



Creación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café  
mediante Design Thinking para los caficultores del municipio de Salazar de las Palmas,  
Norte de

Santander, Colombia.

Belcy Johana Urbina

Polentino Adriana

Carolina Ramírez García

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Oriente (Santander)

Centro Universitario Cúcuta (Norte de

Santander) Programa Especialización en

Gerencia de Proyectos 2025

Creación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café mediante Design Thinking para los caficultores del municipio de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia.

Belcy Johana Urbina Ponentino

Adriana Carolina Ramirez García

Trabajo de investigación e innovación presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Director

Msc. Juan Ernesto Pérez Pérez

Magister en Administración - MBA

Magister en Innovación

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Oriente (Santander)

Centro Universitario Cúcuta (Nortde de Santander)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

## Contenido

Lista De Figura.....	4
Lista de tablas.....	10
Resumen.....	5
Abstract.....	6
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Título.....	8
1.2 Planteamiento Del Problema.....	8
1.3. Justificación.....	10
1.4. Formulación De Problema.....	13
1.5. Objetivo General.....	13
1.6 Objetivos Específicos.....	13
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>17</b>
2. Marco Referencial.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.2. Marco Teorico.....	20
2.2.1. La Ergonomía Como La Ciencia.....	20
2.2.2. Técnicas De Evaluación Ergonómica.....	22
2.2.3. Técnicas De Diseño Centrado En El Usuario.....	22
2.2.4. Doble Diamante De Ideación.....	23
2.2.5 Técnica De Scamper.....	24
2.3. Marco Conceptual.....	25
2.4. Marco Legal.....	27
<b>CAPITULOIII.....</b>	<b>30</b>
3. Marco Metodológico.....	30

3.1. Paradigma De La Investigación .....	30
3.2.1. Enfoque De La Investigación .....	31
3.2. 2.Tipo de investigación .....	32
3.2.3. Población.....	32
3.2.4. Muestra.....	32
3.2. Técnicas E Instrumentos De Investigación... ..	33
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Proceso de empatía y definición de las necesidades de la operación de recolección de café con la participación de los caficultores. ....</b>	<b>39</b>
4.2.1. Reconocimiento de las condiciones de trabajo de los caficultores.....	39
4.2.2. Caracterización demográfica y percepción del trabajo de los caficultores de Salazar de las Palmas. ....	43
4.2.3. Variables sociodemográficas.....	43
4.2.4. Ámbito laboral. ....	45
4.2.5 Elementos de protección personal.....	49
4.2.6 Evaluación del riesgo musculoesquelético con el método OWAS.....	50
4.2.7. Valoración de los riesgos de trastorno de extremidad superior mediante el método RULA.....	54
4.2.8. Diseño del mapa de empatía .....	57
4.2.9. Declaración del Punto de Vista.....	63
<b>4.2 Implementar la técnica SCAMPER en el proceso de ideación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café utilizando inteligencia artificial. ....</b>	<b>64</b>

<b>4.3</b> Diseñar y testear un prototipo de arnés ergonómico bajo criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad.....	76
<b>4.3.1</b> Requerimientos funcionales del arnés ergonómico.....	76
4.4.2 Primer prototipo. ....	92
4.4.3 Primera prueba de testeo. ....	93
4.4.4. Segunda prueba de testeo. ....	94
4.4.5. Tercera prueba de testeo.....	95
4.4.6. Evolución del prototipo.....	97
4.5 Validar la efectividad del prototipo ergonómico y tecnológico en un entorno real. .....	102
4.5.1 Segunda Encuesta De Método OWAS.....	104
4.5.2 Segunda encuesta del método RULA.....	108
5. Conclusiones .....	112
6. Referencias .....	113

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Designó Thimking. ....	18
<b>Figura 2.</b> Doble Diamante. ....	22
<b>Figura 3.</b> Nivel de Madurez de la Tecnología.....	23
<b>Figura 4.</b> Método convencional como recolectan café.....	35
<b>Figura. 5</b> Equipo investigador y ruta de recorrido hacia la finca la Aurora.....	36
<b>Figura 6.</b> Recorrido de Salazar a las fincas la Aurora y la Primavera.....	37
<b>Figura 7.</b> Edad .....	38
<b>Figura 8.</b> Sexo .....	39
<b>Figura 9.</b> Nivel educativo. ....	39
<b>Figura 10.</b> Tiempo de experiencia en caficultura.....	40
<b>Figura. 11</b> Tipo de jornada de trabajo .....	40
<b>Figura 12.</b> La jornada laboral implica carga durante varias horas. ....	41
<b>Figura. 13</b> Zonas de trabajo.....	41
<b>Figura 14.</b> Participa en asociaciones o cooperativas .....	42
<b>Figura 15.</b> El clima (calor, humedad, lluvia) afecta su comodidad durante el trabajo.....	42
<b>Figura 16.</b> Tipo de cultivo de café recolectado .....	43
<b>Figura 17.</b> El terreno donde trabaja es inclinado o inestable.....	43
<b>Figura 18.</b> Usa actualmente elementos de protección personal.....	44
<b>Figura 19.</b> ¿Las herramientas que usa actualmente protegen adecuadamente el cuerpo?.....	44
<b>Figura 20.</b> Postura de tronco .....	46
<b>Figura 21.</b> Postura de brazos .....	46
<b>Figura 22.</b> Postura de piernas .....	47

<b>Figura 23.</b> Carga manipulada.....	47
<b>Figura 24.</b> ¿Siente molestias en la zona lumbar o parte baja de la espalda? .....	48
<b>Figura 25.</b> ¿Siente molestias en caderas, rodillas y piernas? .....	48
<b>Figura 26.</b> ¿Las molestias físicas afectan rendimiento o concentración? .....	49
<b>Figura 27.</b> ¿Siente molestias en el cuello durante la jornada laboral? .....	50
<b>Figura 28.</b> ¿Siente molestias en hombros o parte superior de la espalda? .....	51
<b>Figura 29.</b> ¿Siente molestias en codos y antebrazos? .....	51
<b>Figura 30.</b> ¿Sientes molestias en muñecas o manos?.....	52
<b>Figura 31.</b> Mapa de empatía.....	57
<b>Figura 32.</b> Es importante que el arnés permita la libertad de movimiento durante la recolección .....	74
<b>Figura 33.</b> Es importante que el arnés facilite el transporte de carga sin esfuerzo adicional. ....	74
<b>Figura 34.</b> Es importa que el arnés se adapte a diferentes tipos de cuerpo y ropa de trabajo .....	75
<b>Figura 35.</b> Es importante que el arnés no interfiera con otras herramientas o actividades de caficultor.....	75
<b>Figura 36.</b> Es importe que el arnés se fácil de poner, quitar y ajustar .....	76
<b>Figura 37.</b> Es importante que el arnés sea cómodo durante toda la jornada.....	77
<b>Figura 38.</b> ¿Es importante que el arnés no genere puntos de presión ni roce en la piel? .....	77
<b>Figura 39.</b> Es importante que el arnés no aumente el calor corporal, ni retenga humedad .....	78
<b>Figura 40.</b> ¿Es importante que el arnes no aumente el calor corporal ni retenga humedad? .....	78

<b>Figura 41.</b> ¿Es importante que el arnés permita una postura corporal mas natural y menos fatigante?.....	79
<b>Figura 42.</b> ¿Es importante que el arnés proteja zonas vulnerables como la espalda, hombros y cintura?.....	80
<b>Figura 43.</b> ¿Es importante que el arnés reduzca lesiones musculoesqueléticas?.....	80
<b>Figura 44.</b> ¿Es importante que el arnés tenga elementos reflectivos o visibles para mayor seguridad?.....	81
<b>Figura 45.</b> ¿Es importante que el arnés se mantenga estable durante el movimiento y la carga? .....	81
<b>Figura 46.</b> ¿Es importante que el arnés este fabricado con materiales duraderos y resistentes? .....	83
<b>Figura 47.</b> ¿Es importante que el arnés utilice materiales amigables con el medio ambiente? .....	83
<b>Figura 48.</b> ¿Es importante que el arnés pueda repararse o reutilizarse fácilmente? .....	84
<b>Figura 49.</b> ¿Es importante que el arnés considere el impacto ambiental de su producción?.....	84
<b>Figura 50.</b> ¿Ha usado algún tipo de arnés o soporte ergonómico? .....	85
<b>Figura 51.</b> ¿El arnés que utilizo anteriormente le ayudo a reducir molestias físicas? .....	85
<b>Figura 52.</b> ¿Le gustaría participar en el proceso de prueba del nuevo arnés?.....	86
<b>Figura 53.</b> ¿Le interesa que el diseño del arnés tenga en cuenta tus opiniones? .....	86
<b>Figura 54.</b> ¿Considera que un buen arnés mejoras la salud ocupacional y el desempeño físico? .....	87
<b>Figura 55.</b> Primer prototipo.....	88

<b>Figura 56.</b> Testeo en terreno inclinado .....	89
<b>Figura 57.</b> Testeo terreno plano.....	90
<b>Figura 58.</b> Testeo del prototipo con Caficultores alto de angulo .....	91
<b>Figura 59.</b> Primer prototipo .....	92
<b>Figura 60.</b> Segundo prototipo.....	93
<b>Figura 61.</b> Tercer prototipo .....	94
<b>Figura 62.</b> Cuarto prototipo .....	95
<b>Figura. 64</b> Trabajo de campo finca villa de Leyva.....	103
<b>Figura 65.</b> Validación de prototipo final.....	102
<b>Figura. 66</b> Postura de tronco.....	104
<b>Figura. 67</b> Postura de brazos.....	105
<b>Figura. 68</b> postura de piernas.....	105
<b>Figura. 69</b> carga manipulada.....	106
<b>Figura. 70</b> ¿Siente molestias en la zona lumbar o parte baja de la espalda? .....	106
<b>Figura. 71</b> ¿Siente molestias en caderas, rodillas y piernas? .....	107
<b>Figura. 72</b> ¿Las molestias físicas afectan rendimiento o concentración?.....	107
<b>Figura. 73</b> ¿Siente molestias en el cuello durante la jornada laboral?. .....	108
<b>Figura. 74</b> ¿Siente molestias en hombros o parte superior de la espalda? .....	109
<b>Figura. 75</b> ¿siente molestias en codos y antebrazos? .....	109
<b>Figura. 76</b> ¿sientes molestias en muñecas o manos? .....	110

## Listado de Tablas

**Tabla 1.** Marco legal

.....  
26

**Tabla 2.** Grupo focal ubicado en terreno inclinado.

.....  
53

**Tabla 3.** Grupo focal ubicado en terreno plano.

.....  
55

**Tabla 4.** Método SCAMPER

.....  
61

**Tabla 5.** Ideas método SCAMPER

.....  
68

**Tabla 6.** Acróstico SCAMPER

.....  
72

## Resumen

El presente proyecto se centra en el diseño y validación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café en el municipio de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia, desarrollado bajo la metodología Design Thinking. La investigación responde a una problemática recurrente en la caficultura, los riesgos ergonómicos y los trastornos musculoesqueléticos derivados de posturas forzadas, movimientos repetitivos y cargas físicas que afectan la salud, el bienestar y la productividad de los caficultores.

El objetivo general consiste en crear un prototipo ergonómico que optimice la postura corporal, reduzca el esfuerzo físico y prevenga lesiones crónicas, promoviendo la salud ocupacional y la eficiencia en el trabajo agrícola. Para ello, se aplicó un enfoque participativo e innovador que integró las fases de empatía, definición, ideación, prototipado y testeo propias del Design Thinking. Se emplearon técnicas de evaluación ergonómica como OWAS y RULA, encuestas sociodemográficas y grupos focales con caficultores, además de herramientas creativas como SCAMPER, lo que permitió generar alternativas de diseño ajustadas a las condiciones reales de la labor cafetera.

Los resultados obtenidos evidencian que el prototipo responde a las necesidades expresadas por los trabajadores, mostrando mejoras en la postura corporal, disminución de molestias físicas y mayor comodidad durante la jornada laboral. Las pruebas realizadas en terrenos inclinados y planos confirmaron la pertinencia del diseño como estrategia preventiva frente a los riesgos musculoesqueléticos.

En conclusión, el proyecto se consolida como una propuesta integral que articula ergonomía, tecnología y participación comunitaria para dignificar el trabajo de los caficultores. Más allá de un prototipo, representa un aporte académico y social que contribuye a la salud ocupacional, fortalece la productividad y promueve el desarrollo sostenible de la caficultura en la región.

### **Palabras claves**

Ergonomía, Salud ocupacional, Trastornos musculoesqueléticos, Caficultura, Recolección de café, Arnés ergonómico, Innovación tecnológica, Design Thinking, Participación comunitaria, SCAMPER, OWAS, RULA, Desarrollo sostenible, Trabajo rural digno, Prototipado y validación

### **Abstract**

This project focuses on the design and validation of an ergonomic and technological prototype for coffee harvesting in the municipality of Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia, developed through the Design Thinking methodology. The research addresses a recurring issue in coffee farming: ergonomic risks and musculoskeletal disorders resulting from forced postures, repetitive movements, and physical loads that negatively impact the health, well-being, and productivity of coffee growers.

The general objective is to create an ergonomic prototype that improves body posture, reduces physical strain, and prevents chronic injuries, thereby promoting occupational health and

efficiency in agricultural work. To achieve this, a participatory and innovative approach was applied, integrating the phases of empathy, definition, ideation, prototyping, and testing inherent to Design Thinking. Ergonomic evaluation techniques such as OWAS and RULA were employed, along with sociodemographic surveys and focus groups with coffee growers, complemented by creative tools such as SCAMPER, which allowed the generation of design alternatives adapted to the real conditions of coffee harvesting.

The results show that the prototype responds to the needs expressed by workers, demonstrating improvements in body posture, reduction of physical discomfort, and greater comfort during the workday. Tests conducted on both sloped and flat terrain confirmed the relevance of the design as a preventive strategy against musculoskeletal risks.

In conclusion, the project is consolidated as an integral proposal that combines ergonomics, technology, and community participation to dignify the work of coffee growers. Beyond a prototype, it represents an academic and social contribution that enhances occupational health, strengthens productivity, and promotes the sustainable development of coffee farming in the region.

**Keywords:** Ergonomics, Occupational health, Musculoskeletal disorders, Coffee farming, Coffee harvesting, Ergonomic harness, Technological innovation, Design Thinking, Community participation, SCAMPER, OWAS, RULA, Sustainable development, Decent rural work, Prototyping, and validation.

## Introducción

El café colombiano constituye uno de los principales pilares económicos, sociales y culturales del país, reconocido internacionalmente por su calidad y por ser fuente de sustento para millones de familias rurales. Sin embargo, detrás de esta riqueza se encuentran condiciones laborales que exponen a los caficultores a riesgos ergonómicos significativos, derivados de la recolección manual en terrenos inclinados, jornadas extensas y posturas forzadas que generan trastornos musculoesqueléticos como lumbalgias, tendinitis y fatiga muscular. Diversos estudios en América Latina y Colombia han evidenciado la alta prevalencia de estas dolencias en trabajadores agrícolas, confirmando la necesidad de implementar soluciones innovadoras que reduzcan la carga física y mejoren la salud ocupacional. En el municipio de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, la caficultura se desarrolla principalmente en pequeñas propiedades familiares que mantienen métodos tradicionales de recolección, lo que refuerza la urgencia de diseñar herramientas ergonómicas y tecnológicas adaptadas a las condiciones reales de los caficultores.

El proyecto surge como respuesta a esta problemática, planteando la creación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café mediante la metodología Design Thinking. La propuesta se centra en el desarrollo de un arnés ergonómico que optimice la postura corporal, disminuya el esfuerzo físico y prevenga lesiones crónicas, incorporando criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad. La pertinencia del estudio se fundamenta en su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el Plan Nacional de Desarrollo “Colombia Potencia de la Vida” y el Plan Municipal de Desarrollo de Salazar de las Palmas, que buscan garantizar condiciones laborales dignas, promover el derecho al trabajo decente y modernizar los procesos agrícolas. Asimismo, se articula con políticas nacionales como el

CONPES 3866 de Desarrollo Productivo y el CONPES 4052 de Sostenibilidad de la Caficultura, que promueven la innovación, la competitividad y la formalización laboral en sectores estratégicos de la economía.

El objetivo general del proyecto es diseñar y validar un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café que contribuya a disminuir los trastornos musculoesqueléticos y promover la salud ocupacional en el sector agrícola. Para ello, se desarrollan procesos de empatía y participación comunitaria con los caficultores, se implementa la técnica SCAMPER para la ideación de soluciones innovadoras, se diseñan y testean prototipos bajo criterios ergonómicos y se valida su efectividad en condiciones reales de trabajo. El alcance del proyecto se concentra en los caficultores de Salazar de las Palmas y aborda específicamente la fase de recolección manual, incluyendo diagnóstico de condiciones laborales, diseño participativo del prototipo, pruebas de campo en terrenos inclinados y planos, y validación mediante métodos OWAS y RULA. No contempla la mecanización total del proceso ni la sustitución de la mano de obra, sino la optimización de las condiciones físicas y de seguridad de los trabajadores.

La metodología se desarrolla bajo un enfoque aplicado e innovador, utilizando Design Thinking como eje central, lo que permite integrar fases de empatía, definición, ideación, prototipado y testeo, garantizando un diseño centrado en el usuario. Se emplean técnicas de evaluación ergonómica, encuestas sociodemográficas y grupos focales para caracterizar las condiciones de trabajo, y posteriormente se aplican herramientas creativas para generar alternativas de diseño que son prototipadas y validadas en campo con la participación de los caficultores. El documento se estructura en seis capítulos que abarcan el planteamiento del problema y los objetivos, el marco referencial con antecedentes teóricos, conceptuales y legales,

el marco metodológico, el desarrollo del proyecto con sus fases de diseño y validación, las conclusiones y las referencias bibliográficas que sustentan la investigación. En conclusión, este trabajo constituye una propuesta integral que combina ergonomía, tecnología y participación comunitaria para transformar la experiencia laboral en el sector cafetero, generando impacto social, económico y ambiental en la región.

## **CAPÍTULO I:**

### **1.1 Título**

Creación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café mediante Design Thinking para los caficultores del municipio de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

El café representa uno de los pilares históricos, culturales y económicos de Colombia, reconocido mundialmente por su calidad, aroma y perfil sensorial, el café colombiano ha sido durante décadas un símbolo de identidad nacional y una fuente vital de ingresos para miles de familias rurales. Según la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), más de 540 municipios participan en la producción cafetera, con cerca de 2.5 millones de personas vinculadas directa o indirectamente a esta actividad (FNC, 2023). Además, Colombia ha logrado una producción récord de 14,6 millones de sacos en el año reciente, afirmándose como uno de los más importantes exportadores de café suave a nivel global.

Por otra parte, a nivel regional, el café continúa siendo el núcleo de la economía rural en el municipio de Salazar de las Palmas, cultivado en pequeñas propiedades familiares que mantienen métodos tradicionales de recolección manual. No obstante, tras esta riqueza cultural se ocultan condiciones laborales caracterizadas por la informalidad, la inestabilidad y el exceso de carga física. De acuerdo con el Perfil de Seguridad y Salud en el Trabajo en Colombia 2025, realizado

por la Organización Iberoamericana de Seguridad Social (OISS), y la reciente Resolución 1890 de 2025 del Ministerio de Trabajo, han señalado el riesgo ergonómico como una de las principales razones de afectaciones de la salud de los caficultores. También, han destacado peligros desde el ámbito físico, ambiental, químico, biológico y psicosocial.

De acuerdo con lo anterior, el proceso de recolección manual del café expone a los trabajadores a una serie de condiciones laborales adversas que inciden directamente en su salud física, particularmente en el aumento de los trastornos musculoesqueléticos. Esta problemática se origina en la ejecución continua de posturas forzadas y movimientos repetitivos, como la flexión prolongada de la espalda, el levantamiento de cargas y la manipulación constante de los brazos, lo cual genera dolencias crónicas tales como lumbalgias, tendinitis y fatiga muscular.

En este sentido, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2022), en colaboración con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), ha implementado una estrategia integral para optimizar las condiciones laborales en la industria del café destacando la relevancia de incluir la ergonomía en las tareas agrícolas, en particular en tareas que requieren un gran esfuerzo físico, como la recolección, el transporte y la clasificación del café. Aunque el enfoque no está centrado únicamente en los riesgos ergonómicos, se reconoce la importancia de crear tecnologías y herramientas que disminuyan el esfuerzo físico y optimicen la salud laboral del caficultor. Así mismo, empresas del sector cafetero en Colombia han demostrado un bajo interés en innovar procesos, lo que también se refleja en deficiencias ergonómicas y tecnológicas en el trabajo del proceso que realiza el caficultor (Pérez, J. 2023)

### 1.3 Justificación

La agricultura es una actividad estratégica para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), relacionados con el crecimiento económico, el desarrollo regional y la reducción de desigualdades (FAO, 2019). En este contexto, la recolección de café en Colombia, y particularmente en regiones como Salazar de las Palmas, Norte de Santander, constituye una actividad económica fundamental que sostiene a miles de familias rurales. No obstante, esta labor implica exigencias físicas intensas que exponen a los trabajadores a trastornos musculoesqueléticos, afectando directamente su salud, productividad y calidad de vida. Por consiguiente, se plantea la necesidad de investigar y proponer soluciones ergonómicas que contribuyan al bienestar de los caficultores, articulando dichas soluciones con los objetivos de desarrollo territorial y nacional.

