2, pp. 64-77, Ene., 2026.

 <https://doi.org/10.18845/ridip.v8i2.8431>

Fecha de recepción: 27 de junio de 2025
Fecha de aprobación: 2 de diciembre de 2025

1. Monserrath Jiménez-Ortega
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
Ortegamonse1@gmail.com
 0009-0005-5833-7305

2. Yerlyn Ramírez-Herrera
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
yeramirez@estudiantec.cr
 0009-0007-0445-4041

3. Nicole Taylor-Marchena
Estudiante de Ingeniería en
Diseño Industrial
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Cartago, Costa Rica
ni.ki1@estudiantec.cr
 0009-0000-4654-0625

Resumen

En este artículo, se presenta el estudio realizado durante el primer semestre lectivo del 2025 por estudiantes del Tecnológico de Costa Rica en Cartago. El desarrollo de Nöku consiste en un dispositivo inteligente de apoyo lumbar diseñado para disminuir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas en los recolectores de café. Esta población realiza extensas jornadas cargando canastos pesados en terrenos irregulares, como las montañas de Cartago, lo cual los expone a problemas lumbares y a fatiga física durante la actividad cafetalera. Como parte del proceso de investigación, se aplicaron entrevistas con el director de la Escuela de Agronegocios y un caficultor, ambos con experiencia en la recolección de café.

La metodología se estructuró en cinco etapas que incluyeron la identificación del problema mediante observación y entrevistas, análisis ergonómico, definición formal y funcional con integración tecnológica, validación del prototipo y documentación de los resultados. El dispositivo integró sensores y un sistema de alerta háptica para monitorear en tiempo real la carga transportada, cuando el peso superó el límite, el sistema activó la alerta, incentivando la descarga inmediata. Además, el diseño incorporó correas ajustables y soporte lumbar acolchado que permitió una redistribución del peso y comodidad durante la recolección.

El diseño se validó con cinco recolectores mediante pruebas con el prototipo físico y con 12 usuarios a través de una encuesta en línea, evaluando la estética y percepción del dispositivo. Los resultados evidenciaron mejoras en la ergonomía, comodidad y reducción del riesgo de lesiones musculoesqueléticas, confirmando su viabilidad y potencial como dispositivo de apoyo para recolectores.

Palabras clave

Dispositivo inteligente; soporte lumbar; lesiones musculoesqueléticas; recolección de café; ergonomía.

Abstract

This article presents a study conducted during the first academic semester of 2025 by students from the Costa Rica Institute of Technology in Cartago. The development of Nöku consists of an intelligent lumbar support device designed to reduce the risk of musculoskeletal injuries among coffee harvesters. This population performs long working hours carrying heavy baskets on irregular terrain, such as the mountainous areas of Cartago, which exposes them to lumbar disorders and physical fatigue during coffee harvesting activities. As part of the research process, interviews were conducted with the director of the Agribusiness program and a coffee farmer, both with experience in coffee harvesting.

The methodology was structured into five stages, including problem identification through observation and interviews, ergonomic analysis, formal and functional definition with technological integration, prototype validation, and documentation of results. The device integrated sensors and a haptic alert system to monitor the carried load in real time; when the weight exceeded the established limit, the system activated the alert, encouraging immediate load reduction. In addition, the design incorporated adjustable straps and padded lumbar support, allowing for weight redistribution and comfort during harvesting.

The design was validated with five coffee harvesters through physical prototype testing and with twelve users through an online survey, evaluating the aesthetics and user perception of the device. The results demonstrated improvements in ergonomics, comfort, and reduction of musculoskeletal injury risk, confirming its viability and potential as a support device for coffee harvesters.

Keywords

Gadget; lumbar support; musculoskeletal injuries; coffee harvesting; ergonomics.

Introducción

Ser caficultor es una de las profesiones más tradicionales de la cultura costarricense, pionera en Centroamérica y heredada a través de generaciones hasta la actualidad, cuyo valor radica en el levantamiento económico que trajo al país desde el siglo XIX [1]. Sin embargo, la herencia dejada por esta labor no ha sido del todo beneficiosa para los caficultores. Este es uno de los sectores que sufre mayor negligencia laboral con una normalización preocupante por parte del gobierno, ya que los trabajadores siguen usando el mismo equipo de recolección ineficiente, siendo una canasta o saco atado a la cintura con una cuerda. Esto provoca lesiones como la lumbalgia [2], por el esfuerzo físico prolongado durante largas jornadas de trabajo.

Para recolectar el grano de café, se requiere llenar múltiples cajuelas con el fin de obtener un ingreso económico escaso [3]. Esta rutina pone a los recolectores en una situación riesgosa, donde, con el fin de obtener el mayor ingreso posible, a costa de su salud, llevan sacos de gran peso por los cafetales, elevando los porcentajes de lesiones musculoesqueléticas y, finalmente, deserción laboral. Además, la profesión se enfrenta a nuevas dificultades con el paso del tiempo: el cambio climático provoca olas de calor intensas y las inmensas lluvias inestabilizan el terreno, por lo que ponen en riesgo tanto cultivos como agricultores [4]. A pesar de que existen equipos para amortiguar cargas como los “arneses” [5], estos no son muy utilizados, debido a que son poco compatibles con los sacos y canastos que utilizan, por ello siguen usando estos mismos métodos desde hace más de 100 años.

A partir de lo anterior, el propósito del presente estudio es diseñar un *gadget* entendido como un producto inteligente conectado, equipado con sensores, *software* y tecnología de comunicación, capaz de recopilar, procesar e intercambiar datos y reaccionar a su entorno [6]. El dispositivo incorpora tecnología que alerta al usuario cuando se alcanza un límite de peso, promoviendo la descarga para que no sea perjudicial y redistribuyendo la presión en la zona lumbar, además, aplicando principios de ergonomía. Mediante el uso de sensores de peso [7], unidades de vibración [8] y un respaldo ergonómico para la lumbar, se propone un diseño fácil de colocar, cómodo y eficaz, con el objetivo de disminuir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas durante la jornada laboral.

La profesión que colocó a Costa Rica como “La Madre del Café” merece su lugar dentro del mundo de la innovación tecnológica. Por lo que el producto diseñado tiene la capacidad de concientizar el respeto hacia los límites del cuerpo en una ocupación que llevó en su espalda el primer levantamiento económico del país, acomodándose a los requerimientos de los trabajadores con su diseño ergonómico y, a su vez, reduciendo el riesgo de lesiones permanentes por sobreesfuerzo.

Metodología

Esta investigación se desarrolló utilizando el método propuesto para el curso de Diseño V de la Escuela de Diseño Industrial [9], estructurado en cinco etapas que guiaron el proceso desde la conceptualización hasta la validación de la solución de diseño.

Etapa 1: Conceptualizando la idea

Se llevó a cabo una exploración enfocada en identificar una problemática que pudiera ser solucionada por medio de un dispositivo inteligente. Se seleccionó como usuarios a los recolectores de café, debido a la alta exigencia física de su labor y a la falta de soluciones tecnológicas adaptadas a este sector [10]. Para conocer mejor sus necesidades, se realizó una investigación etnográfica mediante la observación y entrevistas a dos usuarios recolectores de café, uno de ellos también propietario de una finca cafetalera. Estos insumos permitieron definir el problema de diseño, analizando causas y consecuencias. Con toda la información recolectada, se definieron y jerarquizaron los requerimientos relacionados con el diseño del producto, abarcando aspectos ergonómicos, funcionales y tecnológicos.

Etapa 2: Definiendo la forma

Se definió un concepto de diseño, incluyendo los objetivos y alcances del proyecto, enfocado en ayudar a prevenir las lesiones musculoesqueléticas de los recolectores de café. Para ello, se realizó un análisis ergonómico evaluando la carga postural de los recolectores de café, se utilizó el método OWAS del *software* Ergonautas para analizar las posturas más frecuentes y

sus ángulos de *comfort*, valorando la antropometría y definiendo los percentiles a utilizar. En paralelo, se desarrolló un análisis perceptual para definir el lenguaje visual del producto por diseñar, el cual se realizó mediante un mapa perceptual y un *moodboard*, identificando las características perceptuales más frecuentes, para el desarrollo de la propuesta [11].