En este sentido, la creación del arnés ergonómico representa una alternativa innovadora para reducir los riesgos físicos asociados a la recolección de café, este elemento de protección personal mejora la postura corporal, disminuye el esfuerzo físico y previene lesiones crónicas, lo que se traduce en una vida laboral más saludable y prolongada, más aún de sus beneficios en salud ocupacional, también podrá aumentar la eficiencia productiva y reducir el ausentismo por enfermedades laborales. Estudios como el de Moreno Díaz (2023) respaldan que la aplicación de principios ergonómicos en el sector agrícola colombiano permite reducir significativamente los riesgos laborales, mejorar la eficiencia en las tareas del campo y promover condiciones de trabajo más seguras y sostenibles.

Por otro lado, desde una perspectiva gubernamental, el proyecto se alinea con los pilares del Plan Nacional de Desarrollo Nacional “*Colombia Potencia de la Vida*”, particularmente en los pilares de seguridad humana y justicia social y transformación productiva. A través de esta iniciativa, se busca garantizar condiciones laborales dignas y seguras, promover el derecho fundamental al trabajo decente y modernizar el proceso agrícola, fomentando la equidad territorial en zonas históricamente marginadas (Departamento Nacional de Planeación, 2023).

Por otro lado, el Plan Municipal de Desarrollo de Salazar de las Palmas “*Unidos Somos Más*” (2024–2027) establece metas claras en su eje estratégico “*Unidos por lo Económico Somos Más Unidos*”, orientadas al fortalecimiento del capital humano, la innovación y la seguridad laboral. La creación del arnés ergonómico responde directamente a promover un entorno laboral más consciente, tecnificado y justo, donde se complementa con procesos de capacitación en ergonomía y salud ocupacional, que empoderan a los trabajadores rurales, fomentan una cultura de prevención y fortalecen la cohesión social en las comunidades cafeteras.

Además, El CONPES 3866 (2016) establece la Política de Desarrollo Productivo (PDP) en Colombia, el cual tiene el objetivo de impulsar la competitividad, diversificación y sofisticación de la economía nacional. Por consiguiente, la política de desarrollo productivo tiene como fin, fortalecer y promover la productividad empresarial, promover la innovación, mejorar la infraestructura, donde se establezca una estructura institucional sólida que estimule el desarrollo económico. Además, sus principales objetivos incluyen el aumento de la competitividad de sectores estratégicos de la economía, llevando a cabo planes de acción para lograrlo. También, promueve la formalización laboral y empresarial, garantizando mejores condiciones de trabajo.

De la misma forma, incentiva la investigación y desarrollo articulando políticas regionales y mejorando el capital humano a través de educación.

De la misma manera, la Política Para La Sostenibilidad De La Caficultura Colombiana (CONPES) 4052 busca garantizar a largo plazo la sostenibilidad económica, social y ambiental de la actividad cafetera. Para disminuir las inseguridades y dependencias que tienen los caficultores a programas sociales implementando líneas de acción específicas, como lo es fomentar e incrementar la productividad, incluyendo la reducción de costos de producción y estabilizar los ingresos del caficultores.

Finalmente, en el Índice Departamental de Competitividad (IDC) para Norte de Santander, el departamento se ubicó en el puesto 14 dentro de los 32 departamentos del país, escalando posiciones en el ranking nacional de competitividad. Aunque ha mostrado avances moderados en el sistema financiero (con un incremento de 0,7 puntos), persisten brechas significativas en infraestructura, innovación y adopción tecnológica (IDC, 2025). En este contexto, el arnés ergonómico emerge como una solución estratégica que puede incidir positivamente en estos indicadores.

## **1.4 Formulación del problema**

### **Interrogantes De Investigación**

¿Cómo reducir los niveles de trastornos musculoesqueléticos en los caficultores de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia?

## **1.5 Objetivo General**

Crear un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café mediante Design Thinking para los caficultores del municipio de Salazar de las Palmas, Norte de Santander, Colombia con fin de disminuir los trastornos musculoesqueléticos y promover la salud ocupacional en el sector agrícola.

## **1.6 Objetivos Específicos**

Efectuar un proceso de empatía y definición de las necesidades de la operación de recolección de café con la participación de los caficultores.

Implementar la técnica SCAMPER en el proceso de ideación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café utilizando inteligencia artificial.

Diseñar y testear un prototipo de arnés ergonómico bajo criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad.

Validar la efectividad del prototipo ergonómico y tecnológico en un entorno real.

## CAPÍTULO II

### 2. Marco Referencial

#### 2.1 Antecedentes

Matabanchoy-Salazar, J. M. y Díaz-Bambula, F. (2021). Riesgos laborales en trabajadores latinoamericanos del sector agrícola: Una revisión sistemática. El estudio tuvo como propósito identificar los riesgos ergonómicos presentes en el sector agrícola de América Latina. Se desarrolló una revisión sistemática de literatura entre 2010 y 2020, tomando como población los trabajadores agrícolas de diferentes países de la región. La metodología utilizada consistió en la búsqueda, selección y análisis de 65 artículos publicados en bases de datos científicas que abordaron riesgos laborales, en particular los ergonómicos. Los resultados evidencian que las exigencias físicas, el uso de herramientas no adaptadas y la falta de formación en salud ocupacional constituyen factores recurrentes que afectan la calidad de vida y la salud de los trabajadores rurales, se evidencia que prevalece, el riesgo químico seguido del riesgo ergonómico y biológico (contacto con animales). Brasil y Colombia concentran la mayor parte de las investigaciones en este campo, lo que refuerza la relevancia de la temática. La investigación desarrollada, compara los riesgos ergonómicos en contextos agrícolas latinoamericanos, aportando una base sólida para plantear estrategias preventivas y de intervención en territorios con condiciones similares.

Estrada-Muñoz, E., Hernández, M., Rivera, J. y López, C. (2022). Síntomas musculoesqueléticos y evaluación de factores de riesgo ergonómicos en una finca cafetera. El estudio tuvo como propósito identificar y analizar los factores de riesgo ergonómico en las labores de corte, recolección y beneficio del café en una finca cafetera certificada en Honduras.

La metodología utilizada se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, basado en métodos de recolección y análisis de los datos no estandarizados ni predeterminados. El tipo de muestreo seleccionado fue el no probabilístico por conveniencia población objeto conformada por los trabajadores de dicha finca cafetera. Los resultados muestran una alta prevalencia de molestias musculoesqueléticas en la espalda baja, hombros y brazos, asociadas principalmente a posturas forzadas, movimientos repetitivos y levantamiento de cargas pesadas. Así mismo, se refleja los principales efectos en la salud, provocados a causa de la postura que adoptan los trabajadores para recolectar el café. Con esta investigación, se plantea la posibilidad del uso de un arnés ergonómico como medida preventiva, dado que redistribuye el peso y disminuye la sobrecarga física en la espalda y hombros, contribuyendo a reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos en caficultores.

Legesse, G., Bayisa, F. S., Abaya, S. W., Abegaz, T. y Tadesse, O. L. (2024). Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y factores asociados entre los trabajadores de fábricas de procesamiento de café en Addis Abeba y la ciudad de Gelan en Etiopía, 2023. El estudio tuvo como propósito determinar la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y los factores asociados en trabajadores de café. La metodología utilizada fue un estudio transversal, cuya población objeto estuvo conformada por 633 trabajadores de fábricas de café en Addis Ababa y Gelan, seleccionados mediante muestreo aleatorio simple. Se aplicó un cuestionario estandarizado de síntomas musculoesqueléticos tipo nórdico, complementado con entrevistas cara a cara. El resultado global evidenció una prevalencia del 83,6 % de trastornos musculoesqueléticos en los últimos 12 meses, con mayor afectación en miembros superiores (64,5 %), hombros (64,5 %), cuello (61,8 %) y espalda baja (54,0 %). Los factores asociados más relevantes fueron la repetitividad de movimientos, posturas forzadas,

manipulación manual de cargas, largas jornadas laborales, falta de capacitación en seguridad y salud, y estrés laboral. El estudio radica la presencia de riesgos ergonómicos en la cadena productiva del café a nivel internacional y respalda la pertinencia de intervenciones como el uso de arneses ergonómicos y programas de capacitación en seguridad y salud en el trabajo para prevenir lesiones en condiciones similares.

Duque Vera, I. L., Montoya Restrepo, E. C., García Cristancho, J. I., Aguirre Echeverry, J. P., & Urrutia Illera, I. M. (2023). Factores asociados al dolor lumbar en recolectores de café de Chinchiná y Palestina (Colombia). Determinar la prevalencia del dolor lumbar y los factores de riesgo asociados entre los recolectores de café de los municipios de Chinchiná y Palestina, Colombia. Estudio transversal aplicado a una población objeto de 98 recolectores de café, con una edad promedio de 44,7 años ( $\pm 13,7$ ). Se empleó una encuesta para identificar síntomas de dolor lumbar, además de pruebas físicas para determinar valores de grasa corporal, capacidad aeróbica ( $VO_2\text{max}$ ) y flexibilidad. Se halló que el 58,2 % de los recolectores reportaron haber sufrido dolor lumbar, con una duración promedio cercana a 6 años y una intensidad de 47,1 en una escala de 0 a 100 mm. Asimismo, un mayor contenido de grasa corporal se asoció con mayor probabilidad de dolor lumbar, mientras que niveles elevados de  $VO_2\text{max}$  mostraron una relación protectora. Este estudio ofrece evidencia directa sobre la alta prevalencia de dolor lumbar en recolectores de café colombianos y destaca la influencia de la condición física en su aparición. Se refleja, la necesidad de intervenciones que reduzcan la sobrecarga postural, pero también promuevan la capacitación y el fortalecimiento físico, con el fin de prevenir trastornos musculoesqueléticos en zonas cafeteras.

Ramírez Jaramillo, P., Bonilla Mendoza, L. F., Buitrago Salazar, J. C., Múnera Ramírez, S., Uribe Quintero, M. L., Noguera Cabrales, M. D., Molina Restrepo, I., y Garzón Duque, M. O. (2022). Prevalencia y factores asociados a trastornos musculoesqueléticos en una población recolectora de café del municipio de Betania-Antioquia, 2019. El estudio describe las condiciones sociodemográficas y laborales, evalúa los riesgos ergonómicos y determinar su relación con los trastornos musculoesqueléticos (TME) en recolectores de café del municipio de Betania, Antioquia. Se utilizó una metodología de estudio analítico transversal llevado a cabo en 2019 con 98 recolectores de café mayores de edad que laboraban en fincas del municipio de Betania. Se aplicó el método OWAS para identificar riesgos posturales y el Cuestionario Nórdico para identificar y cuantificar los TME; también se recaudaron datos sobre variables sociodemográficas y condiciones laborales. El resultado arrojó el 56 % de los participantes presentó al menos un síntoma de trastorno musculoesquelético. Los más prevalentes fueron lumbalgia, dolor de rodilla y fascitis plantar. El 34,7 % de los recolectores adoptaba posturas con efectos dañinos (riesgo nivel OWAS 3), y el 5,1 % estaban en posturas extremadamente dañinas (nivel 4).

Además, Se encontró relación entre condiciones laborales adversas y la presencia de TME como túnel del carpo, manguito rotador, entre otros. Este estudio proporciona evidencia concreta de que los recolectores de café en Colombia enfrentan un alto riesgo de trastornos musculoesqueléticos debido a posturas forzadas, carga física y riesgos ergonómicos. Se evidencia la necesidad de implementar estrategias de prevención como incluir arnés ergonómico para redistribuir la carga corporal, mejorar la postura y disminuir el daño lumbar.

Fundación Universitaria María Cano y Universidad de Pamplona (2022). Desórdenes musculoesqueléticos asociados a la composición corporal y riesgo ergonómico de recolectores de café. El objetivo del proyecto fue identificar la relación entre la composición corporal y la presencia de desórdenes musculoesqueléticos en recolectores de café, así como el riesgo ergonómico asociado a las posturas de trabajo en la recolección. La metodología implementada fue de carácter descriptivo y transversal, aplicada en municipios del Huila (Teruel, Garzón, La Plata y San Agustín), con participación de recolectores de café de diferentes edades y condiciones físicas. Se emplearon métodos de valoración ergonómica y cuestionarios clínicos para la identificación de síntomas musculoesqueléticos. Como resultado se halló que el estudio permitió reconocer la presencia de TME de forma temprana, así como los riesgos ergonómicos derivados de las tareas de recolección en el campo. Se destaca la importancia de actuar preventivamente ante los riesgos ergonómicos en recolectores de café, resaltando que el uso de un arnés ergonómico ajustado a las características corporales y del terreno puede ser una medida eficaz para disminuir la carga física y prevenir lesiones.

Bautista Toloza, J. y Soto Jaramillo, M. (2022). Condiciones disergonómicas en el proceso de producción de café en las veredas Paramito y Manzanares, municipio de Chinácota, Norte de Santander. El objetivo del estudio fue evaluar las condiciones disergonómicas presentes en la producción de café en contextos de montaña. La metodología fue de tipo técnico-descriptiva, aplicada a trabajadores caficultores de las veredas Paramito y Manzanares, mediante observación directa de las actividades, entrevistas y análisis de posturas laborales. Entre los principales hallazgos se identificaron factores críticos como posturas forzadas, uso de herramientas rudimentarias y jornadas laborales prolongadas, los cuales afectan de manera negativa la salud y

la calidad de vida de los trabajadores. El aporte de este antecedente para el proyecto es la caracterización técnica de los riesgos ergonómicos en la caficultura de montaña, lo que refuerza la necesidad de implementar soluciones preventivas, como el diseño y uso de un arnés ergonómico, que contribuya a reducir la carga física de los trabajadores.

Anaya Baldovino, L., Barrera Rangel, J. y Cristancho Pabón, C. (2024). Prevalencia de síntomas musculoesqueléticos en trabajadores del cultivo de durazno en Norte de Santander. El propósito del estudio fue identificar la frecuencia y los factores asociados a síntomas musculoesqueléticos en trabajadores agrícolas del cultivo de durazno, particularmente en zonas como Pamplona. La metodología aplicada fue de carácter descriptivo y transversal, con participación de trabajadores dedicados a labores agrícolas, en quienes se evaluaron posturas, manipulación de cargas y tareas repetitivas propias del proceso productivo. Los resultados evidenciaron una alta prevalencia de síntomas musculoesqueléticos atribuibles a factores ergonómicos desfavorables, como posturas forzadas, sobreesfuerzos y movimientos repetitivos. Dadas las condiciones laborales similares con las de los recolectores de café, se demuestra la necesidad de implementar estrategias preventivas como el uso de un arnés ergonómico, que puede contribuir a reducir la carga física y mejorar el desempeño en las labores del campo.

Cabe resaltar que, aunque no existen estudios formales publicados sobre ergonomía en el municipio de Salazar de las Palmas se ha reconocido a través de testimonios de trabajadores, técnicos locales y actores comunitarios que las labores de recolección de café se desarrollan en terrenos inclinados, bajo condiciones climáticas exigentes y con implementos no adaptados. la validación comunitaria ha sido consistente en señalar la presencia de fatiga, dolores musculares y

lesiones crónicas, especialmente durante las temporadas de cosecha, esta percepción ha sido asumida como una prioridad en materia de salud laboral por líderes locales y organizaciones del territorio, con este antecedente regional proporciona la validación territorial directa del problema, fundamentando la necesidad de una intervención ergonómica adecuada a las condiciones físicas, sociales y culturales de los caficultores de Salazar.

## 2.2. Marco Teórico

**Figura 1.** *Design Thinking*



Fuente: Carola Mantilla 2017

### 2.2.1 La ergonomía como la ciencia

La ergonomía, es la disciplina científica, se encarga del estudio de la interacción entre el ser humano y los elementos de su entorno laboral, con el objetivo de optimizar el bienestar, la seguridad y el desempeño (International Ergonomics Asociación, 2020). De esta manera en los contextos agrícolas, esta interacción se ve profundamente influenciada por factores físicos como posturas forzadas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas y uso de herramientas

rudimentarias, los cuales generan riesgos ergonómicos que afectan la salud ocupacional de los trabajadores rurales.

### **2.2.2. Técnicas de evaluación ergonómica**

La técnica REBA (Rapid Entire Body Assessment), desarrollada por Hignett y McAtamney (2000), permite observar el cuerpo en su totalidad durante el trabajo, evaluando posturas del cuello, tronco, piernas y extremidades superiores, junto con factores como la carga física y la repetitividad. En el contexto rural de Salazar de las Palmas, donde los caficultores enfrentan posturas forzadas y movimientos repetitivos, REBA ofrece una forma clara de identificar los momentos críticos de la jornada. Además, permite comparar las condiciones antes y después del uso del arnés, demostrando si realmente mejora la postura y reduce el esfuerzo físico (Moreno Díaz, 2023).

De la misma manera la técnica OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), por su parte, aporta una mirada más rápida y sistemática. Desarrollada por Karhu, Kansu y Kuorinka (1977), esta técnica clasifica posturas durante actividades prolongadas, evaluando simultáneamente espalda, brazos, piernas y carga manipulada. Su aplicación es especialmente útil cuando se trabaja con varios caficultores en campo, ya que permite identificar patrones posturales recurrentes y orientar el diseño del arnés hacia la corrección de esas posturas que, repetidas día tras día, terminan generando fatiga y lesiones.

Así mismo la técnica RULA (Rapid Upper Limb Assessment), propuesta por McAtamney y Corlett (1993), se enfoca en las extremidades superiores, el cuello y la espalda

alta. Es ideal para analizar tareas repetitivas como la recolección manual, donde los brazos y hombros están en constante tensión. Esta técnica permite ajustar el diseño del arnés para aliviar esas zonas del cuerpo que más sufren durante la jornada, y al igual que REBA, genera un puntaje que facilita la comparación entre el antes y el después de la intervención.

Estas tres técnicas no solo proporcionan información; facilitan la escucha del cuerpo de los caficultores desde una perspectiva científica. Se conectan a los estándares del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (Resolución 0312 de 2019) y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular el ODS 3 (Salud y bienestar), el ODS 8 (Trabajo decente) y el ODS 10 (Reducción de desigualdades). En conjunto, refuerzan la solidez técnica del proyecto y garantizan que el arnés no sea solo un instrumento útil, sino una respuesta humana, contextualizada y transformadora para aquellos que dedican su vida a la recolección del café.

### **2.2.3. Técnicas de diseño centrado en el usuario**

En el diseño de soluciones ergonómicas para el sector caficultor, aplicar técnicas de investigación y análisis centradas en el usuario es importante para garantizar que el producto responda realmente a las condiciones físicas, culturales y operativas del trabajo rural lo que indica que esta herramientas como las entrevistas contextuales, la observación directa y los mapas de empatía permiten comprender no solo los movimientos y posturas del caficultor, sino también sus percepciones, emociones y expectativas frente a una intervención como el arnés ergonómico, estas técnicas revelan necesidades que no siempre son evidentes en estudios técnicos, como la incomodidad por el clima, la fatiga acumulada o la forma en que el trabajador adapta su cuerpo a

terrenos inclinados. Así mismo de incorporar esta información desde el inicio del proceso de diseño, se fortalece la pertinencia, funcionalidad y aceptación del producto. Además, el uso de personas y escenarios facilita la simulación de situaciones reales, permitiendo anticipar problemas y ajustar el diseño antes de su implementación.

#### **2.2.4. Doble diamante de ideación**

El Doble Diamante se presenta como una herramienta indispensable para abordar problemas complejos de manera estructurada y efectiva así mismo este modelo visual, desarrollado por el Design Council del Reino Unido, divide el proceso de diseño en cuatro fases: Descubrir, Definir, Desarrollar y Entregar, alternando entre momentos de divergencia y convergencia que permiten explorar ampliamente y luego enfocar con precisión. La primera fase, Descubrir, invita a los diseñadores a investigar y comprender profundamente el problema, esta etapa es importante ya que muchas soluciones fallan por no atacar la raíz del conflicto, al fomentar la divergencia, se recopilan múltiples perspectivas, datos y experiencias que enriquecen la visión del reto a resolver.