Se exploraron diferentes alternativas por medio de bocetos, considerando proporciones, componentes y ergonomía. Con el método de objetivos ponderados, se calificaron las propuestas en una escala de 1 a 10, donde se eligió la propuesta con mayor puntaje, a partir de la cual se desarrolló la propuesta final mejorada y optimizada.

Etapa 3: Definiendo la funcionalidad

Se utilizó el modelo de Análisis Funcional de Sistemas Técnicos (FAST) [12], en el cual se definió la función principal como “prevenir lesiones musculoesqueléticas”. A partir de esta, se establecieron las funciones secundarias y auxiliares, diferenciándose entre funciones prácticas e inteligentes, las cuales se organizaron en el diagrama de funciones. Además, se llevó a cabo un análisis tecnológico basado en productos referenciales y se seleccionaron componentes electrónicos como el sensor de presión, el microcontrolador Arduino y módulos de vibración para las alertas. Así mismo, se definieron las formas de interacción usuario-objeto-entorno. Los principios de funcionamiento se representaron mediante un *storyboard*, donde se detalló cómo se esperaba que funcionara el producto.

Posteriormente, se desarrolló el diagrama de sistema, donde se detalló la arquitectura del producto, sus subsistemas y componentes, también se elaboró el modelo funcional programado con Arduino integrando todos los componentes y mostrando las funciones inteligentes. Asimismo, se construyó un modelo volumétrico de baja fidelidad para validar la interacción física del usuario con el objeto.

Etapa 4: Comprobando la solución

Para evaluar la efectividad y usabilidad del prototipo, se aplicaron dos técnicas de validación: un análisis de tareas del prototipo elaborado en textil y una encuesta en línea validando el modelo 3D del *gadget*. El análisis de tareas se realizó con cinco usuarios recolectores de café, una mujer de 25 años percentil 50 y cuatro hombres entre los 20 y 30 años percentil 50, cada usuario simuló el uso del prototipo físico. Durante esta interacción, se observaron sus acciones y reacciones, también se aplicó un cuestionario enfocado en tres categorías: usabilidad, estética y funcionamiento.

La encuesta se aplicó a un total de 12 personas entre los 20 y 40 años también recolectoras de café, incluyendo preguntas para validar la parte estética y percepción del producto. Los resultados obtenidos permitieron identificar oportunidades de mejora y validaron los aspectos visuales y funcionales del diseño desde la experiencia del usuario.

Etapa 5: Documentando el resultado

En la última etapa, se elaboró un cuaderno técnico que describió los aspectos generales del dispositivo inteligente desarrollado, incluyendo su funcionamiento, características y funciones inteligentes. Además, se agregó la documentación técnica de la arquitectura del sistema, los planos técnicos de todas las piezas utilizadas para la elaboración del producto, así como los materiales y componentes normalizados empleados. También se incluyó el código de la programación en Arduino y el manual de usuario donde se detalló paso a paso la utilización correcta del producto mediante un *storyboard*.

Resultados

Análisis perceptual y enfoque visual del diseño

Se realizó un análisis perceptual y se definió el enfoque visual del diseño. Como se observa en la Figura 1(b), la interfaz del soporte lumbar incorporó un botón y luz led discreta que funcionó como indicador intuitivo del estado del dispositivo, sin generar distracciones ni saturación visual. Estas características contribuyeron a una experiencia accesible incluso para personas con poca familiaridad tecnológica. En la Figura 1(a), se puede apreciar el diseño completo del producto desarrollado.