Luego, en la fase de Definir, se realiza una convergencia, se filtra la información obtenida para identificar el verdadero problema dado que en esta etapa no solo delimita el enfoque del proyecto, sino que también evita que los equipos se desvíen hacia soluciones superficiales o irrelevantes, en la fase de Desarrollar, abre nuevamente el espectro creativo donde se generan múltiples ideas, se prototipan soluciones y se fomenta la experimentación por lo cual la divergencia controlada permite que la innovación florezca sin perder de vista el objetivo definido previamente, por otro lado en la fase de entregar, se seleccionan las mejores propuestas, se refinan los prototipos

y se validan con usuarios reales. Esta última convergencia garantiza que la solución final no solo sea creativa, sino también funcional y centrada en las necesidades del usuario

**Figura 2.**

*Doble diamante de ideación*



**Fuente:** Design Council 2015

### 2.2.5. La técnica de SCAMPER

La técnica SCAMPER es una herramienta de ideación creativa que permite generar, mejorar o transformar productos existentes a través de siete acciones estratégicas, Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner en otro uso, Eliminar y Reordenar. En el contexto del diseño de un arnés ergonómico para caficultores en Salazar de las Palmas, SCAMPER resulta especialmente útil porque facilita la exploración de alternativas funcionales, sostenibles y adaptadas a las condiciones reales del trabajo rural. De la misma manera se puede sustituir los materiales pesados por opciones livianas y biodegradables, combinar el arnés con soporte lumbar o bolsillos, o adaptar el diseño a climas húmedos y terrenos inclinados. Esta técnica también

permite modificar la forma de los tirantes para mayor comodidad, eliminar elementos que generen calor o incomodidad, y reordenar la distribución del peso para reducir la carga en hombros y espalda. SCAMPER no requiere tecnología avanzada, solo disposición a pensar diferente y colaborar con los usuarios así mismo al aplicarlo en talleres participativos con caficultores, se promueve un diseño más inclusivo, contextualizado y validado por quienes realmente lo necesitan, en estos proyectos, SCAMPER es una vía efectiva para convertir la creatividad en soluciones ergonómicas con impacto social.

### 2.2.6 Nivel de Madurez de la Tecnología

**Figura 3.**

*Nivel de Madurez*



fueron

**Fuente:** Revista Economía Industrial

El Nivel de Madurez de la Tecnología (TRL) es una herramienta que permite medir el grado de desarrollo y validación de una tecnología, desde la idea inicial hasta su aplicación real en el mercado. Esta escala, compuesta por nueve niveles, facilita evaluar el progreso de una innovación y determinar qué tan cerca está de ser implementada de manera segura y efectiva.

Del mismo modo, en el proyecto del arnés ergonómico, el uso del TRL ha sido fundamental para planificar y controlar cada fase del desarrollo. En las etapas iniciales se validaron los conceptos teóricos y el diseño; posteriormente, se realizan pruebas de materiales, resistencia y comodidad en condiciones simuladas; y finalmente, se evalúa el desempeño del arnés en entornos reales de trabajo. Además, el TRL se alinea con el proyecto al permitir una evaluación objetiva del avance tecnológico, garantizar que el producto cumpla con los estándares de seguridad y ergonomía, y asegurar que su implementación en el ámbito laboral sea efectiva, confiable y basada en evidencia técnica.

### **2.3. Marco conceptual**

**Accidente laboral** Evento repentino que causa daño físico o mental durante la jornada de trabajo.

**Actos inseguros** Comportamientos del trabajador que aumentan el riesgo de accidente.

**Autoprotección** Capacidad del trabajador para identificar riesgos y actuar preventivamente.

**Bioseguridad** Conjunto de medidas para prevenir riesgos biológicos en el entorno laboral.

**Carga física** Esfuerzo corporal requerido para realizar una tarea.

**Carga mental** Exigencia cognitiva o emocional durante el trabajo.

**Condiciones inseguras** Factores del entorno que pueden provocar accidentes o enfermedades.

**Capacitación** Proceso de formación para mejorar competencias en seguridad y salud laboral.

**Clima organizacional** Percepción colectiva sobre las condiciones laborales que afectan el bienestar.

**Dolor musculoesquelético** Malestar físico derivado de posturas forzadas o movimientos repetitivos.

**Enfermedad laboral** Patología causada por exposición prolongada a factores del trabajo.

**EPP (Equipo de Protección Personal)** Elementos que protegen al trabajador de riesgos específicos.

**Ergonomía** Ciencia que adapta el trabajo al trabajador para mejorar bienestar y eficiencia.

**Evaluación de riesgos** Proceso para identificar y valorar peligros en el entorno laboral.

**Fatiga laboral** Estado de agotamiento físico o mental por esfuerzo prolongado.

**Gestión del riesgo** Estrategia para identificar, evaluar y controlar peligros laborales.

**Higiene industrial** Control de factores ambientales que pueden afectar la salud del trabajador.

**Inspección de seguridad** Revisión sistemática de condiciones laborales para detectar riesgos.

**Norma técnica** Documento que establece criterios mínimos de seguridad y salud en el trabajo.

**OWAS** Técnica para clasificar posturas y cargas físicas en trabajos manuales.

**Pausas activas** Breves ejercicios durante la jornada para prevenir fatiga y mejorar circulación.

**Prevención** Conjunto de acciones para evitar accidentes y enfermedades laborales.

**REBA** Método ergonómico para evaluar posturas de trabajo y riesgo musculoesquelético.

**Riesgo ocupacional** Probabilidad de que ocurra un daño derivado de condiciones laborales.

**RULA** Herramienta para analizar posturas de extremidades superiores en tareas repetitivas.

**Salud ocupacional** Disciplina que promueve el bienestar físico, mental y social en el trabajo.

**Seguridad industrial** Medidas para proteger al trabajador frente a riesgos mecánicos, eléctricos.

## 2.4. Marco legal

**Tabla 1.** *Marco legal*

Nivel normativo	Norma	Propósito	Entidad Emisora
		Reconoce el trabajo como derecho y obligación social.	
<b>Norma Suprema</b>	<b>Constitución Política de Colombia</b>	Garantiza condiciones dignas, seguras y justas.	Congreso Nacional
	<b>Art. 25 y Art. 53</b>	Establece el deber estatal de proteger la	

<b>Nivel normativo</b>	<b>Norma</b>	<b>Propósito</b>	<b>Entidad Emisora</b>
		salud, higiene y seguridad laboral.	
		Reforma el sistema de riesgos laborales.	
<b>Leyes</b>	<b>Ley 1562 de 2012</b>	Incorpora la ergonomía como disciplina preventiva.	Congreso Nacional
	<b>Ley 1753 de 2015</b>	Plan Nacional de Desarrollo. Promueve trabajo decente y salud ocupacional en zonas rurales.	Congreso Nacional
<b>Decretos Reglamentarios</b>	<b>Decreto 1072 de 2015</b>	Compila la normatividad del SG-SST. Exige identificación de peligros, evaluación de riesgos y acciones correctivas.	Ministerio del Trabajo
<b>Resoluciones Técnicas</b>	<b>Resolución 0312 de 2019</b>	Establece estándares mínimos del SG-SST para microempresas,	Ministerio del Trabajo

Nivel normativo	Norma	Propósito	Entidad Emisora
		incluyendo el sector agrícola.	
	<b>Resolución 2346 de 2007</b>	Regula evaluaciones médicas ocupacionales: ingreso, periódicas y retiro.	Ministerio de Salud y Protección Social
	<b>Resolución 1401 de 2007</b>	Define el procedimiento para investigar accidentes laborales.	Ministerio de Trabajo
	<b>Resolución 2646 de 2008</b>	Regula la evaluación de factores psicosociales, incluyendo fatiga física y estrés.	Ministerio de Salud y Protección Social

Esta estructura abarca desde la Constitución Política, que establece principios fundamentales, hasta leyes, decretos y resoluciones técnicas que detallan procedimientos específicos. Su aplicación resulta especialmente relevante en sectores rurales y agrícolas, donde las condiciones laborales.

## **CAPITULO III.**

### **3. Marco Metodológico**

Considerando el constructo teórico asumido desde la ergonomía laboral y los métodos normativos aplicados para declarar el objeto de estudio, la investigación se sustentó metodológicamente en la medición de indicadores que representaron las condiciones posturales y el riesgo musculoesquelético de los caficultores. Para ello, se utilizaron herramientas de análisis ergonómico (OWAS y RULA), las cuales fueron complementadas con pruebas de testeo del prototipo de arnés en campo.

#### **3.1 Paradigma de la Investigación**

Este estudio se enmarcó en el paradigma pragmático, propuesto inicialmente por Charles Sanders Peirce (1878) y desarrollado posteriormente por John Dewey (1938), el cual planteó la investigación como un proceso flexible y orientado a la solución de problemas reales. Este paradigma justificó la integración de métodos cuantitativos y cualitativos, lo que permitió analizar la problemática desde una perspectiva integral y práctica. Bajo este enfoque, se buscó comprender la realidad ergonómica de los caficultores de Salazar de las Palmas y se intervino en ella mediante el diseño de un arnés ergonómico, el cual fue validado en estudio de campo.

Según Arias (2023). “Los pragmáticos utilizan los métodos de investigación más apropiados para abordar los problemas actuales, donde los problemas sociales complejos necesitan

enfoques multifacéticos.” Esto conecta directamente con nuestro estudio, pues la problemática de trastornos musculoesqueléticos en trabajadores caficultores combina aspectos técnicos cuantificables y experiencias individuales cualitativas.

### **3.2.1. Enfoque de la Investigación**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, como lo afirmaron Hernández, Fernández y Baptista (2014), “el enfoque mixto implica un proceso de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, con el propósito de responder al planteamiento del problema” (p. 546). Dentro de este enfoque, se incorporó un componente cuantitativo que permitió medir los impactos físicos de las actividades laborales mediante herramientas estandarizadas de análisis ergonómico como REBA (Rapid Entire Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) y RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Asimismo, se integró un componente cualitativo que permitió recoger las percepciones, experiencias y expectativas de los caficultores frente a la problemática y al prototipo del arnés, a través de entrevistas semiestructuradas, observación directa en el contexto y testeo en campo. La integración de ambos enfoques aumentó la credibilidad de los resultados, ya que permitió analizar datos objetivos y, al mismo tiempo, considerar la voz de los trabajadores para garantizar la pertinencia del diseño del arnés.

### **3.2.2. Tipo de investigación**

El estudio correspondió a una investigación aplicada, la cual “se caracterizó por su interés en la utilización, aplicación y consecuencias prácticas de los conocimientos. Buscó transformar el conocimiento en soluciones a problemas concretos” (Den, 2011, p. 623). Constituyó una solución práctica mediante el diseño de un arnés ergonómico que mejoró la salud y el desempeño físico de los caficultores. Su alcance fue exploratorio descriptivo, en tanto que fue exploratorio porque abordó un contexto poco documentado en cuanto a ergonomía rural en el sector caficultor, y fue descriptivo porque pretendió caracterizar las condiciones laborales, identificar riesgos musculoesqueléticos y describir las necesidades funcionales que fundamentaron la construcción del prototipo del arnés ergonómico.

### **3.2.3. Población**

La población objeto está conformada por 1.024 fincas cafetaleras y 907 caficultores del municipio de Salazar de las Palmas (Norte de Santander), representativas por sus condiciones topográficas, prácticas de cultivo y exigencias físicas del trabajo agrícola.

### **3.2.4. Muestra**

La muestra estará conformada por tres fincas cafetaleras ubicadas en las veredas Maldonado, Juan Esteban y Bajo Arenal, así como por 30 recolectores de café. La selección se realizará mediante un muestreo intencional, dirigido a aquellas fincas y trabajadores con mayor exposición a riesgos ergonómicos, lo cual permite focalizar el análisis en casos críticos y garantizar que los resultados obtenidos sean pertinentes y relevantes para la intervención propuesta.

El muestreo fue no probabilístico, la técnica fue el muestreo a conveniencia como lo dicen Scharager y Armijo (2001), este tipo de muestras son también llamadas muestras dirigidas o intencionales. Según Hernández-Sampieri, Fernández-Collado y Baptista-Lucio (2014), “las muestras no probabilísticas pueden también llamarse muestras dirigidas, pues la elección de casos depende del criterio del investigador” (p. 182). Esto reafirma que la selección para este estudio no se basa en la probabilidad, sino en el criterio de representar casos con mayor exposición al riesgo ergonómico.

### **3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Se emplearon técnicas e instrumentos de recolección de datos de tipo cuantitativo y cualitativo; "La recolección de datos dentro de una investigación comprende reunir y medir información de diversas fuentes, con la finalidad de obtener un panorama general del objeto de estudio. La obtención de estos datos puede realizarse a través de diferentes técnicas e instrumentos como la observación, cuestionarios, entrevistas y escalas." (Sánchez Martínez, 2022, p. 38)

En el primer caso, se aplicaron herramientas de análisis postural y de riesgo ergonómico como REBA (Rapid Entire Body Assessment), OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) y RULA (Rapid Upper Limb Assessment), además de pruebas de testeo del prototipo de arnés en campo con mediciones de molestias musculoesqueléticas antes y después de su uso. En el segundo caso, se realizaron entrevistas semiestructuradas y grupos focales con caficultores para identificar experiencias, necesidades y expectativas frente al diseño del arnés, complementadas con la observación participante durante la jornada laboral, con el fin de comprender las dinámicas reales

de trabajo y validar la funcionalidad del prototipo. La triangulación de datos entre los diferentes métodos e instrumentos permitió garantizar la confiabilidad y validez de los resultados, asegurando que el diseño del arnés fuera técnicamente viable, culturalmente apropiado, funcional en campo y replicable en otros territorios rurales con condiciones similares.

## **CAPÍTULO 4. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

### **Desarrollo**

**4.1** Proceso de empatía y definición de las necesidades de la operación de recolección de café con la participación de los caficultores.

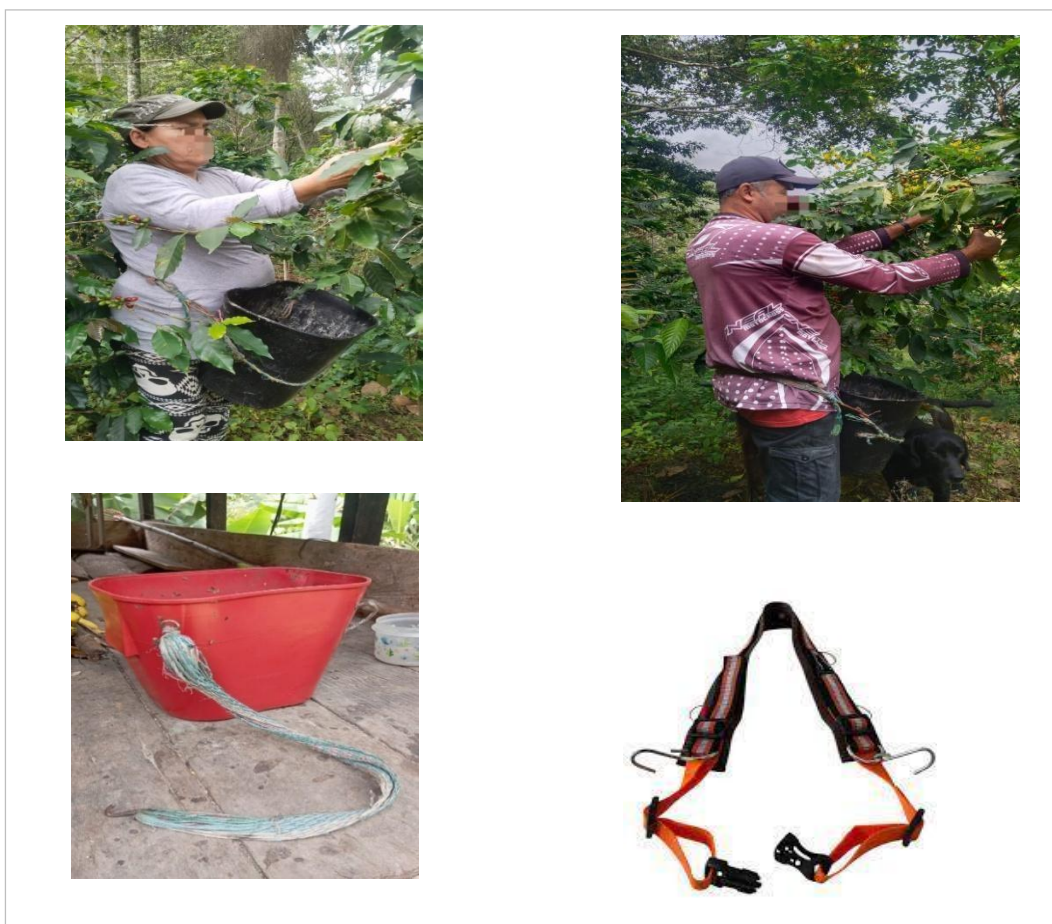
#### **4.2.1. Reconocimiento de las condiciones de trabajo de los caficultores.**

El jueves 25 de septiembre del 2025, el equipo investigador se desplazó hacia Salazar de las Palmas del departamento de Norte de Santander, ubicado en una zona montañosa rodeada de paisajes verdes y clima agradable. Se encuentra aproximadamente a 55 kilómetros de Cúcuta, distancia que se puede recorrer en una hora y media a dos horas por carretera. Este municipio limita al norte con Gramalote y Villa Caro, al sur con Arboledas, al oriente con Santiago y Durania, y al occidente con Cáchira y Villa Caro. A las 9:00 a.m., el equipo investigador conformado por el docente Juan Pérez y las estudiantes Johana Urbana, Adriana Ramirez salieron del casco urbano del municipio hacia las veredas Alto de Ángulo y San Jerónimo, el primer recorrido tomó alrededor de 40 minutos en vehículo y 30 minutos a pie hasta llegar a la Finca La Aurora, ubicada en la vereda San Jerónimo a una altitud de 1.500 metros sobre el nivel mar.

En la finca se visitó el lote de café denominado Gira Larga, que cuenta con cerca de 5.000 plantas de café y presenta una topografía empinada, en el lugar se encontraban cuatro recolectores de café, a quienes se les brindó una charla informativa sobre los trastornos musculoesqueléticos (TME), sus causas, síntomas y enfermedades asociadas, además de recomendaciones preventivas para reducir su aparición durante las labores de recolección.

#### Figura. 4

##### *Método convencional de recolección de café*



Fuente propia

La recolección del grano de café se ha realizado utilizando dos sistemas principales de herramientas. Inicialmente, se empleaba el coco recolector plástico, ajustado al cuerpo mediante

un pretal de polipropileno (fibra sintética). Buscando mejorar el ajuste y la ergonomía, se ha implementado también el sistema "pulpo". Este último es de material acolchado, lleva riatas y ganchos de acero, y se coloca en la cintura, concentrando la mayor parte del esfuerzo en esa área del cuerpo.

### Figura 5.

*Equipo investigador y ruta de recorrido hacia la finca la Aurora*



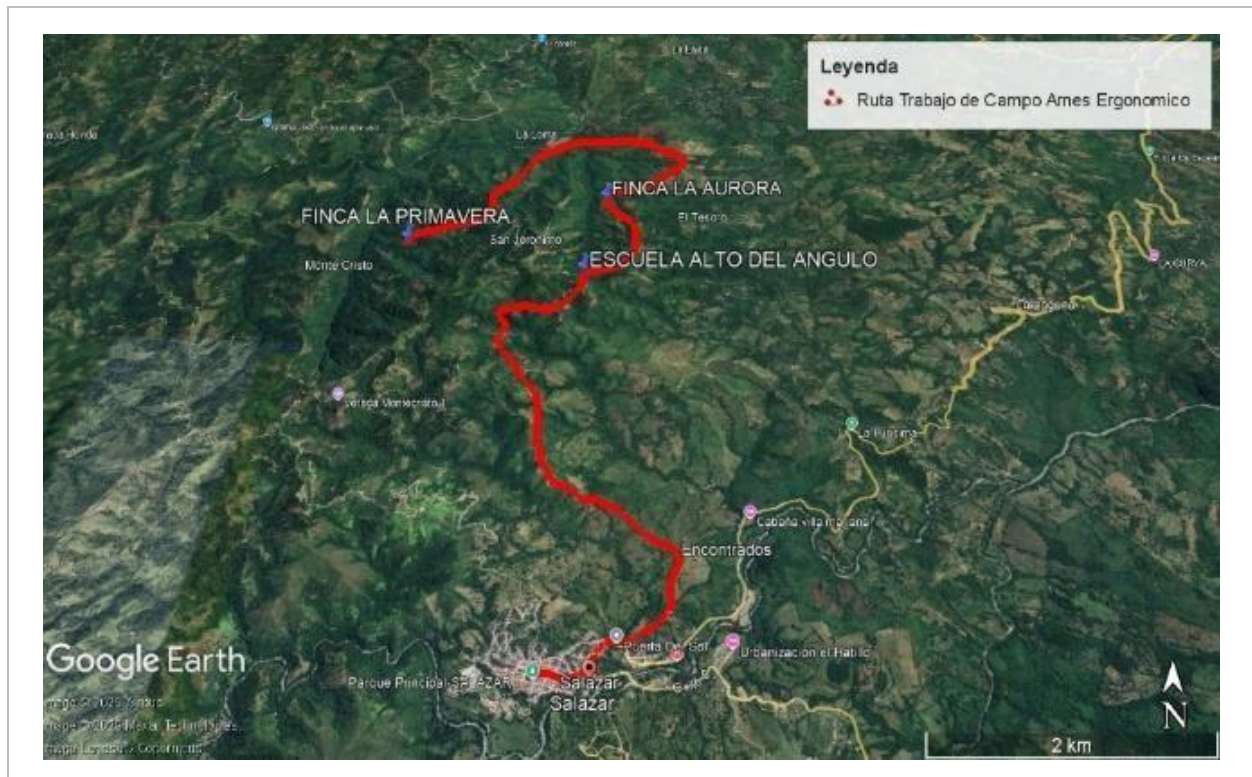
Fuente propia

De la misma manera, terminada la actividad en la Finca La Aurora, se continuó hacia la Finca La Primavera, ubicada también en la vereda San Jerónimo, a una altitud de 1.400 metros sobre el nivel del mar. El recorrido tomó aproximadamente 30 minutos en vehículo y 20 minutos a pie. En esta finca, de terreno plano, se repitieron las actividades anteriormente mencionadas

con cuatro recolectores adicionales, aplicando los mismos instrumentos y métodos de observación

**Figura. 6**

*Recorrido de Salazar a las fincas la Aurora y la Primavera*



Fuente propia

El punto de partida fue el municipio de Salazar de las Palmas, desde donde se transitó por vías terciarias y destapadas, pasando por la escuela rural Alto del Ángulo, hasta llegar a la finca La Aurora. Posteriormente, se continuó el desplazamiento hacia la finca La Primavera, completando un trayecto total de aproximadamente 65.5 kilómetros, el tiempo estimado de viaje en vehículo fue de dos horas y media, lo que refleja las condiciones precarias de la infraestructura vial y la complejidad geográfica del terreno.

#### 4.2.2. Caracterización demográfica y percepción del trabajo de los caficultores de Salazar de las Palmas

La caracterización demográfica y percepción del trabajo aplicada a 22 caficultores de Salazar de las Palmas permitió conocer no solo quiénes son, sino cómo sienten y enfrentan su labor diaria. Se midieron variables como edad, sexo y nivel educativo, donde la mayoría son de géneros masculinos y formación básica. En el ámbito laboral, se exploró su experiencia en caficultura, el tipo de jornada siempre completa, las zonas donde trabajan y su vinculación a asociaciones, que resultó ser mínima. También se indagó en cómo perciben el clima, la inclinación del terreno, el tipo de cultivo, el uso de elementos de protección personal y la eficacia de sus herramientas.

#### 4.2.3. Variables sociodemográficas

**Figura. 7**

*Edad*



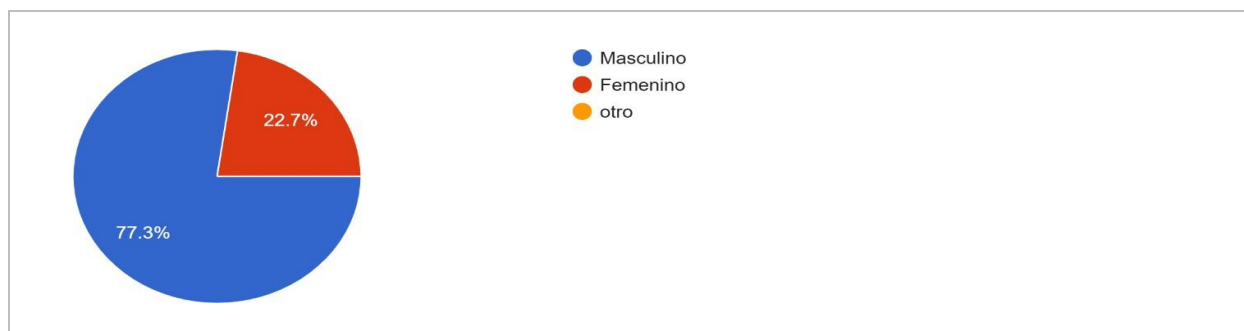
Fuente propia

El 73.9% de quienes trabajan están entre los 26 y 59 años, cuerpos que han sostenido años de esfuerzo y adaptación. Un 13% apenas comienza, aprendiendo a resistir el ritmo físico

del trabajo. El 8.7% son jóvenes que ya sienten el peso del oficio en formación. Y al menos una persona supera los 60, demostrando que la necesidad muchas veces vence al desgaste.

**Figura. 8**

*Sexo*



Fuente propia

El 77.3% de quienes trabajan son hombres, y un 22.7% son mujeres, que enfrentan las mismas tareas, muchas veces con menos reconocimiento.

**Figura. 9**

*Nivel educativo*



Fuente propia

El nivel educativo de los encuestados se concentra principalmente en los niveles básicos y secundarios. El mayor promedio el 50%, ha alcanzado el nivel de Bachiller, mientras que el 36,4% solo formó o cursó la Primaria. De manera combinada, más de las tres cuartas partes (86,4%) posee, como máximo, estudios de bachillerato. Un 9,1% indica no tener ninguna educación formal por otra parte los niveles de educación superior como Técnico, Pregrado y Posgrado son mínimos.

#### 4.2.4 Ámbito laboral

**Figura. 10**

*Tiempo de experiencia en caficultura*



Fuente propia

La experiencia en el oficio de la caficultura es diversa entre los encuestados, el 22,7% se encuentra en una etapa inicial, apenas comenzando y aprendiendo las exigencias físicas del trabajo.

Otro 22,7% posee una experiencia considerable, llevando entre 16 y 20 años en la labor, mientras que por otro lado un 13,6% supera los 21 y más años, en el trabajo de la caficultura.

**Figura. 11**

*Tipo de jornada de trabajo*



Fuente propia

En relación con la jornada laboral, el gráfico indica una dedicación total a la actividad, puesto que el 100% de los encuestados reporta trabajar a tiempo completo.

**Figura. 12**

*La jornada laboral implica carga durante varias horas*



Fuente propia

En relación con la percepción de la jornada laboral, existe un consenso total en que el trabajo implica una carga prolongada, con un 54.5% de los encuestados "De acuerdo" y el 45.5% "Muy de acuerdo". Esta percepción de carga extensa se relaciona directamente con el rendimiento, ya que la gran mayoría (86.4%) afirma que las molestias físicas afectan su concentración y desempeño "A veces". Por lo tanto, la dedicación intensa y prolongada se traduce en interrupciones frecuentes de la concentración debido a malestares físicos para la inmensa mayoría de los trabajadores.

**Figura. 13**

*Zonas de trabajo*



Fuente propia

En cuanto a las zonas de trabajo, el gráfico revela una clara concentración del esfuerzo en el entorno directo de la producción. La mayoría de los encuestados, específicamente el 68.2%, desarrolla sus labores dentro de la Finca, el porcentaje restante, un 31,8%, se desempeña en la Vereda, que abarca un área rural más amplia.

**Figura. 14**

*Participa en asociaciones o cooperativas*

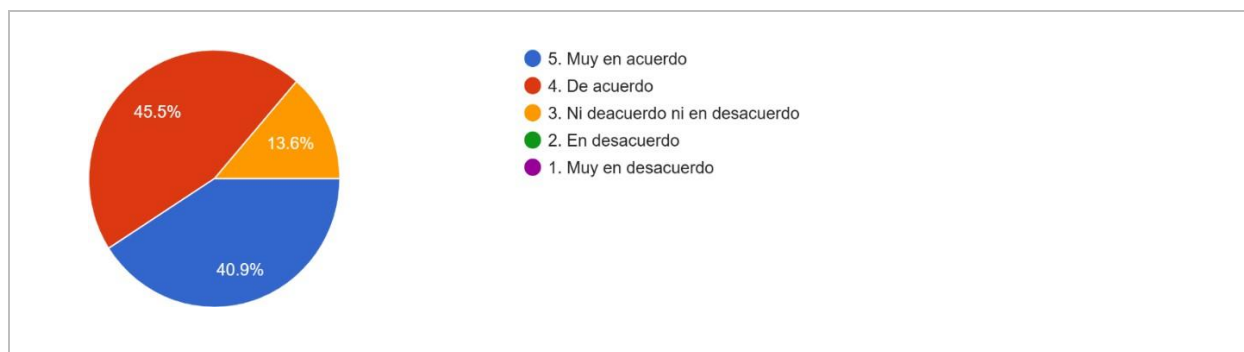


Fuente propia

La participación en asociaciones o cooperativas es minoritaria entre los encuestados, ya que la gran mayoría ha respondido "No" con un 86,4%. Solo un pequeño segmento, el 13,6%, reporta que "Sí" participa en este tipo de organizaciones, indicando que el modelo predominante de trabajo es individual o familiar, en lugar de estar integrado en estructuras asociativas.

**Figura. 15**

*El clima (calor, humedad, lluvia) afecta su comodidad durante el trabajo*



Fuente propia

El clima no es solo un entorno que afecta la comodidad durante el trabajo, un 45.5% afirma que el calor, la humedad y la lluvia hacen el trabajo más pesado, mientras que otro 40.9% lo asegura con total certeza.

**Figura. 16**

*Tipo de cultivo de café recolectado*



Fuente propia

Todos cultivan café de forma tradicional, como si el saber del campo se transmitiera más por experiencia que por innovación. No hay presencia de sistemas tecnificados ni orgánicos, lo que habla de una caficultura que resiste con lo que tiene.

**Figura. 17**

*El terreno donde trabaja es inclinado o inestable*



Fuente propia

El 100% de las personas reconoce que el terreno donde trabaja es inclinado o inestable, como donde cada paso exige atención y esfuerzo extra. Un 59.1% lo acepta con preocupación, y un 40.9% lo afirma con total convicción.

#### 4.2.5 Elementos de protección personal

**Figura. 18**

*Usa actualmente elementos de protección personal*

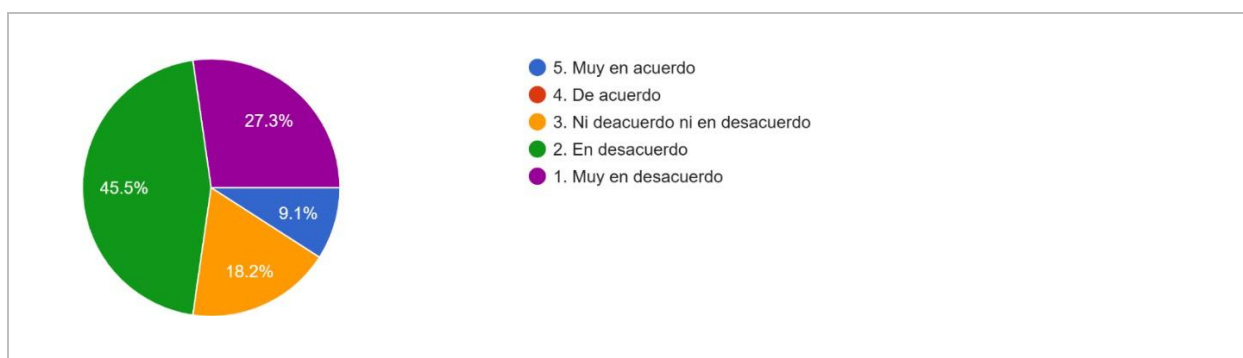


Fuente propia

Más de la mitad usa solo botas e impermeable, y un 22.7% cuenta con protección completa, cuidando cada parte expuesta al riesgo. Pero otro 22.7% no usa nada, enfrentando el campo con la piel descubierta y la voluntad intacta.

**Figura. 19**

*¿Las herramientas que usa actualmente protegen adecuadamente el cuerpo?*



Fuente propia

La opinión de los trabajadores sobre la protección que ofrecen sus herramientas de trabajo está marcada por el desacuerdo, superando el 70% de las respuestas. Específicamente, el 45.5% está en desacuerdo y un 27.3% adicional se declara muy en desacuerdo con que el equipo actual protege adecuadamente su cuerpo. Solo una minoría, el 9,1%, está muy de acuerdo con la adecuación de sus herramientas, siendo el 18,2% restante la opción neutral.

#### **4.2.6 Evaluación del riesgo musculoesquelético con el método OWAS**

La evaluación del riesgo musculoesquelético se realizó mediante el instrumento OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), una herramienta reconocida para analizar posturas laborales y detectar niveles de riesgo asociados a movimientos repetitivos, posiciones forzadas y manipulación de carga. Este método clasifica las posturas del cuerpo en cuatro dimensiones: espalda, brazos, piernas y tipo de carga, permitiendo establecer códigos que indican la urgencia de intervención ergonómica. En este estudio, se complementó la observación postural con la autoevaluación de molestias físicas reportadas por 8 caficultores, quienes indicaron sentir incomodidad frecuente en la zona lumbar, adoptar posturas inclinadas hacia adelante, mantener los brazos por encima del hombro y cargar pesos superiores a 15 kg durante varias horas, por esta misma razón mismo los resultados reflejan una alta exposición a factores de riesgo musculoesquelético, especialmente en terrenos inclinados.

**Figura. 20**

*Postura de tronco*



Fuente: propia

Todas las personas encuestadas trabajan con el tronco inclinado hacia adelante, como si el cuerpo se plegara al ritmo de la tarea. No hay postura recta, ni lateral, ni torcida, solo una inclinación constante que habla de esfuerzo sostenido.

**Figura. 21**

*Postura de brazos*



Fuente: propia

El 72.7% de las personas sostiene los brazos por encima del hombro, como si el trabajo les pidiera alcanzar más de lo que el cuerpo permite. Otro 27.3% los mantiene extendidos hacia adelante, en una postura que también exige sin descanso.

**Figura 22.***Postura de piernas*

Fuente: propia

El 45.5% de las personas se mantiene de pie con ambos pies firmes, sosteniendo el cuerpo con constancia. Un 31.8% apoya solo un pie, el 22.7% trabaja en cuclillas, doblando las piernas para alcanzar lo que el entorno no facilita.

**Figura. 23***Carga manipulada*

Fuente: propia

El 77.3% de las personas carga más de 15 kg, como si el peso del trabajo se midiera también en esfuerzo corporal. Otro 22.7% sostiene entre 5 y 15 kg.

**Figura. 24**

*¿siente molestias en la zona lumbar o parte baja de la espalda?*



Fuente: propia

Los resultados del gráfico evidenciaron que la mayoría de los participantes (50%) indicaron realizar la actividad evaluada con frecuencia, lo que sugiere una exposición recurrente a las condiciones analizadas. Un 22.7% señaló hacerlo a veces, mientras que el 18.2% reportó realizarla raramente. Solo el 9.1% afirmó hacerlo siempre, y no se registraron respuestas en la categoría nunca.

**Figura. 25**

*¿Siente molestias en caderas, rodillas y piernas?*



Fuente: propia

La mitad de las personas (50%) siente molestias en caderas, rodillas y piernas a veces, como si el cuerpo les recordara que el esfuerzo deja huella. Un 22.7% las vive frecuentemente, otro 22.7% las nota raramente, solo un 4.5% las sufre siempre.

**Figura 26.**

*¿Las molestias físicas afectan rendimiento o concentración?*



Fuente: propia

El 86.4% de las personas admite que el malestar físico afecta su concentración a veces, 9.1% lo nota raramente, otros lo viven frecuentemente, enfrentando el trabajo con dolor que distrae.

#### **4.2.7. Valoración de los riesgos de trastorno de extremidad superior mediante el método RULA**

El método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) es una herramienta de evaluación ergonómica diseñada para identificar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas asociadas a posturas de trabajo, especialmente en las extremidades superiores. Fue desarrollado por Lynn McAtamney y Nigel Corleto en 1993, con el objetivo de ofrecer una forma rápida y sistemática de analizar tareas que implican movimientos repetitivos, posturas forzadas o esfuerzos físicos.

RULA se basa en la observación directa de la postura del trabajador durante una tarea específica, donde evalúa seis segmentos corporales: brazo superior, antebrazo, muñeca, cuello, tronco y piernas.

Para el estudio, se seleccionaron ocho caficultores de la región, dividiéndose equitativamente entre dos tipos de terreno cuatro trabajaban en terreno inclinado y cuatro en terreno plano. A cada participante se le observó durante la ejecución de tareas típicas de recolección, carga y manipulación, registrando sus posturas mediante fotografías y anotaciones en campo, posteriormente, se aplicó la metodología RULA a cada caso, obteniendo puntuaciones que reflejaban distintos niveles de riesgo postural.

Los resultados mostraron que los caficultores en terreno inclinado presentaban puntuaciones más altas, indicando mayor exposición a posturas críticas, especialmente por la inclinación del tronco y la elevación constante de los brazos por encima del hombro, a diferencia de quienes trabajaban en terreno plano mostraron posturas ligeramente menos exigentes, aunque también se evidenciaron riesgos por carga y repetición.

**Figura. 27**

*¿Siente molestias en el cuello durante la jornada laboral?*



Fuente: propia

Durante la jornada laboral, muchas personas conviven con molestias en el cuello que van y vienen el 36.4% dice sentir las a veces, mientras que un 27.3% las experimenta frecuentemente y un 18.2% siempre. Esto significa que casi la mitad vive con ese malestar como parte de su rutina. solo un 18.2% lo siente raramente.

**Figura. 28**

*¿Siente molestias en hombros o parte superior de la espalda?*



Fuente: propia

La mayoría de las personas encuestadas expresó sentir molestias en los hombros o la parte superior de la espalda con cierta frecuencia un 40.9% dijo que las experimenta frecuentemente y un 31.8% a veces. Esto indica que más de la mitad convive con estas incomodidades de forma regular, un 18.2% las siente raramente y solo un 9.1% siempre.

**Figura. 29**

*¿siente molestias en codos y antebrazos?*



Fuente: propia

Más del 50% de las personas siente molestias en codos y antebrazos a veces, como si el cuerpo les recordara que algo no está del todo bien. Un 27.3% las siente raramente, pero no las ignora. Y un 13.6% las vive frecuentemente, lo que ya habla de una incomodidad persistente, aunque pocos lo sufren siempre, casi nadie está completamente libre de malestar.

**Figura. 30**

*¿sientes molestias en muñecas o manos?*



Fuente: propia

Más de la mitad siente molestias en muñecas o manos de forma ocasional, el 31.8% lo vive con más frecuencia, en tareas que exigen precisión o fuerza. Aunque solo el 13.6% lo sufre seguido.

#### **4.2.8. Diseño del mapa de empatía**

Los hallazgos obtenidos a través de ejercicios participativos realizados con caficultores del municipio de Salazar, Norte de Santander. El objetivo principal fue recolectar información cualitativa acerca de sus percepciones, emociones, necesidades, dolores físicos y aspiraciones en el contexto de su labor diaria. Para ello se realizó un grupo focal con cuatro caficultores en terreno inclinado y cuatro en terreno plano. Mediante el Mapa de Empatía, se recopiló de forma estructurada y sensible las voces de quienes enfrentan condiciones físicas exigentes, climáticas cambiantes y limitaciones operativas en los cultivos de café.