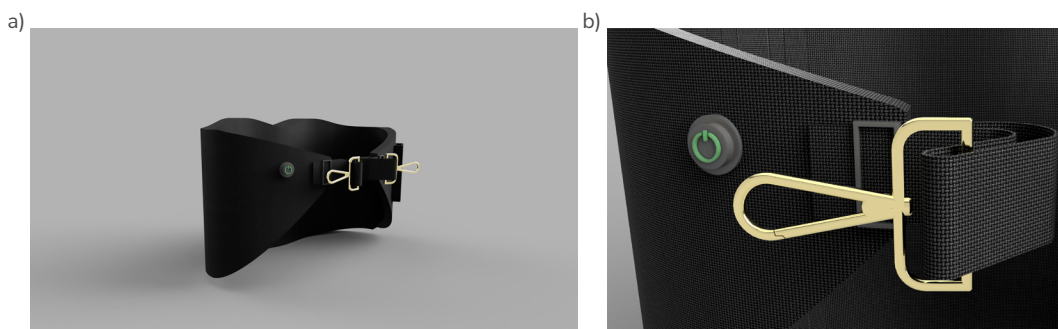


Fig. 1. Renders de la faja lumbar inteligente.

Desarrollo y características del prototipo funcional

El sistema de monitoreo activo integrado en la faja utilizó un sensor electrónico FSR 402 para medir el peso del canasto de recolección en tiempo real, permitiendo un seguimiento constante de la carga. Cuando la carga alcanzó el límite seguro de 10 kilogramos [13], el sistema activó una alerta táctil mediante vibración, notificando al usuario sobre la necesidad de descargar el peso y ayudando a prevenir lesiones por sobrecarga.

El dispositivo fue alimentado por una batería recargable, con una autonomía suficiente para cubrir toda la jornada laboral de ocho horas. Además, la interfaz del sistema resultó sencilla y accesible, con un único botón que permitió encender y apagar el dispositivo, garantizando su uso intuitivo sin necesidad de capacitación tecnológica.

La faja contó con un ajuste personalizado y adaptable gracias a sus correas ajustables, que permitieron adaptarla a diferentes perímetros corporales, entre 85 y 100 centímetros [14], asegurando un ajuste cómodo y estable para una amplia variedad de usuarios. Además, su estructura incluyó un soporte lumbar acolchonado, como se puede observar en la Figura 2(a), compuesto por varias capas de espuma, gel y material textil, que brindaron amortiguación, soporte y flexibilidad, protegiendo eficazmente la zona lumbar.

El diseño también incorporó un sistema de redistribución de peso, que redirigió el punto de presión de la espalda, distribuyendo la carga de manera homogénea en el sistema. Como se observa en la Figura 2(b), la implementación de una cubierta resistente en la zona lumbar amortiguó el peso y proporcionó soporte firme y cómodo mediante cubiertas de material acolchado.

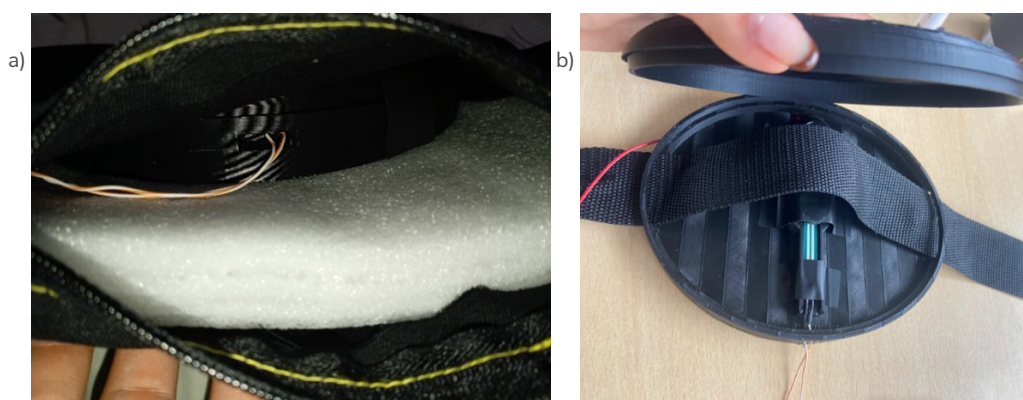


Fig. 2. Pieza de soporte lumbar para la faja.