**Tabla 2.***Grupo focal ubicado en terreno inclinado*

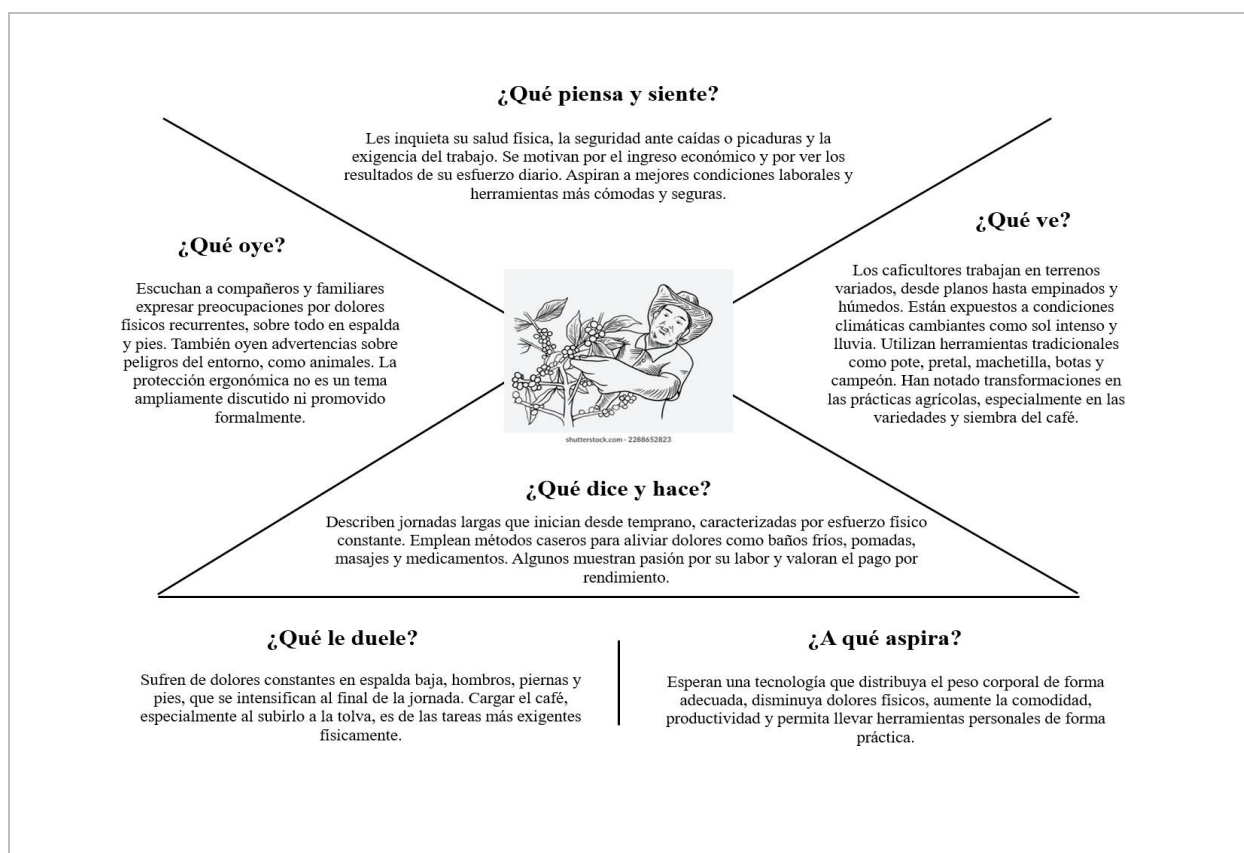
<b>Sección</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Hallazgos</b>
		<p>Los caficultores trabajan en terrenos empinados, húmedos y de difícil acceso.</p>
¿Qué ve?	¿Cómo es su entorno de trabajo? ¿Qué herramientas usa? ¿Qué cambios ha notado en los últimos años?	<p>Están expuestos a condiciones climáticas variables como sol intenso y lluvias. Usan herramientas básicas como el pretal, costales, campeones, botas y a veces machetilla. Han observado cambios en la variedad del café y prácticas de cultivo en los últimos años.</p>
¿Qué oye?	¿Qué le dicen sus compañeros, familia o supervisores sobre su salud física? ¿Qué rumores o consejos circulan sobre protección ergonómica?	<p>Escuchan de sus compañeros y familiares quejas recurrentes sobre dolores físicos, especialmente en la espalda y pies. También oyen recomendaciones sobre el uso de nuevas tecnologías como lonas o derribadoras, aunque no siempre son viables en sus terrenos.</p>
¿Qué dice y hace?	¿Cómo describe su jornada laboral? ¿Qué estrategias usa para aliviar el dolor físico?	<p>Describen sus jornadas como largas y extenuantes, iniciando desde las 5 a.m. hasta la tarde. Utilizan estrategias para sobrellevar el dolor como pastillas, pomadas, masajes y</p>

Sección	Preguntas	Hallazgos
	¿Qué soluciones ha intentado?	baños fríos. Algunos mencionan tener pasión por su trabajo y motivación económica, valorando el pago por tarea.
¿Qué piensa y siente?	¿Qué le preocupa durante el trabajo? ¿Qué le motiva? ¿Qué le gustaría cambiar?	Les preocupa el estado de salud, la seguridad frente a caídas o picaduras, y las consecuencias del clima. Desean herramientas más cómodas, seguras y funcionales. Ven con entusiasmo la posibilidad de una mejora ergonómica en su jornada laboral.
¿Qué le duele?	¿Dónde siente molestias musculares? ¿En qué momentos del día? ¿Qué tareas le resultan más exigentes físicamente?	Sufren molestias musculares constantes, principalmente en la espalda baja, planta de los pies y hombros. Los dolores se intensifican al finalizar la jornada, especialmente durante el transporte de cargas pesadas.
¿Qué gana?	¿Qué beneficios espera de un nuevo arnés? ¿Qué significaría para él/ella sentirse más cómodo/a en el trabajo?	Esperan que un arnés ergonómico distribuya mejor el peso, reduzca dolores físicos, incremente la comodidad y productividad, y les permita incorporar elementos prácticos como bolsillos para objetos personales.

El mapa de empatía sintetiza la experiencia de los caficultores en terrenos inclinados y mixtos. Se evidencian condiciones de trabajo exigentes, dolores musculares recurrentes y estrategias caseras para aliviar el malestar. Los participantes expresan preocupación por su salud y seguridad, pero también motivación económica y orgullo por su labor. De manera consistente, manifiestan la necesidad de un arnés ergonómico que distribuya el peso, reduzca el dolor y aumente la comodidad y productividad.

**Figura. 31**

*Mapa de empatía*



Fuente propia.

Los caficultores, especialmente en zonas rurales con terrenos inclinados, enfrentan condiciones laborales exigentes que afectan su salud física y bienestar. Sus jornadas son largas,

con exposición constante al sol, la lluvia y riesgos como caídas o picaduras, mientras utilizan herramientas básicas que no siempre se adaptan a sus necesidades ergonómicas. Los dolores musculares en espalda, pies y hombros son frecuentes, y las estrategias de alivio suelen ser caseras y temporales. A pesar de estas dificultades, se mantienen motivados por el ingreso económico y el valor de su trabajo.

#### **4.2.9. Declaración del Punto de Vista**

La declaración de un punto de vista es una frase que articula quién es el usuario, qué necesita y por qué lo necesita, basada en los datos recolectados. Por tal motivo, se aplicó una encuesta estructurada a 22 caficultores; observación directa mediante los métodos RULA y OWAS, y dos grupos focales para la construcción de un mapa de empatía con el fin de conocer sus percepciones y necesidades.

De acuerdo con lo anterior se relaciona el siguiente punto de vista:

“Los caficultores del municipio de Salazar de las Palmas necesitan una herramienta ergonómica que reduzca la sobrecarga física durante la recolección de café, porque las posturas forzadas, el levantamiento de peso y las jornadas prolongadas les generan trastornos musculoesqueléticos que afectan su salud y rendimiento laboral.”

Pregunta “¿Cómo podríamos...?” (HMW)

¿Cómo podríamos crear un prototipo ergonómico y tecnológico que ayude a distribuir el peso del café de manera equilibrada, disminuyendo los trastornos musculoesqueléticos y aumentando la comodidad y seguridad de los caficultores durante su jornada?

#### 4.2 Implementar la técnica SCAMPER en el proceso de ideación de un prototipo ergonómico y tecnológico para la recolección de café utilizando inteligencia artificial.

Para construir la tabla final titulada “**SCAMPER**

**Cuadro de ideas (5 por letra)”**, se utilizó el modelo **SCAMPER GPT**, una versión especializada de ChatGPT basada en el modelo GPT-4o de OpenAI. Este GPT fue configurado por el usuario para desempeñar el rol de un experto en innovación tecnológica aplicada a Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en el sector cafetero colombiano, con 20 años de experiencia en diseño de productos mediante Design Thinking. Su función principal fue generar ideas innovadoras y accionables para resolver un reto ergonómico y tecnológico en el contexto de recolección de café.

El *prompt* que activó la generación fue una instrucción directa del usuario que solicitaba “incorporar hasta 5 ideas por cada letra del SCAMPER”. Esta solicitud se basaba en iteraciones previas donde ya se habían generado preguntas y conceptos innovadores por cada categoría del SCAMPER (Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner en otro uso, Eliminar y Reordenar). A partir de estas bases, el GPT organizó y seleccionó las ideas más relevantes y disruptivas, considerando criterios de viabilidad, pertinencia con el contexto caficultor colombiano, y potencial de prototipado.

**Rol:** Actúa como un experto en innovación tecnológica aplicada a Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en el sector cafetero colombiano, con 20 años de experiencia utilizando Design Thinking para diseñar productos que mejoran la ergonomía y seguridad laboral.

**Reto:** ¿Cómo podríamos crear una tecnología que distribuya el peso del café de forma equilibrada, reduzca los trastornos musculoesqueléticos (TME) y aumente la comodidad y seguridad de los caficultores durante su jornada?

**Método:** Aplica la técnica SCAMPER.

**Instrucciones específicas:**

Genera **hasta 5 ideas concretas por cada letra del acrónimo SCAMPER** (Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner en otro uso, Eliminar, Reordenar).

Cada idea debe estar enfocada en:

- Distribución ergonómica de peso
- Prevención de TME
- Seguridad en condiciones reales: pendientes, barro, lluvia, humedad, calor, jornadas prolongadas
- Comodidad y sostenibilidad

**Criterios de calidad:**

- Las ideas deben ser viables para prototipado.
- Evita soluciones genéricas o ya implementadas ampliamente.
- Apunta a soluciones creativas, con inspiración interdisciplinaria (diseño, tecnología, textiles, ergonomía, etc.).

**Tabla. 4***Método SCAMPER***S – Sustituir**

1. ¿Qué materiales actuales podrían reemplazarse por textiles inteligentes que gestionen el calor y la humedad?
2. ¿Se puede sustituir la carga dorsal por una distribución perimetral (ej. cintura, muslos)?
3. ¿Podemos reemplazar hebillas metálicas por sistemas de ajuste rápido y seguros en barro y lluvia?
4. ¿Qué elementos rígidos se pueden sustituir por estructuras flexibles con memoria de forma?
5. ¿Es posible sustituir el recipiente rígido de café por uno textil expandible?
6. ¿Se puede cambiar el punto de soporte del peso desde los hombros a las caderas?
7. ¿Podemos sustituir el acolchado convencional por espumas viscoelásticas que reduzcan presión?
8. ¿Qué parte del arnés puede sustituirse por sensores que alerten sobre malas posturas?
9. ¿Se puede reemplazar el diseño único por un sistema modular según la topografía?
10. ¿Podemos sustituir costuras por termosellado para mejorar resistencia al agua?
11. ¿Se puede reemplazar el uso de carga manual por mecanismos de descarga asistida?

12. ¿Qué partes podrían ser reemplazadas por componentes biodegradables?
13. ¿Es posible usar impresión 3D para sustituir piezas estándar con formas adaptadas al cuerpo?
14. ¿Qué soportes podrían sustituirse por estructuras inflables temporales?
15. ¿Podemos sustituir el textil opaco por mallas respirables en zonas de alto calor?

---

### **C – Combinar**

---

1. ¿Podemos combinar el arnés con un exoesqueleto pasivo para soporte lumbar?
2. ¿Se puede integrar un sistema de ventilación pasiva con la estructura del arnés?
3. ¿Qué pasaría si combinamos sensores posturales con alertas hápticas?
4. ¿Puede el arnés incorporar una sombrilla plegable o visera antilluvia?
5. ¿Podemos combinar funciones de carga y descanso en una sola estructura?
6. ¿Se puede combinar con una app que registre postura y fatiga durante el día?
7. ¿Podemos unir el sistema de carga con elementos reflectivos para seguridad?
8. ¿Se puede integrar con textiles que cambian de forma según temperatura?
9. ¿Qué tecnología militar o de rescate podemos combinar con el arnés?
10. ¿Puede combinarse con dispositivos que monitoreen hidratación?
11. ¿Qué pasaría si unimos el sistema de sujeción con sensores de fuerza en puntos clave?

13. ¿Podemos combinar materiales con diferentes densidades en zonas de carga?
14. ¿Es posible combinar un sistema de soporte de café con uno de herramientas?
15. ¿Puede incluir cargadores solares para dispositivos de monitoreo?

---

### **A – Adaptar**

---

1. ¿Qué diseños de mochilas de senderismo o alpinismo se pueden adaptar al caficultor?
2. ¿Podemos adaptar elementos de exoesqueletos agrícolas de otros países?
3. ¿Qué soluciones usan recolectores de frutas en terrenos inclinados que podemos adaptar?
4. ¿Podemos adaptar estructuras que se ajusten al torso como las de ciclistas?
5. ¿Qué geometría permite adaptar la carga al centro de masa del cuerpo?
6. ¿Qué geometría permite adaptar la carga al centro de masa del cuerpo?
7. ¿Qué geometría permite adaptar la carga al centro de masa del cuerpo? ¿Qué cierres y ajustes pueden adaptarse para uso con manos húmedas o con guantes?
8. ¿Podemos adaptar textiles usados en ropa deportiva de alto rendimiento?
9. ¿Qué sistema de hidratación tipo CamelBak se podría integrar?
10. ¿Puede el sistema adaptarse a climas con cambios extremos durante el día?
11. ¿Se puede adaptar el arnés para usos adicionales fuera de la recolección?
12. ¿Qué principios de ergonomía en trabajos de carga repetitiva pueden adaptarse?
13. ¿Podemos adaptar formas de distribución de carga usadas en equinos (alforjas)?

14. ¿Qué mecanismos tipo resortes se pueden adaptar para amortiguar el peso?
15. ¿Puede adaptarse para llevar café de forma equilibrada sin afectar la marcha?

---

### **M – Modificar**

---

1. ¿Cómo podemos modificar la estructura del arnés para distribuir el peso hacia las piernas?
2. ¿Qué forma del arnés permitiría liberar zonas de alta fricción como axilas o cuello?
3. ¿Qué puntos de contacto deben modificarse para mejorar transpirabilidad?
4. ¿Cómo reducir la altura del centro de carga para mejorar el equilibrio?
5. ¿Qué geometría puede maximizar la estabilidad en terreno inclinado?
6. ¿Se puede modificar la rigidez del arnés según la zona del cuerpo?
7. ¿Cómo reducir el tiempo de colocación y ajuste del arnés?
8. ¿Qué sistema de cierre podría simplificarse para mayor rapidez?
9. ¿Cómo modificar los materiales para reducir peso total sin perder resistencia?
10. ¿Cómo aumentar la flexibilidad sin sacrificar soporte estructural?
11. ¿Cómo optimizar la ventilación sin abrir zonas al agua o barro?
12. ¿Podemos incluir indicadores visuales de mal uso o sobrecarga?
13. ¿Cómo modificar la forma del contenedor para evitar movimientos pendulares?
14. ¿Qué formas de costura pueden usarse para mejorar durabilidad?

15. ¿Cómo se puede compactar el sistema para transporte fuera de temporada?

---

**P – Poner en otro uso**

---

1. ¿Puede funcionar como sistema de entrenamiento postural fuera del trabajo?
  2. ¿Puede usarse como mochila para otros cultivos (plátano, caña)?
  3. ¿Puede transformarse en una silla o soporte de descanso?
  4. ¿Podría usarse como dispositivo educativo sobre ergonomía?
  5. ¿Puede servir como ayuda para cargar herramientas o insumos agrícolas?
  6. ¿Podría ser parte del uniforme y tener función de identificación?
  7. ¿Puede integrarse con dispositivos de comunicación para emergencias?
  8. ¿Podría utilizarse en programas de rehabilitación de TME?
  9. ¿Puede usarse como punto de anclaje para sombrilla o toldo portátil?
  10. ¿Puede ayudar en la recolección de residuos postcosecha?
  11. ¿Puede convertirse en un módulo de carga para mulas o motocicletas?
  12. ¿Podría utilizarse para monitoreo ambiental (temperatura, humedad)?
  13. ¿Podría ser reutilizado como sistema de carga para alimentos?
  14. ¿Puede funcionar como parte de un sistema logístico modular?
  15. ¿Puede integrarse como componente de vestuario de protección completo?
-

---

**E – Eliminar**

---

1. ¿Qué componentes generan incomodidad y pueden eliminarse?
2. ¿Qué materiales acumulan humedad y podrían evitarse?
3. ¿Puede eliminarse el uso de cierres metálicos que se corroen?
4. ¿Es posible eliminar puntos de fricción en movimiento?
5. ¿Se puede eliminar la necesidad de ajuste manual constante?
6. ¿Se puede prescindir de una estructura rígida sin perder soporte?
7. ¿Puede eliminarse el acolchado en zonas no críticas?
8. ¿Podemos evitar el contacto directo con zonas sudorosas?
9. ¿Se puede evitar el uso de múltiples capas que aumentan el calor?
10. ¿Qué procesos de limpieza pueden eliminarse si usamos materiales autolimpiantes?
11. ¿Qué elementos generan más peso que beneficio?
12. ¿Se puede evitar la necesidad de repuestos frecuentes?
13. ¿Qué piezas pueden eliminarse mediante integración de funciones?
14. ¿Puede eliminarse el uso de herramientas para colocarse el arnés?

---

**R – Reordenar / Revertir**

---

1. ¿Podemos reordenar la distribución de peso para priorizar las piernas?

2. ¿Qué sucede si invertimos la estructura del arnés para entrar por abajo?
  3. ¿Podemos cambiar el orden de ajuste: ¿primero piernas, luego torso?
  4. ¿Se puede invertir el acceso al compartimiento de café (desde abajo)?
  5. ¿Qué sucede si el arnés se pliega y se transforma en otro objeto?
  6. ¿Podemos colocar el punto de anclaje principal en el abdomen?
  7. ¿Podemos reordenar el flujo de aire para mayor enfriamiento?
  8. ¿Qué pasa si la carga se lleva adelante en lugar de la espalda?
  9. ¿Qué sucede si se trabaja por módulos en vez de un solo sistema?
  10. ¿Podemos invertir el orden de uso para facilitar colocación?
  11. ¿Qué pasa si el contenedor es flotante y no fijo al arnés?
  12. ¿Se puede reordenar la estructura para adaptarse mejor al cuerpo femenino?
  13. ¿Qué sucede si invertimos las zonas de acolchado y ventilación?
  14. ¿Podemos reconfigurar el arnés para diferentes posiciones de trabajo (de pie, agachado)
-

El resultado fue una tabla consolidada que contiene 35 ideas concretas, agrupadas por cada letra del método SCAMPER, cada una acompañada de una descripción técnica clara y enfocada. Estas ideas abarcan desde rediseños estructurales (como la carga perimetral o la reubicación del centro de masa) hasta componentes tecnológicos (como sensores de postura o cierres rotativos tipo BOA), pasando por soluciones adaptadas del deporte, la industria militar y tecnologías textiles avanzadas. La tabla final se presenta como una herramienta estratégica para el diseño de un prototipo ergonómico integral en la caficultura colombiana.

**Tabla 5.**

*Ideas método SCAMPER*

<b>Letra</b>	<b>Idea</b>	<b>Descripción técnica</b>
<b>S</b>  <b>(Sustituir)</b>	1. Contenedor textil expandible tipo fuelle	Reemplaza costal rígido con textil que se adapta al volumen recolectado, bajando el centro de masa y mejorando la estabilidad.
	2. Materiales con memoria de forma en vez de acolchados convencionales	Se adapta a la anatomía del caficultor y recupera forma tras uso prolongado.
	3. Sistema de sujeción por cordones BOA en vez de hebillas	Sustituye cierres metálicos por discos rotativos de ajuste rápido, resistentes a humedad y barro.
	4. Carga manual sustituida por mecanismo de vaciado asistido	Contenedor que se descarga lateralmente con una palanca o cuerda, reduciendo torsión lumbar.

<b>Letra</b>	<b>Idea</b>	<b>Descripción técnica</b>
	5. Costuras tradicionales reemplazadas por termosellado	Mejora impermeabilidad y durabilidad en climas húmedos y lluviosos.
<b>C</b> <b>(Combinar)</b>	1. Arnés con exoesqueleto pasivo lumbar integrado	Combinación estructural que transfiere carga hacia caderas, reduciendo tensión en la espalda.
	2. Arnés con sensores de postura + vibración de alerta	Sensor IMU combinado con motor vibrador para prevenir posturas prolongadas nocivas.
	3. Contenedor con visibilidad nocturna (textil reflectivo)	Seguridad activa en madrugadas o lluvia mediante materiales retrorreflectivos integrados.
	4. Ventilación pasiva integrada al diseño estructural	Canal de aire entre arnés y espalda usando malla técnica que facilita la transpiración.
	5. Bolsillos ergonómicos para herramientas pequeñas	Reduce necesidad de movimientos adicionales y mejora distribución de carga.
<b>A</b> <b>(Adaptar)</b>	1. Sistema de carga inspirado en mochilas de alpinismo	Adaptación de diseño ergonómico para pendientes, con distribución baja del peso.
	2. Tecnología de ajuste elástico de ropa deportiva adaptada al arnés	Materiales de compresión ajustable que sostienen sin restringir movimiento.

Letra	Idea	Descripción técnica
	3. Adaptación de estructuras de ciclismo (espalda ventilada)	Separación controlada entre espalda y mochila para reducir sudoración.
	4. Módulos de carga tipo alforjas adaptados al cuerpo humano	Carga distribuida en costados, mejora equilibrio y reduce compresión en columna.
	5. Adaptación de cierres magnéticos usados en guanteras o ropa técnica	Fácil apertura/cierre incluso con guantes o manos húmedas.
<b>M</b>	1. Reconfigurar carga hacia caderas y muslos	Modifica la geometría general del arnés para evitar acumulación de peso en espalda.
<b>(Modificar)</b>	2. Acolchado modular removible según puntos de presión	Permite personalizar el confort dependiendo del cuerpo o tipo de jornada.
	3. Superficies curvas en el contenedor para evitar balanceos	Mejora la estabilidad del usuario al caminar en pendiente.
	4. Diseño autoajutable con el movimiento (textiles	elásticos)

El arnés se ajusta dinámicamente a los cambios de postura durante la recolección.