Discusión

Ergonomía del diseño

Para validar el diseño, se lleva a cabo un análisis ergonómico basado en la observación directa de los recolectores y la aplicación del método OWAS para evaluar las posturas adoptadas durante la jornada laboral. Como se muestra en la Figura 3, se identificaron tres posturas predominantes:

- a) De pie en terreno plano.
- b) Arrodillado.
- c) De pie en terreno inclinado.



Fig. 3. (a), (b) y (c) Ejemplificación de posturas “de pie en terreno plano”, “arrodillado” y “de pie en terreno inclinado”.

El estudio detallado de las posturas mencionadas anteriormente se realizó con el *software* especializado Ergonautas [15], lo cual permite cuantificar los ángulos articulares comprometidos en espalda, brazo y pierna. Además, se observa que, después de un peso alrededor de 10 kg, hay un riesgo de sufrir lesiones musculoesqueléticas, esto indica que este debe ser el límite de peso en el dispositivo.

Como se puede ver en la Figura 4, el estudio de la segunda postura (arrodillado) es la más comprometida, ya que estas evidencias guiaron el diseño ergonómico de la faja, enfocándose en distribuir la carga, reducir el esfuerzo físico y favorecer una postura saludable durante la actividad de recolección.



Fig. 4. Resultado de estudio de segunda postura [12].

A su vez, en la Figura 5, el estudio alcanza un nivel de riesgo en escala 3 de peligrosidad tanto para la primera como para la tercera postura. El mayor impacto se observa en la zona lumbar, donde, según estudios clínicos, puede desencadenar lumbalgia, una lesión provocada por la presión continua en una sección centrada de la espalda. Esta condición genera limitación de movimiento, espasmos musculares, dolor palpitante, entre otros síntomas [2].



Fig. 5. Resultado de estudio de primera y tercera postura [12].

El ajuste corporal

El ajuste de la faja fue uno de los aspectos más comentados. Si bien cuatro usuarios lograron colocarse el producto por sí solos, la experiencia no fue homogénea, en la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos. Algunos encontraron que las correas eran poco intuitivas o que el producto se desajustaba con el movimiento del cuerpo y el peso del canasto.

El usuario 1, por ejemplo, reporta que el sistema de ajuste derecho se soltaba, lo cual generó inseguridad durante el uso. Otros usuarios requirieron más tiempo del esperado para ajustarlo correctamente o sintieron que no se acomodaba a su cuerpo, ya que la cobertura en la zona lumbar era excesiva. Por otro lado, la mayoría coincidió en que el producto se encenderá en el costado derecho del cinturón. Por lo que el sistema de ajuste necesita ser rediseñado para adaptarse con mayor rapidez y seguridad, manteniendo el soporte sin sacrificar libertad de movimiento.

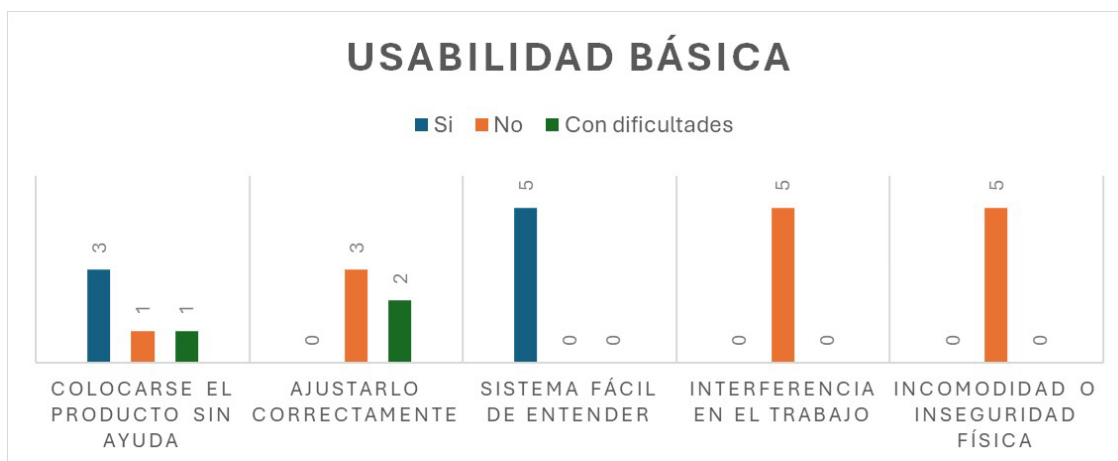


Fig. 6. Respuestas de los usuarios sobre estudio de usabilidad básica.