5. Arnés con capas desmontables según clima  
Componentes intercambiables para lluvia, calor o terreno húmedo.

Letra	Idea	Descripción técnica	
<b>P</b>	1. Arnés transformable en banquito portátil	Estructura plegable que se convierte en asiento durante pausas.	
	2. Módulo educativo en ergonomía a través de app vinculada	Registro de movimientos y alertas que educan al usuario en buenas posturas.	
	3. Uso del sistema como dispositivo de entrenamiento postural	Fuera de la jornada, ayuda a corregir vicios posturales mediante resistencia controlada.	
	4. Arnés como estructura de carga para otros cultivos	Reutilizable en otros sistemas agrícolas como plátano o cacao.	
	5. Función de soporte para herramientas manuales	Arnés actúa como base para tijeras, ganchos u otros utensilios agrícolas, redistribuyendo su peso.	
<b>E</b>	<b>(Eliminar)</b>	1. Eliminación de hebillas metálicas	Se eliminan partes que fallan en humedad y barro, usando textiles ajustables y cierres rotativos.
	2. Supresión del acolchado en zonas sin presión	Disminuye el peso general y mejora transpiración.	
	3. Eliminación de zonas	ciegas de limpieza	

Diseño sin pliegues internos  
que acumulan humedad o  
barro.

Letra	Idea	Descripción técnica
	4. Eliminación de la necesidad de quitar el arnés para descargar café	Vaciado lateral o inferior sin desmontaje, previniendo malas posturas repetitivas.
	5. Reducción de capas internas innecesarias	Simplifica el diseño para aumentar ventilación y reducir tiempo de secado.
<b>R</b> <b>(Reordenar /</b> <b>Revertir)</b>	1. Reubicar la carga principal a zona baja (cintura/muslos)	Mejora equilibrio y reduce presión en hombros y espalda.
	2. Orden de colocación invertido: primero piernas, luego torso	Optimiza la distribución inicial de carga desde el ajuste inicial.
	3. Invertir el sistema de acceso al contenedor (desde la base)	Permite vaciar el café por la parte inferior sin levantarlo, evitando torsión de tronco.
	4. Reorganización modular por zonas del cuerpo	Diseño por piezas que se colocan según tipo de recolección o biotipo del usuario.
	5. Inversión del sistema tradicional de soporte: desde espalda a abdomen	Cambia el punto de control para permitir posturas más ergonómicas en inclinaciones pronunciadas.

---

La tabla presenta un análisis técnico del diseño ergonómico para caficultores, basado en la metodología SCAMPER (Sustituir, Combinar, Adaptar, Modificar, Poner en otro uso, Eliminar, Reordenar). Cada categoría propone innovaciones orientadas a mejorar la comodidad,

seguridad y funcionalidad del arnés de recolección. Las soluciones incluyen desde materiales expandibles y sistemas de vaciado asistido, hasta exoesqueletos pasivos, sensores posturales, ventilación integrada y módulos educativos. El enfoque busca reducir la carga física, prevenir lesiones y adaptar el diseño a las condiciones reales del terreno y del cuerpo del trabajador rural.

**Tabla. 6**

*Método SCAMPER*

<b>Letra</b>	<b>Idea más innovadora</b>	<b>Descripción técnica</b>
<b>S</b>	Contenedor textil expandible tipo fuelle	Sustituye costal rígido por textil que se adapta al volumen recolectado, mantiene el peso bajo y cerca del centro de masa.
<b>C</b>	Arnés con exoesqueleto pasivo lumbar integrado	Combina estructura ergonómica con soporte pasivo que transfiere peso hacia las caderas, reduciendo carga en la columna vertebral.
<b>A</b>	Sistema de ventilación adaptado de mochilas técnicas de alpinismo	Canal de aire entre espalda y arnés usando malla tensada, mejorando la transpiración en climas cálidos y húmedos.
<b>M</b>	Rediseño geométrico con carga perimetral (cintura y muslos)	Modifica el punto de carga tradicional para redistribuir el peso y mejorar el

		equilibrio en pendientes y suelos irregulares.
<b>P</b>	Arnés convertible en asiento portátil integrado	Estructura ligera plegable que permite descansar sin quitarse el arnés; útil en largas jornadas en terrenos inclinados.
<b>E</b>	Sistema de ajuste sin hebillas, tipo BOA o cincha rotativa	Elimina elementos metálicos susceptibles a oxidación; mejora la facilidad de ajuste con manos mojadas o uso de guantes.
<b>R</b>	Reubicación del contenedor de café a la parte baja del cuerpo (entre caderas y muslos)	Invierte el diseño tradicional para bajar el centro de gravedad, aumentar estabilidad y disminuir la fatiga en hombros y espalda.

---

La tabla resume las propuestas más innovadoras para el rediseño ergonómico del arnés de recolección, aplicando la metodología SCAMPER. Cada letra representa una estrategia de mejora desde la sustitución de materiales rígidos por textiles expandibles, hasta la reubicación de la carga para reducir la fatiga., además incluir las geometrías que redistribuyen el peso corporal, funciones convertibles como asiento portátil, ajustes sin hebillas para mayor facilidad en campo, y reposicionamiento del contenedor para mejorar estabilidad. Estas soluciones buscan aumentar la comodidad, seguridad y eficiencia del caficultor en terrenos

### **4.3 Diseñar y testear un prototipo de arnés ergonómico bajo criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad**

Los criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad se seleccionaron para garantizar un equilibrio entre el rendimiento operativo, la protección del trabajador y la responsabilidad ambiental. La funcionalidad asegura que el arnés cumpla adecuadamente con las tareas para las que fue diseñado, facilitando la movilidad y eficiencia en el trabajo. La comodidad es esencial para reducir la fatiga física y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas, favoreciendo la adopción del equipo por parte del usuario. La seguridad constituye un principio prioritario, ya que el arnés debe proteger eficazmente ante caídas o posturas inadecuadas, minimizando la exposición a peligros laborales. Finalmente, la sostenibilidad orienta la elección de materiales y procesos de manufactura que disminuyan el impacto ambiental, promoviendo el uso responsable de los recursos y la durabilidad del producto, buscando un enfoque integral que su objetivo es optimizar el bienestar del trabajador y la eficiencia del entorno laboral.

#### **4.4.1 Requerimientos funcionales del prototipo tecnológico ergonómico**

El diseño funcional del arnés ergonómico para caficultores debe partir de una comprensión situada de las exigencias físicas del trabajo agrícola en terrenos inclinados, jornadas prolongadas y climas variables. A partir de los testimonios recolectados en campo y de estudios recientes sobre ergonomía en el sector agrícola colombiano, se identifican los siguientes requerimientos:

### **1. Distribución equilibrada de carga**

- El arnés debe redistribuir el peso de las herramientas y la cosecha de manera uniforme sobre hombros, espalda y caderas.
- Debe evitar puntos de presión que generen dolor lumbar o cervical, especialmente en jornadas superiores a 8 horas.

### **2. Adaptabilidad morfológica**

- Debe contar con ajustes que permitan adaptarse a diferentes tallas, complexiones y géneros.
- Los caficultores reportan incomodidad con sistemas rígidos o unisex que no consideran la diversidad corporal.

### **3. Materiales transpirables y resistentes**

- El clima húmedo y cálido de la región exige materiales que permitan la ventilación y eviten acumulación de sudor.
- Deben ser resistentes al desgaste por fricción con ramas, carga y movimiento constante.

### **4. Facilidad de colocación y retiro**

- El sistema de sujeción debe permitir que el arnés se coloque y retire sin asistencia, incluso con manos húmedas o guantes.
- Los caficultores valoran la autonomía en el uso del equipo, especialmente en zonas alejadas.

### **5. Compatibilidad con herramientas y accesorios**

- El diseño debe permitir integrar bolsillos, ganchos o soportes para herramientas como tijeras, baldes o radios.

- La multifuncionalidad es importante para reducir desplazamientos innecesarios durante la jornada.

## **6. Reducción de fatiga postural**

- Debe facilitar una postura más estable durante la recolección, evitando flexiones excesivas de columna y sobrecarga en rodillas.
- Los caficultores reportan que las posturas forzadas son una de las principales causas de dolor crónico.

## **7. Seguridad y visibilidad**

- En zonas de baja visibilidad o pendientes pronunciadas, el arnés debe incorporar elementos reflectivos o de color contrastante.
- Esto mejora la seguridad en desplazamientos y reduce el riesgo de accidentes.

## **Funcionalidad**

La dimensión funcional del arnés ergonómico fue explorada a través de preguntas específicas que permitieron entender qué esperan los caficultores de una herramienta que los acompañe en su labor diaria. Para el 63.6% de los encuestados, que el arnés permita libertad de movimiento durante la recolección es muy importante, lo que revela que el diseño debe respetar el gesto natural del trabajo, sin limitarlo ni entorpecerlo. Además, el 95.4% considera fundamental que el arnés facilite el transporte de carga sin añadir esfuerzo adicional, lo que indica que debe aliviar el cuerpo, no sumar peso. La adaptabilidad también fue importante el 95.4% cree que el arnés debe ajustarse a distintos tipos de cuerpo y ropa de trabajo, reflejando la necesidad de un diseño inclusivo y flexible.

La no interferencia con otras herramientas o actividades fue valorada como muy importante por el 81.8%, lo que sugiere que el arnés debe integrarse con la rutina sin obstaculizarla, así mismo

se destacó que el arnés debe ser fácil de poner, quitar y ajustar, permitiendo que el caficultor lo incorpore a su jornada sin complicaciones

**Figura. 32**

*Es importante que el arnés permita la libertad de movimiento durante la recolección*

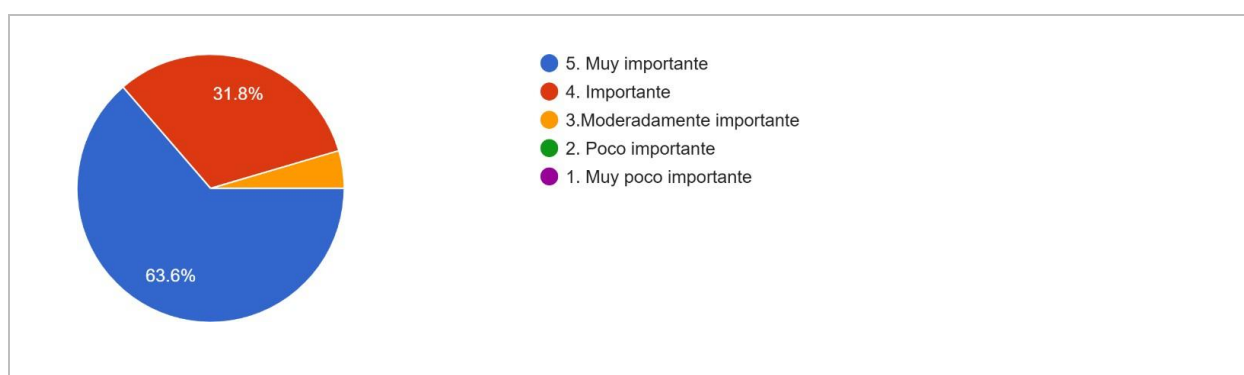


Fuente propia

Para el 63.6%, que el prototipo permita moverse con libertad es muy importante para recolectar sin dolor ni restricciones. Otro 27.3% lo considera importante, Solo un pequeño grupo lo ve como algo moderado, y nadie lo descarta.

**Figura. 33**

*Es importante que el arnés facilite el transporte de carga sin esfuerzo adicional*

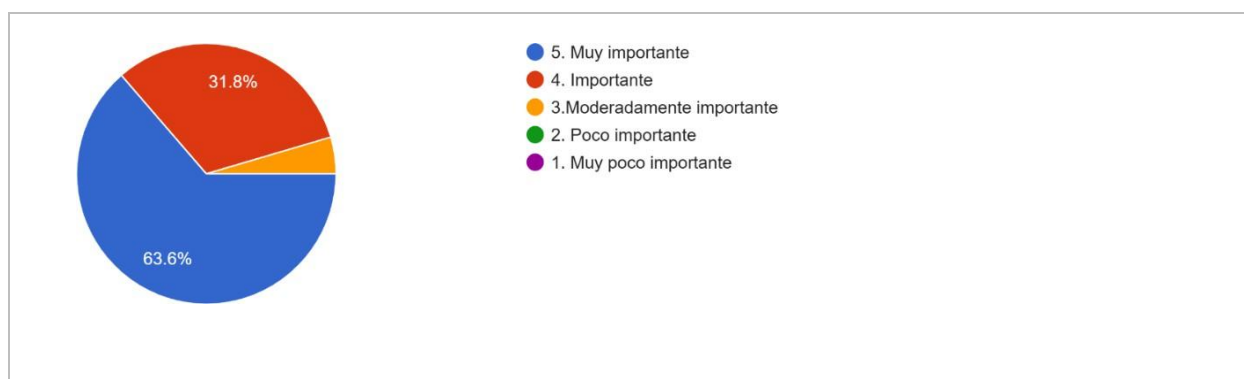


Fuente propia

Un contundente 63,6% considera esta característica como Muy importante, mientras que un 31,8% adicional la califica simplemente como Importante. En total, el 95,4% de la población encuestada otorga un alto grado de importancia a esta funcionalidad.

**Figura. 34**

*Es importa que el arnés se adapte a diferentes tipos de cuerpo y ropa de trabajo*



Fuente propia

Para el 63.6%, que el prototipo se ajuste a cualquier cuerpo, es muy importante para trabajar sin restricciones, además el 31.8% afirma que la adaptabilidad también es importante, como si el equipo tuviera que ser flexible para cuidar a quien lo usa. Apenas un 9.1% lo ve con moderada importancia.

**Figura. 35**

*Es importante que el arnés no interfiera con otras herramientas o actividades de caficultor*



Fuente propia

La interferencia del prototipo con las labores diarias del caficultor es vista como una característica de alta prioridad. Las opciones "Muy importante" e "Importante" suman conjuntamente un 81,8% de las respuestas, con ambas opciones empatadas en un 40,9%. Y el 18,2% restante la considera "Moderadamente importante".

**Figura. 36**

*Es importante que el arnés se fácil de poner, quitar y ajustar*



Fuente propia

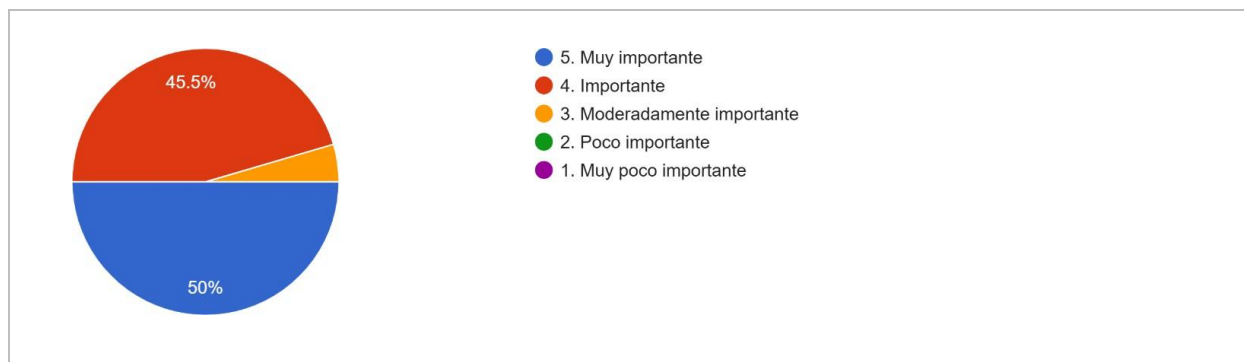
### **Comodidad**

Para comprender qué tan importante es la comodidad en el diseño de un arnés ergonómico, se aplicó una encuesta presencial a 22 caficultores de Salazar de las Palmas. El instrumento incluyó preguntas sobre sensaciones físicas, postura, roce en la piel y acumulación de calor, permitiendo recoger opiniones reales desde la experiencia diaria en el campo. Los resultados fueron que el 95.5% considera que la comodidad durante toda la jornada es importante o muy importante. Además, el 95.5% también valora que el arnés no genere puntos de presión ni roce, lo que indica que el diseño debe respetar cada contacto con la piel. Por otro lado, el calor y la humedad se considera 63.6% importante que el arnés no atrape sudor ni aumente la temperatura corporal, y otro 27.3% lo ve como muy importante, mostrando que la transpirabilidad es fundamental para resistir el día, por otro lado, el 86.4% da alta prioridad a que el arnés permita una postura más

natural y menos fatigante, lo que confirma que la comodidad no es solo un deseo, sino una necesidad física y emocional.

**Figura. 37**

*Es importante que el arnés sea cómodo durante toda la jornada*

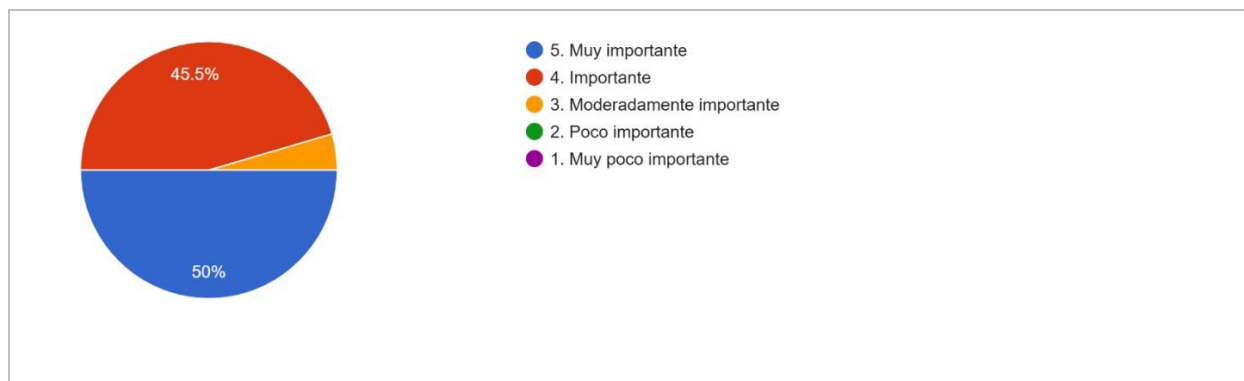


Fuente propia

Para el 50%, la comodidad del prototipo no es negociable: es muy importante para resistir toda la jornada sin dolor. Otro 45.5% también lo considera importante, como si el cuerpo pidiera alivio mientras trabaja. Apenas un 4.5% lo ve con moderación, y nadie lo descarta. Estos datos nos dicen que el diseño debe acompañar, no incomodar.

**Figura. 38**

*¿Es importante que el arnés no genere puntos de presión ni roce en la piel?*



Fuente propia

Para el 50%, que el prototipo no lastime ni roce la piel es muy importante, el cuerpo ya carga suficiente como para sumar incomodidad. Otro 45.5% también lo considera importante, como si el diseño debiera cuidar cada contacto. Apenas un 4.5% lo ve con moderación.

**Figura. 39**

*Es importante que el arnés no aumente el calor corporal, ni retenga humedad*



Fuente propia

Para el 36.4%, que el prototipo no atrape calor ni sudor es muy importante el cuerpo ya carga suficiente como para sumar incomodidad térmica por otro lado 36.4% también lo considera importante, 18.2% lo ve con moderación, y 9.1%.

**Figura. 40**

*¿Es importante que el arnés no aumente el calor corporal ni retenga humedad?*

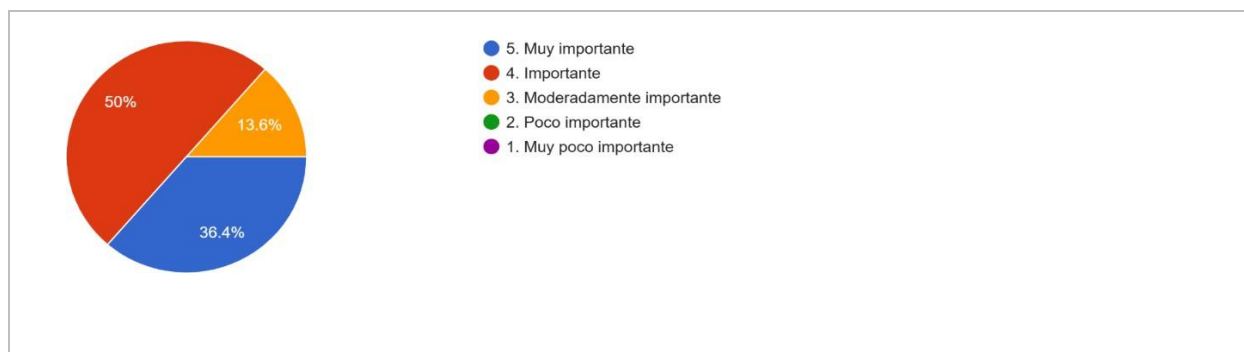


Fuente propia

Para el 63.6%, que el prototipo no atrape calor ni humedad es importante y el 27.3% lo considera muy importante, un pequeño grupo lo ve con moderación o poca relevancia, quizás por condiciones climáticas distintas, nadie lo descarta por completo.