Colocación invertida como reinterpretación funcional

Uno de los hallazgos más relevantes fue que dos de los cinco usuarios se colocaron la faja al revés respecto al planteamiento original del diseño, como se puede ver en la Figura 7; lejos de considerarse un simple error, este fenómeno revela dos asuntos: por un lado, la falta de un lenguaje visual claro que guíe de forma intuitiva la colocación y, por otro, la capacidad de los usuarios de adaptar el diseño a sus necesidades reales, encontrando incluso una mejor funcionalidad en esa reinterpretación. Además, un aporte interesante fue el consejo de usar un color distinto para el lado interno del cinturón para indicar mejor su colocación.



Fig. 7. (a) y (b) Usuario 2 usando cinturón al revés y usuario 1 usándolo en el sentido predeterminado.

La vibración como canal de alerta más efectivo

Todos los participantes identificaron correctamente la alerta vibratoria, lo que valida su funcionalidad básica. Sin embargo, tres de los usuarios indicaron que la vibración era más efectiva cuando el dispositivo estaba bien ajustado al cuerpo. Esta observación resalta que una función inteligente no es independiente de la forma física del objeto, es decir, el diseño

estructural afecta la efectividad tecnológica. En otras palabras, la vibración funciona cuando el cuerpo y el objeto están conectados correctamente.

Además, el hecho de que la vibración es más clara que un posible sonido fue una afirmación clave. En ambientes agrícolas, donde las personas están escuchando la radio o con audífonos, lo táctil supera lo auditivo, lo cual es un hallazgo valioso para futuros productos de este tipo.

Estética

Visualmente, el producto fue percibido como técnico y confiable, pero su función no fue clara para todos. Su apariencia robusta generó confianza, aunque también se asoció con calor, incomodidad y complejidad. También lo asociaron con las fajas que se usan en los gimnasios, con un producto ortopédico y con fajas para embarazadas.

Los resultados de la encuesta basada en *renders* del prototipo evidencian una valoración mayormente positiva hacia el diseño del prototipo. En una escala del 1 al 5 (1 siendo la peor calificación, 5 siendo la mejor calificación), el 66,7 % de los encuestados calificó con un 4 su percepción de innovación y el 50 % lo ubicó en un intermedio entre simple y complejo. El 58,3 % consideró claro el funcionamiento del producto y valoró como adecuada la combinación de colores utilizada. Un 66,7 % percibió que el dispositivo se ve cómodo de usar. La totalidad de los participantes consideró apropiadas las líneas curvas y orgánicas del diseño. También la facilidad para entender los íconos e indicadores a simple vista.

Además, destacaron la buena apariencia general del diseño y su potencial innovador, sin embargo, mencionaron la necesidad de mejorar la comodidad en la zona lumbar, mejor ventilación y que el producto se pueda lavar. También, se sugirió el uso de colores más claros para bajar la sensación térmica. Aunque en general la estética fue bien valorada, mostrando una percepción positiva del diseño.

Distribución de peso en la espalda y caderas

Los usuarios coincidieron en que el objetivo principal del producto, la reducción del esfuerzo físico, se logró efectivamente, ya que percibieron una mejor distribución del peso en lugar de una acumulación en un solo punto en la zona lumbar, lo que les generó una sensación de alivio durante su uso. Además, destacaron la utilidad del cinturón en su vida diaria, expresando satisfacción y reconocimiento sobre su potencial para prevenir lesiones relacionadas con la carga física.

En cuanto a las funciones y posibles mejoras, los usuarios sugirieron añadir más relleno para incrementar el apoyo ergonómico y proponer un diseño más eficiente para la conexión del cinturón a la canasta de recolección. Estos resultados se reflejan en la Figura 8, donde se resumen las respuestas y percepciones recogidas durante la evaluación del producto.