**Figura. 41**

*¿Es importante que el arenes permita una postura corporal mas natural y menos fatigante?*



Fuente propia

La función del prototipo para promover una postura corporal natural y reducir la fatiga se considera importante, la mitad de los encuestados, el 50%, la califica como importante, mientras que un significativo 36,4% la considera muy importante. Esto resulta en un 86,4% de la población que otorga un alto nivel de prioridad a esta característica ergonómica. El 13,6% restante la considera "Moderadamente importante".

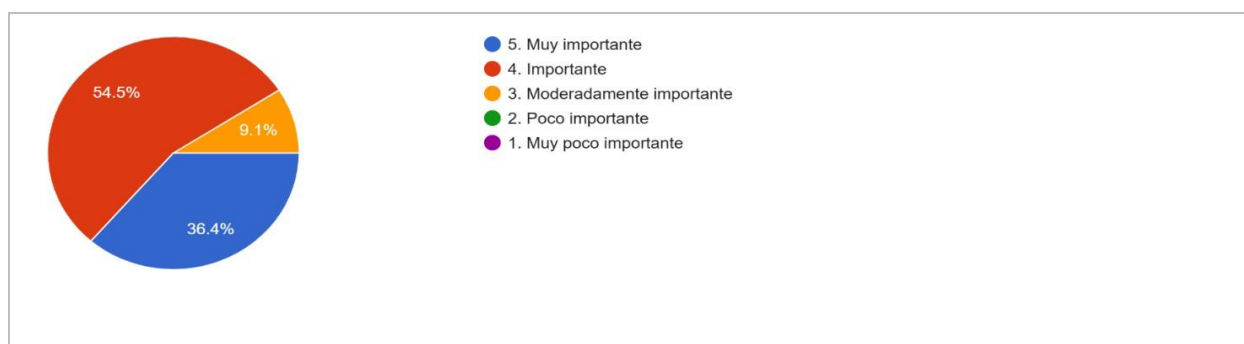
## Seguridad

La seguridad se desarrolla como el eje fundamental en el diseño del arnés ergonómico para caficultores, buscando proteger su salud y bienestar físico; por ello, se encuestó directamente a caficultores de Salazar de las Palmas, quienes evaluaron la importancia de cuatro aspectos importantes, la protección de zonas vulnerables (espalda, hombros y cintura), la capacidad de prevenir lesiones musculoesqueléticas, la visibilidad con elementos reflectivos y la estabilidad del

arnés con carga. Esta información demostró que la seguridad es el criterio más valorado y una exigencia fundamental, el 90.9% de los encuestados demostró que la protección de las zonas expuestas al esfuerzo y un 86.3% priorizó la prevención de lesiones musculoesqueléticas. Además, la funcionalidad en movimiento resultó fundamental, con un 68.2% que valoró como importante la estabilidad del arnés durante el movimiento con carga, y un 54.5% que reconoció la utilidad de la visibilidad como medida de seguridad en contextos rurales.

**Figura. 42**

*¿Es importante que el arnés proteja zonas vulnerables como la espalda, hombros y cintura?*



Fuente propia

Para el 54.5%, que el prototipo proteja la espalda, los hombros y la cintura es importante, esas son las zonas que más cargan, más duelen, más aguantan, por otro lado 36.4% lo considera muy importante, apenas un 9.1% lo ve con moderación.

**Figura. 43**

*¿Es importante que el arnés reduzca lesiones musculoesqueléticas?*

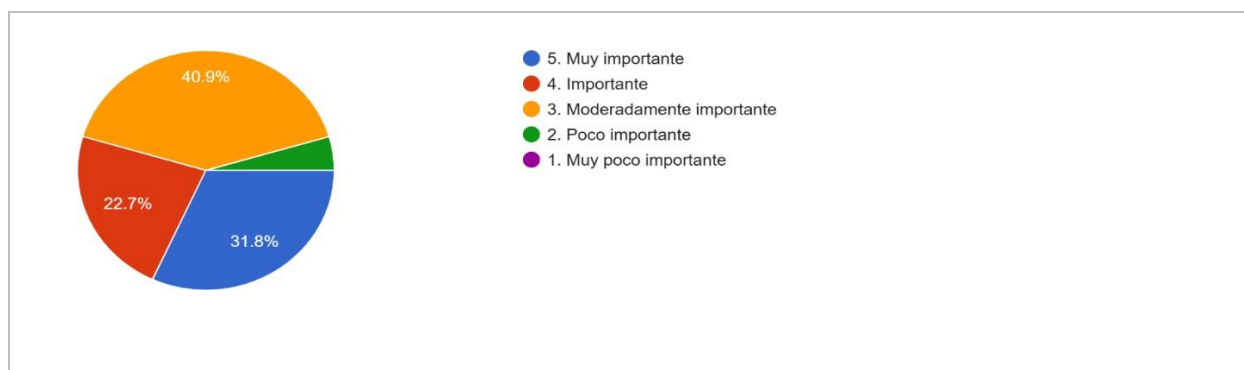


Fuente propia

La función del prototipo para reducir lesiones musculoesqueléticas es considerada importante por la gran mayoría de los encuestados. Un contundente 63,6% califica esta característica como muy importante, y otro 22,7% la considera importante. En total, el 86,3% de los caficultores otorga un alto nivel de prioridad a la función preventiva del prototipo y solo un 9.1% la considera moderadamente importante.

**Figura. 44**

*¿Es importante que el arnés tenga elementos reflectivos o visibles para mayor seguridad?*



Fuente propia

Para el 31.8%, que el arnés sea visible es muy importante: en el campo, la seguridad también se refleja. Otro 22.7% lo considera importante, la mayoría, un 40.9%, lo ve con moderación, y apenas un 4.5% lo deja en segundo plano.

**Figura. 45**

*¿Es importante que el arnés se mantenga estable durante el movimiento y la carga?*



Fuente propia

La estabilidad del arnés durante el movimiento y el transporte de carga se percibe como una característica altamente prioritaria. Las respuestas muy importantes (36,4%) e importante (31,8%) suman un 68,2% de las opiniones, lo que establece un claro consenso sobre la relevancia de que el arnés no se desestabilice. El 31,8% restante considera esta característica como moderadamente importante.

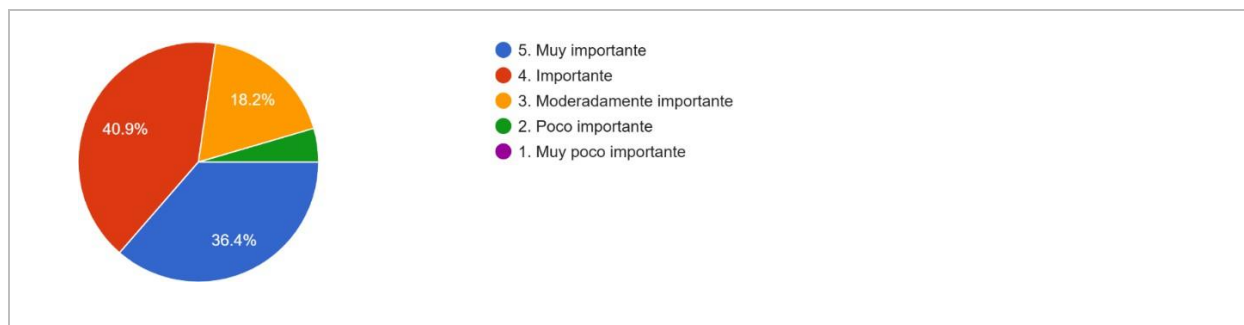
### **Sostenibilidad**

La dimensión de sostenibilidad busca entender qué tan importante es para los caficultores que el arnés sea duradero, reparable y respetuoso con el medio ambiente, para ello, se aplicó una encuesta a 22 trabajadores de Salazar de las Palmas, quienes compartieron sus opiniones sobre materiales, impacto ambiental y participación en el diseño, El 77.3% considera muy importante o importante que el arnés esté hecho con materiales resistentes, y el 81.8% valora que pueda repararse o reutilizarse fácilmente. Aunque el uso de materiales ecológicos no es la prioridad principal, el 91% lo considera al menos moderadamente relevante. El impacto ambiental de la producción también fue reconocido por el 63.7% importante a nivel de experiencia, el 90.9% nunca ha usado un arnés ergonómico, y entre quienes sí lo hicieron, las opiniones fueron divididas la mitad lo encontró útil, pero algunos tuvieron una experiencia negativa. A pesar de esto, el 86.4% desea participar en las pruebas del nuevo diseño, y el 77.3% quiere que su opinión sea tenida en

cuenta. Además, el 90.9% cree que un buen arnés mejora la salud y el rendimiento físico, estos datos muestran que la sostenibilidad, para ellos, significa durabilidad, cuidado del entorno y participación en el proceso de diseño.

**Figura. 46**

*¿Es importante que el arnés este fabricado con materiales duraderos y resistentes?*



Fuente propia

Para el 36.4%, que el arnés sea resistente es muy importante: el cuerpo ya se exige bastante como para que el equipo se rinda antes. Otro 40.9% lo considera importante, un 18.2% lo ve con moderación, y apenas un 4.5% lo deja en segundo plano.

**Figura. 47**

*¿Es importante que el arnés utilice materiales amigables con el medio ambiente?*



Fuente propia

La importancia de que el prototipo esté fabricado con materiales amigables con el medio ambiente se concentra en el nivel medio. La respuesta más frecuente es moderadamente importante, seleccionada por el 45,5% de los encuestados. Sin embargo, un considerable 45,5%

(27,3% muy importante 18,2% importante) le otorga un alto nivel de prioridad. El 91% de los trabajadores considera la sostenibilidad al menos moderadamente relevante, indicando que, aunque no es la máxima prioridad para todos, sí es un factor para considerar.

**Figura. 48**

*¿Es importante que el arnés pueda repararse o reutilizarse fácilmente?*



Fuente propia

La capacidad de un arnés para ser reparado o reutilizado fácilmente es valorada como una característica altamente importante por la mayoría de los encuestados. La mitad, el 50%, la considera simplemente importante, mientras que un 31,8% adicional la considera muy importante. Esto significa que un 81,8% de los trabajadores indican un alto nivel de prioridad a la durabilidad y la facilidad de mantenimiento de la herramienta. El 18,2% restante se considera moderadamente importante.

**Figura. 49**

*¿Es importante que el arnés considere el impacto ambiental de su producción?*



Fuente propia

El impacto ambiental de la producción del arnés se considera importante, aunque no la máxima prioridad, por la mayoría de los encuestados. El 45,5% lo cataloga como importante, mientras que un 18,2% adicional lo considera muy importante. Esto significa que el 63,7% es alta. Por otro 18,2% lo ve como moderadamente importante. Y el 13,6% lo considera poco importante.

### Experiencia y participación

**Figura. 50**

*¿Ha usado algún tipo de arnés o soporte ergonómico?*

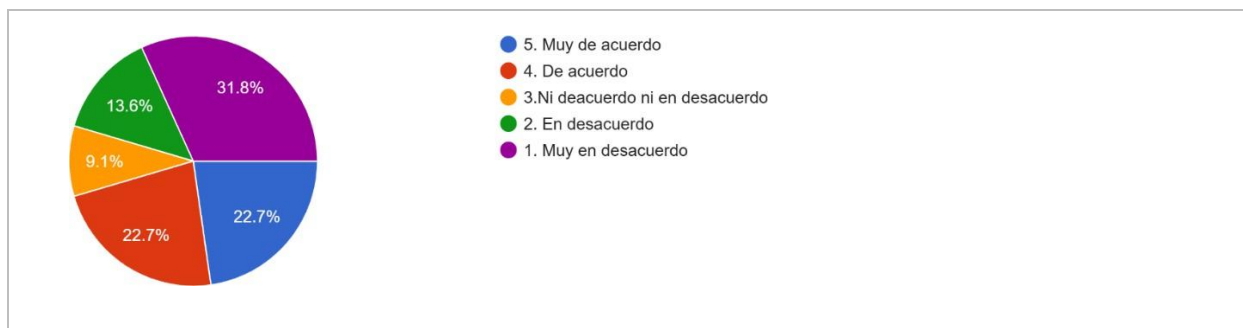


Fuente propia

Existe una clara brecha en el uso de herramientas ergonómicas, ya que la inmensa mayoría de los encuestados, un 90.9%, reporta no haber usado ningún tipo de arnés o soporte ergonómico. Solo un pequeño segmento, el 9,1%, afirma haber utilizado tales dispositivos.

**Figura. 51**

*¿El arnés que utilizo anteriormente le ayudo a reducir molestias físicas?*

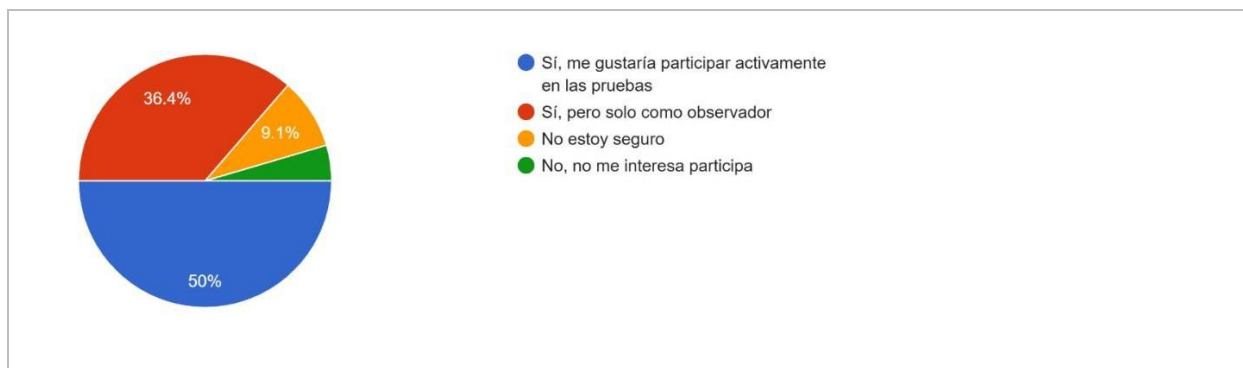


Fuente propia

La efectividad del arnés utilizado previamente para reducir molestias físicas es cuestionada por una parte significativa de los encuestados. Aunque el 45.4% está de acuerdo o muy de acuerdo con que el arnés sí fue útil (22.7% cada uno), el 45.4% también está en desacuerdo o muy en desacuerdo con su efectividad (31.8% muy en desacuerdo y 13.6% en desacuerdo). El hecho de que el 31.8% haya seleccionado muy en desacuerdo siendo la respuesta más alta.

**Figura. 52**

*¿Le gustaría participar en el proceso de prueba del nuevo arnés?*

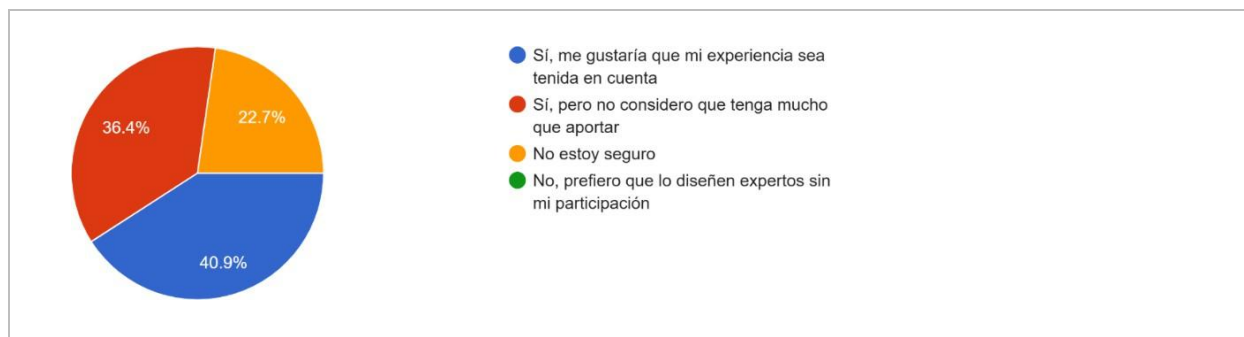


Fuente propia

Existe un alto entusiasmo por participar en las pruebas del nuevo prototipo, con la gran mayoría expresando un interés directo. La mitad de los encuestados, un 50%, desea participar activamente en las pruebas. Un 36.4% adicional muestra interés, pero prefiere hacerlo solo como observador, y el 86.4% está dispuesto a involucrarse en el proceso de evaluación del nuevo, solo un 9.1% se muestra inseguro y un porcentaje muy pequeño no tiene interés.

**Figura. 53**

*¿Le interesa que el diseño del arnés tenga en cuenta tus opiniones?*

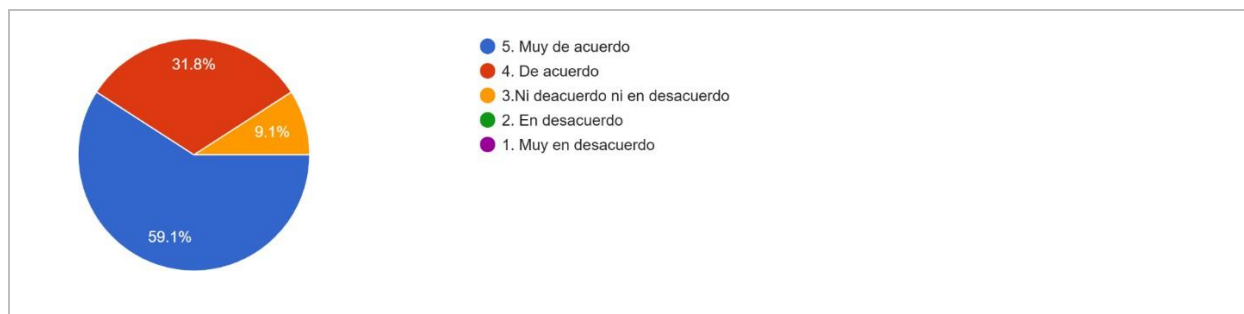


Fuente propia

El 40.9% quiere que su experiencia sea parte del diseño, como si el cuerpo que trabaja también pudiera opinar de la misma manera 36.4% dice que sí, aunque duda de cuánto puede aportar, como si el saber del campo no siempre se reconociera. Un 22.7% no está seguro, quizás porque nunca le han preguntado.

**Figura. 54**

*¿Considera que un buen arnés mejora la salud ocupacional y el desempeño físico?*



Fuente propia

Para el 59.1%, un buen arnés no solo ayuda, mejora la salud y el rendimiento físico por otro lado el 31.8% lo confirma, como si el cuerpo agradeciera cada gesto de cuidado. Apenas un 9.1% duda, y nadie lo niega.

#### 4.4.2 Primer prototipo

El diseño del primer arnés nació de la comprensión del contexto caficultor en Salazar de las Palmas, Norte de Santander, donde la mayoría de las familias dependen del cultivo de café como principal fuente de sustento. A partir de un proceso de investigación participativa en esta región, se evidenció que los trabajadores enfrentaban condiciones físicas exigentes que, con el tiempo, derivaban en trastornos musculoesqueléticos, especialmente en la zona lumbar, cervical y en las extremidades superiores.

La ausencia de herramientas ergonómicas, junto con el limitado acceso a servicios de salud, exponía a los caficultores a riesgos acumulativos que afectaban su bienestar y productividad. Frente a esta realidad, se desarrolló un arnés que respondiera no solo a criterios técnicos, sino también a las vivencias y necesidades reales de quienes lo usarían. El modelo inicial incorporó correas acolchadas para reducir la presión en los hombros, múltiples puntos de ajuste para adaptarse a diferentes cuerpos, un cinturón lumbar reforzado para estabilizar la postura, y un sistema de distribución de carga cruzado en la espalda que mejora el equilibrio y minimiza la fatiga, de esta manera nace el primer prototipo que representa un acto de cuidado y dignificación del trabajo rural, integrando funcionalidad, protección y empatía en su diseño.

**Figura. 55**

*Primer prototipo*



Fuente propia

#### **4.4.3 Primera prueba de testeo**

El primer prototipo fue probado en jornadas de recolección en terreno inclinado, donde cada paso exige equilibrio y cada movimiento carga el cuerpo, así mismo los trabajadores compartieron sus sensaciones: “Se siente más cómodo cuando se ajusta bien, pero debería servirle a todos, no solo a los flacos,” dijo uno, mientras otro agregó: “Si tuviera algo que me ayudará a mantener la espalda más recta, no terminaría tan doblado al final del día.”

**Figura. 56**

*Testeo en terreno inclinado*



Fuente propia

De esta forma, se recolectaron ideas con el fin de que el prototipo fuera ajustable a todas las tallas, que tuviera un soporte dorsal para alinear la columna, que incluyera material reflectivo para mayor seguridad en jornadas de poca luz, y que permitiera agregar accesorios como bolsillos o ganchos para herramientas y llevar el teléfono móvil.