Fig. 8. Respuestas de los usuarios sobre estudio de funcionamiento.

Comparación con soluciones existentes

Los recolectores de café actualmente utilizan soluciones rudimentarias como sacos, para improvisar cinturones y un sistema de ajuste con un palo, los cuales no ofrecen ningún tipo de soporte estructural ni retroalimentación sobre el peso cargado. Estas soluciones son ligeras y rápidas de usar, pero generan dolores recurrentes en la zona lumbar, fatiga prematura y riesgo de lesión.

Algunas empresas se han dedicado a producir modelos que le permitan algún grado de comodidad a los recolectores de café, sin embargo, estos no pasan de arneses que no pueden cargar mucho peso [5]. Además, estos no contienen componentes electrónicos que permitan alguna optimización durante las jornadas laborales para los recolectores.

Así mismo, estos modelos no incluyen componentes electrónicos que optimicen las jornadas laborales. Los sensores de peso, por ejemplo, pueden monitorear la carga en tiempo real y alertar al recolector cuando se alcanza un límite seguro, evitando lesiones por sobrecarga. Sin esta tecnología, los sistemas actuales no ofrecen retroalimentación que ayude a gestionar mejor el esfuerzo físico ni a mejorar la productividad y seguridad del trabajador.

Conclusiones

El desarrollo de la faja lumbar inteligente constituye el resultado principal de este proyecto, creado con el propósito de mejorar la seguridad y prevenir lesiones musculoesqueléticas en los recolectores de café mediante la integración de funciones ergonómicas y tecnologías inteligentes. El diseño del *gadget* responde directamente al objetivo general del proyecto y se sustenta en un análisis de las condiciones laborales y físicas del usuario final.

Por medio de las técnicas de validación, se determinó que la necesidad principal del usuario radica en la redistribución del peso en la zona lumbar. Por este medio, se ofrece una solución innovadora para el sector laboral tradicionalmente desatendido como lo es el cafetalero. Esta investigación aporta conocimiento sobre cómo la combinación de análisis ergonómico y tecnologías pueden mejorar la seguridad y el bienestar de los usuarios en actividades físicas exigentes.

Habiendo identificado las posturas de riesgo en la labor, se obtienen datos concretos para el diseño del dispositivo. La incorporación de un sistema de monitoreo activo y alertas hápticas representa una mejora funcional que supera las soluciones actuales en el mercado, las cuales carecen de retroalimentación y soporte estructural adecuado.

El prototipo creado puede proporcionar un punto de partida en la industria cafetalera, la cual se destaca por la recolección en jornadas exhaustivas y repetitivas de alta demanda física, brindando así una oportunidad de cambio para los trabajadores. Por medio de estudios de mayor exactitud y la implementación de nuevas tecnologías, se puede evitar la fatiga física no solo en este, sino en múltiples disciplinas laborales de alto impacto.

Como futuras líneas de investigación, se recomienda profundizar en estudios de costos asociados a los materiales y a las cantidades de producción, así como en el seguimiento, control y monitoreo del uso del dispositivo durante jornadas completas y periodos prolongados, por ejemplo, de un mes, como parte de los indicadores de desempeño. Asimismo, se sugiere analizar el impacto del uso del dispositivo en el estado físico y emocional de los caficultores, así como los beneficios generados tanto para el trabajador como para la empresa cafetalera a corto, mediano y largo plazo.

Adicionalmente, se propone continuar el desarrollo de materiales más frescos, ligeros y resistentes, con bajo índice de absorción de calor, que mejoren la comodidad térmica del usuario, junto con la optimización de los sistemas de ajuste para facilitar la colocación sin asistencia. Finalmente, se recomienda explorar la integración de tecnologías inalámbricas para la recopilación de datos en tiempo real y su conexión a bases de datos, lo que permitiría un monitoreo remoto y efectivo del desempeño del usuario durante la actividad cafetalera.

Referencias

- [1] “Historia del café de costa rica”. ICAFE. Consultado: 20 jun, 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.icafe.cr/nuestro-cafe/historia/>
- [2] “La lumbalgia: Definición y tratamientos”. Clínica Élite. Consultado: 25 mayo, 2025. [En línea]. Disponible: <https://clinicaelite.es/lumbalgia-definicion-causas-sintomas-y-tratamientos/>
- [3] K. Valencia. “En riesgo de perderse cosecha de café en Santa Bárbara por falta de mano de obra”. NCR Noticias - Noticias Costa Rica. Consultado: 20 de jun, 2025. [En línea]. Disponible: <https://ncrnoticias.com/nacionales/en-riesgo-de-perderse-cosecha-de-cafe-en-santa-barbara-por-falta-de-mano-de-obra/>
- [4] G. Errico. “Me parte el corazón: Las comunidades que cultivan el café de Costa Rica, amenazadas por el cambio climático”. Climática, el medio especializado en clima y biodiversidad. Consultado: 20 jun, 2025. [En línea]. Disponible: <https://climatica.coop/cafe-costa-rica-cambio-climatico/>

- [5] “Arnés para Coco Recolector de Café” Todoparacafe Consultado: 29 mayo, 2025. [En línea] Disponible: <https://todoparacafe.com/shop/arnes-para-coco-recolector-de-cafe>.
- [6] “I.safe MOBILE GmbH”. Zertifizierte Smartphones, Tablets und Mobiltelefone für IECEx und ATEX Zonen. Accedido el 4 de junio de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.isafe-mobile.com/es/conocimientos-tecnologicos/glosario/producto-inteligente-y-servicio-inteligente#:~:text=Un%20producto%20inteligente%20es%20un%20producto%20digital,y,%20a%20menudo,%20interactuar%20con%20otros%20dispositivos>.
- [7] N. Braga. “Conozca los sensores de fuerza FSR (ART728S)”. Instituto Newton C. Braga. Consultado: 28 feb, 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.incb.com.mx/index.php/articulos/53-como-funcionan/4920-conozca-los-sensores-de-fuerza-fsr-art728s>
- [8] "FL45-00 Piezoelectric Buzzer Series" FL45-00, BeStar Technologies, Inc., China, 2015. [En línea]. Disponible: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Robotics/B1034.FL45-00-015.pdf>
- [9] L. C. Araya-Rojas, “Objetos inteligentes: un paso de lo tradicional a nuevas formas de interacción,” *Actas de Diseño*, vol. 40, pp. 46–51, Jul. 2022. [Online]. Available: <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/actas/article/view/18739>
- [10] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Guía de salud ocupacional en la agricultura para las personas inspectoras del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica, 1. ed., San José, Costa Rica: MTSS, 2018. [En línea]. Disponible: https://www.mtss.go.cr/elministerio/biblioteca/documentos/guia_salud_ocupacional_agricultura.pdf
- [11] L. Araya Rojas. “Etapa 2 – Definiendo la forma”, presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 2025, pp. 33-51.
- [12] L. Araya Rojas. “Etapa 3 – Definiendo la funcionalidad”, presentado en Diseño 5, Cartago, Costa Rica, 2025, pp. 16-22.
- [13] Jeffs, Shaun B., "The Passive Load-Bearing Capacity of the Human Lumbar Spine in the Neutral Standing Posture" (2011). Theses and Dissertations. 2638. <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/2638>
- [14] G. Gómez, D. Quesada y R. Monge, “Perfil antropométrico y prevalencia de sobrepeso y obesidad en la población urbana de Costa Rica entre los 20 y 65 años agrupados por sexo: resultados del Estudio Latino Americano de Nutrición y Salud,” *Nutr. Hosp.*, vol. 37, no. 3, art. no. 2, abr., 2020. Consultado: 3 abr. 2025. [En línea]. Disponible: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112020000400017
- [15] J. A. Diego-Mas, “Evaluación postural mediante el método OWAS.” *Ergonautas*, Universidad Politécnica de Valencia. Consultado: 2 abr., 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>.