#### **4.4.4. Segunda prueba de testeo**

Un segundo caficultor se colocó con cuidado, ajustando cada hebilla, sintiendo cómo el cinturón lumbar abrazaba su espalda, ahí mismo caminó entre los cafetos, se inclinó para recoger los granos, se enderezó, y volvió a hacerlo, esta vez más rápido, más liviano, al regresar dijo: “Se siente distinto... como si el cuerpo no se cansara tanto.

**Figura. 57***Testeo terreno plano*

Fuente propia

Posteriormente, propuso que el arnés pudiera ajustarse a cualquier talla, para que todos en la finca pudieran usarlo sin incomodidades así mismo sugirió reforzar el soporte en la espalda, para mantener la columna recta durante las largas jornadas y si tuviera reflectivos, sería más seguro cuando recogemos hasta tarde, comentó, pensando en los días que se alargan sin aviso. También pidió bolsillos para guardar herramientas, ganchos para colgar cuerdas para amarrar los sacos el balde, y espacio para llevar agua o el celular.

**4.4.5. Tercera prueba de testeo**

La tercera fase de testeo se llevó a cabo en la Escuela Alto de Ángulo, una vereda rural ubicada a unos 30 minutos del centro de Salazar de Las Palmas. Esta jornada de diseño participativo contó con la valiosa participación de catorce caficultoras, muchas de ellas con décadas de experiencia en la recolección de café, y fue acompañado por un extensionista de la Federación Nacional de Cafeteros. La actividad comenzó con una charla informativa sobre los

trastornos musculoesqueléticos comunes (como dolencias en espalda, hombros y rodillas), donde se explicaron sus causas y preventivas, y los participantes compartieron sus experiencias de dolor laboral. Posteriormente, se presentó el prototipo del arnés ergonómico, el cual fue sometido a un análisis crítico, las caficutoras lo tocaron, ajustaron y probaron, formulando preguntas clave sobre su funcionalidad (almacenamiento de celular/agua) y su soporte en la espalda. Esta interacción directa generó recomendaciones técnicas esenciales para el diseño final, enfocadas en la necesidad de que el arnés fuera resistente, de fácil reparación en campo y accesible económicamente.

**Figura. 58**

*Testeo del prototipo con Caficultores alto de Angulo*

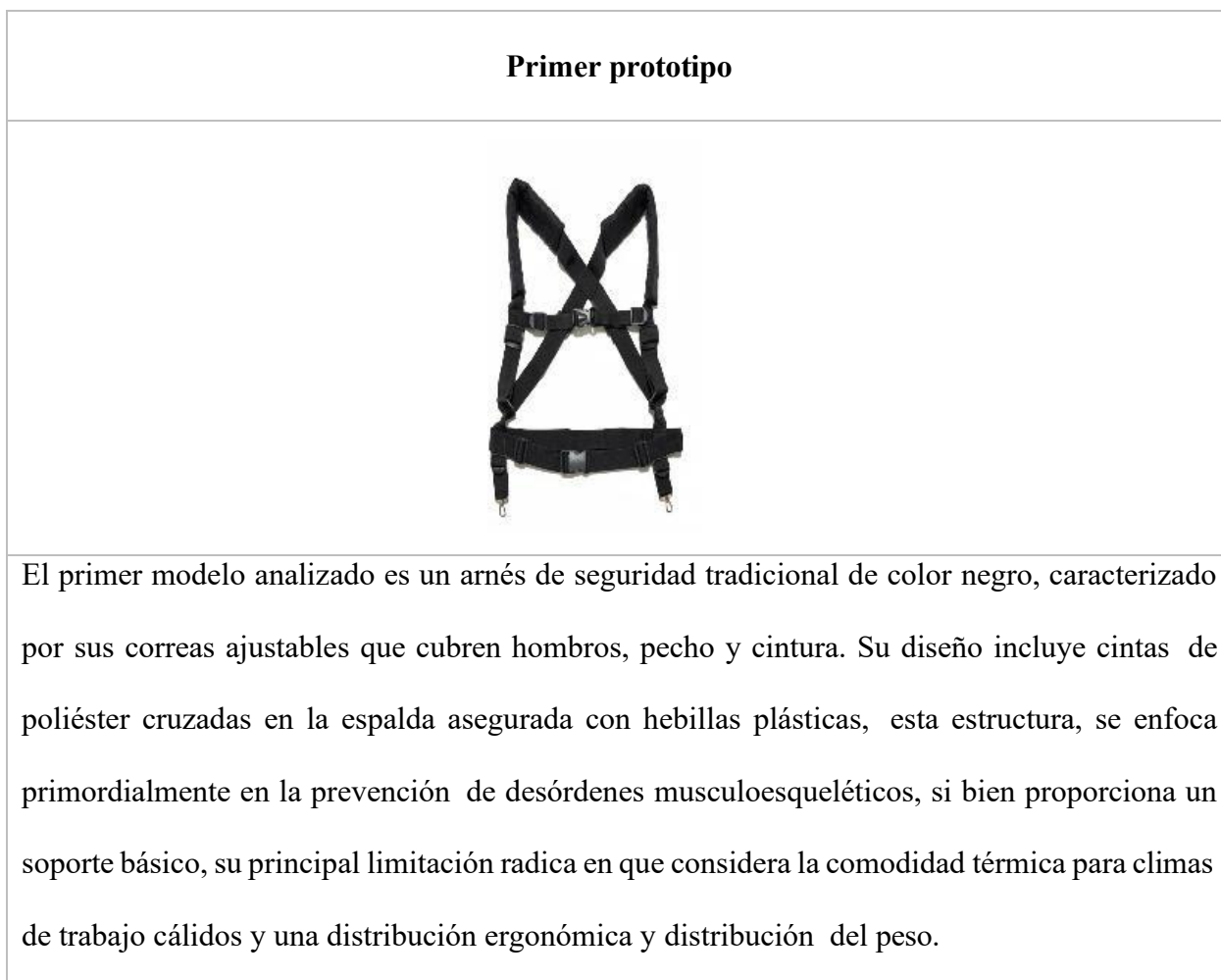


Fuente: propia

#### 4.4.6. Evolución del prototipo

**Figura. 59**

*Primer prototipo*



**Figura. 60***Segundo prototipo***Segundo prototipo**

Este segundo modelo de arnés muestra un avance importante en la adaptación al trabajo agrícola, a diferencia del diseño anterior, más industrial por esta razón este incorpora acolchados y correas resistentes que ayudan a distribuir mejor el peso, aunque mejora la estabilidad y la capacidad de carga, aun no se ajusta completamente a los distintos tipos de cuerpo de los caficultores ni responde bien a las condiciones del cafetal, como el calor, la humedad o la lluvia, de la misma manera se busca un diseño que prioriza la fuerza y el control, pero todavía no ofrece una comodidad ergonómica completa. Es un paso intermedio que contribuye a reducir los trastornos musculoesqueléticos, aunque queda trabajo por hacer para lograr un arnés verdaderamente cómodo, adaptable y pensado para el bienestar integral del trabajador.

**Figura. 61***Tercer prototipo***Tercer prototipo**

El tercer modelo constituye un avance significativo y claro hacia la ergonomía agrícola, distinguiéndose por incorporar un soporte dorsal acolchado y un recipiente plástico al arnés mediante clips circulares, lo que establece un verdadero sistema de carga integrado. Este diseño se enfoca directamente en el bienestar y la eficiencia del trabajador, ofreciendo una integración funcional superior a los modelos precedentes. El sistema de carga integrado permite al caficultor recolectar sin tener que sujetar la bolsa con las manos, lo que a su vez libera los brazos y facilita el movimiento. Además, el soporte dorsal acolchado está específicamente diseñado para reducir la presión sobre la columna vertebral, abordando una fuente principal de molestias físicas; en esencia, este arnés evidencia una profunda preocupación por el confort, la postura natural y la eficiencia del movimiento, alineándose de forma más efectiva con las necesidades críticas de los trabajadores rurales.

**Figura. 62***Cuarto prototipo***Cuarto prototipo**

El prototipo final trasciende la simple función de soporte para convertirse en una herramienta integral de cuidado, logrando un equilibrio óptimo al combinar seguridad, visibilidad, adaptabilidad y, principalmente, confort térmico; ha sido diseñado pensando en las realidades del cafetal, con jornadas largas, climas variables y cuerpos diversos, y no es solo un producto, sino el resultado de escuchar las necesidades del caficultor, integrarlas en el proceso y transformar la herramienta en un dispositivo de bienestar. Por otro lado, el aporte del sector textil fue fundamental, pues permitió seleccionar materiales resistentes y transpirables que aseguran confort térmico en condiciones cambiantes, optimizar costuras y acabados para garantizar durabilidad y evitar puntos de fricción, incorporar técnicas de confección adaptables que facilitan ajustes a distintos cuerpos y aportar conocimiento especializado en fibras que equilibran ligereza con resistencia mecánica; además, su participación validó la viabilidad productiva del diseño, asegurando que pueda ser replicado y escalado sin perder calidad. Como resultado de este proceso se realizaron modificaciones

importantes: el arnés se transformó en un chaleco ergonómico con férulas para promover mejor postura corporal y reducir la fatiga; se implementó una riata con velcro para un ajuste más preciso al tronco; en la zona lumbar se añadió una riata ajustable y acolchada con hebillas y correas resistentes para asegurar estabilidad y distribuir mejor el peso; en los hombros se integraron correas de ajuste por tallas para adaptarse a diversas estaturas y complexiones; y finalmente se incluyó funcionalidad adicional mediante un bolsillo o portaobjetos en el lado izquierdo, junto con un compartimento para el equipo móvil, permitiendo a los usuarios guardar elementos importantes y tenerlos siempre a mano.

#### 4.5. Validar la efectividad del prototipo ergonómico y tecnológico en un entorno real.

El día 11 de noviembre de 2025, a las 7:00 a.m., el equipo investigador inició el desplazamiento hacia la vereda Maldonado, específicamente a la finca Villa de Leyva, ubicada aproximadamente a una hora del casco urbano del municipio de Salazar de las Palmas. El trayecto se realizó por vías terciarias y carreteras destapadas, lo que dificultó parcialmente el acceso. La llegada al lugar se registró a las 8:00 a.m., encontrándose la finca a una altitud de 1.550 metros sobre el nivel del mar.

Durante la visita se realizó la observación y prueba del prototipo final del arnés ergonómico en el lote de café denominado “La Cabaña”, el cual cuenta con aproximadamente 7.000 plantas de café y presenta una topografía empinada. En este lote se encontraban seis recolectores de café, quienes participaron en la evaluación del prototipo final en condiciones reales de trabajo.

#### Figura. 64

*Trabajo de campo finca villa de Leyva*

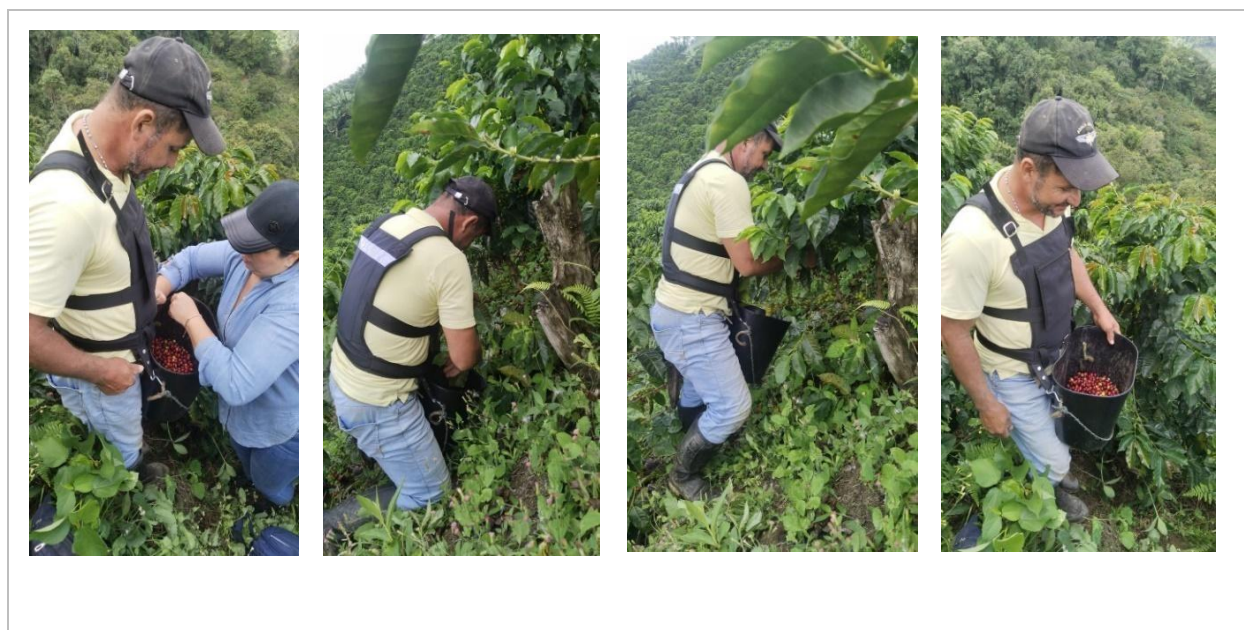


Fuente: propia

Cada recolector utilizó el prototipo durante un promedio de medio día, tiempo estimado que corresponde al lapso necesario para completar la recolección de un pote de café. Los trabajadores, quienes ya habían intervenido en las fases anteriores de prueba, manifestaron su satisfacción con las mejoras implementadas. Indicaron sentirse más cómodos, con mayor libertad de movimiento, y destacaron la reducción del dolor lumbar que habitualmente experimentan al utilizar el pretal tradicional.

**Figura: 65**

*Validación de prototipo final*



Fuente: propia,

Asimismo, se aplicó nuevamente la encuesta a los recolectores, esta vez basada en los métodos de ergonomía OWAS y RULA. Los resultados evidenciaron una mejora significativa en la percepción de comodidad, ajuste corporal y reducción de la fatiga gracias al nuevo diseño. La mayoría de los participantes destacaron el confort térmico como uno de los avances más notables, especialmente durante jornadas prolongadas bajo condiciones climáticas variables. También se valoró

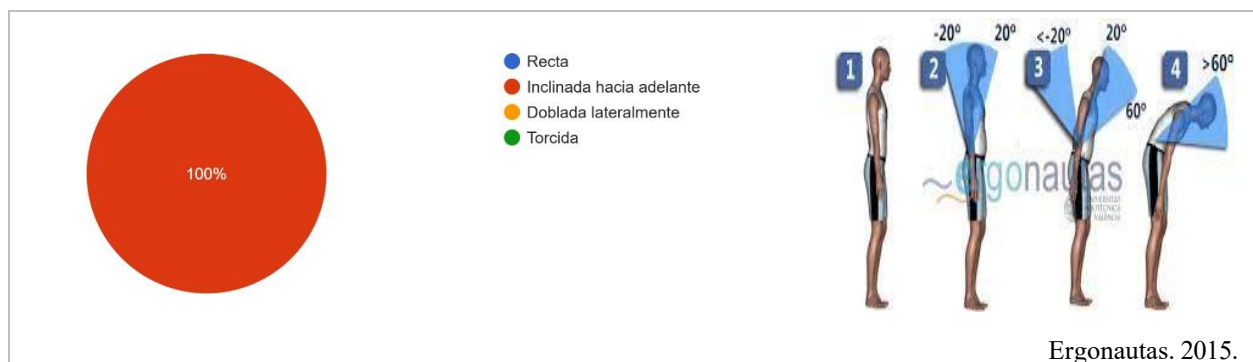
positivamente la incorporación de bolsillos funcionales, el ajuste personalizado por tallas y el soporte lumbar, elementos que contribuyen a una experiencia de trabajo más seguro.

#### 4.5.1 Segunda Encuesta De Método OWAS

Por otro lado, se aplica nuevamente la autoevaluación con el método OWAS donde muestra que la recolección de café expone a los trabajadores a un esfuerzo físico constante y repetitivo que impacta directamente en su bienestar. La postura inclinada hacia adelante del tronco, presente en el 100% de los casos, refleja la exigencia de la tarea y explica las molestias lumbares que varios participantes reconocen sentir, aunque sea de manera ocasional. A esto se suman los brazos extendidos o elevados, que generan tensión en hombros y espalda, y las posiciones de piernas ya sea de pie con un pie apoyado o en cuclillas que terminan afectando rodillas y caderas, tal como lo confirman los reportes de dolor frecuente en estas zonas. El peso de las cargas, mayoritariamente entre 5 y 15 kg, intensifica la sobrecarga física y contribuye a la fatiga acumulada. Todo ello repercute no solo en la salud, sino también en el rendimiento, pues más del 70% de los trabajadores reconoce que las dolencias interfieren en su concentración.

**Figura. 66**

*Postura de tronco*

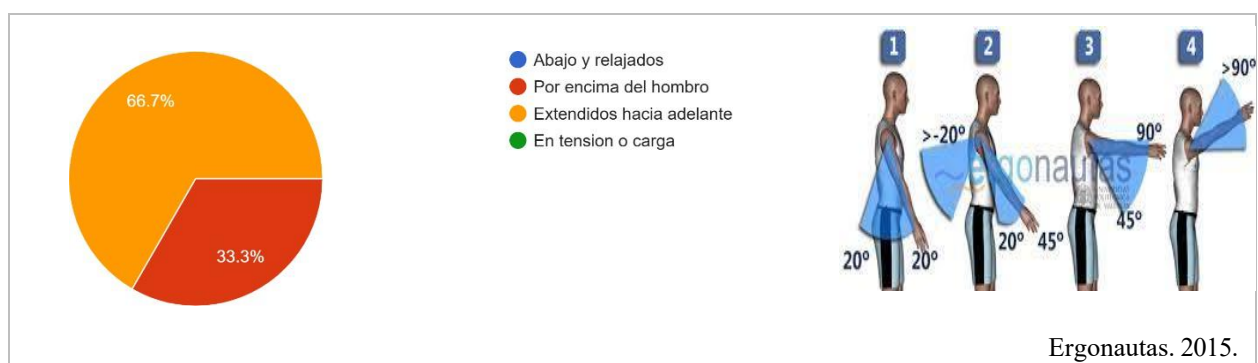


Fuente: propia

La gráfica revela que el 100% de las posturas observadas durante la actividad corresponden a la categoría “inclinada hacia adelante”, lo que indica una total uniformidad en la forma en que los trabajadores ejecutan la tarea. Esta postura, común en labores agrícolas como la recolección de café, implica una flexión sostenida del tronco que puede generar sobrecarga en la zona lumbar, fatiga muscular y riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo.

**Figura. 67**

*Postura de brazos*

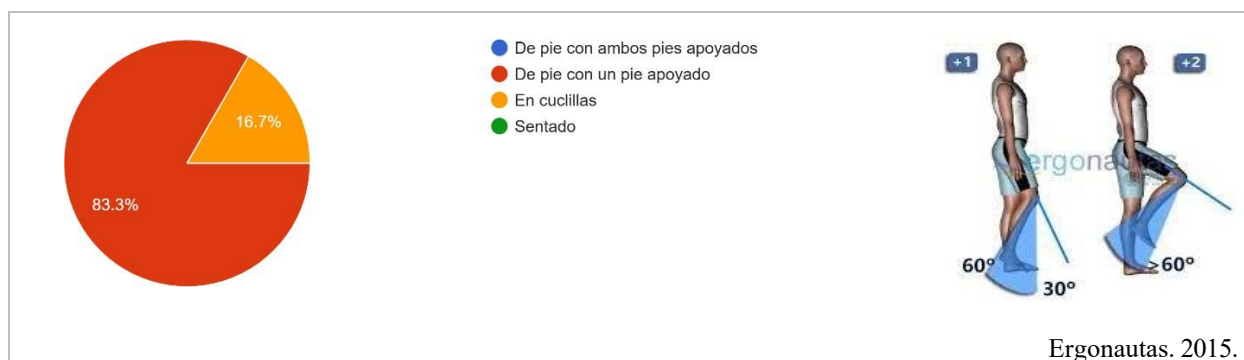


Fuente: propia

La gráfica muestra que el 66.7% de las posiciones de los brazos durante la actividad se clasificaron como “extendidos hacia adelante”, mientras que el 33.3% fueron “por encima del hombro”.

**Figura. 68**

*Postura de piernas*



Fuente: propia

La gráfica evidencia que el 83.3% de las posturas adoptadas durante la actividad fueron “de pie con un pie apoyado”, mientras que el 16.7% correspondieron a la postura “en cuclillas”.

**Figura. 69**

*Carga manipulada*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 83.3% de los pesos manipulados por los trabajadores se encuentran en el rango de 5 a 15 kg, mientras que el 16.7% supera los 15 kg. No se registraron cargas menores a 5 kg.

**Figura. 70**

*¿Siente molestias en la zona lumbar o parte baja de la espalda?*



Fuente: propia

La gráfica evidencia que el 57.1% de los participantes respondió “Raramente” siente dolor en zona lumbar o parte baja de la espalda mientras que el 28.6% “A veces” y solo el 14.3% indicó “Nunca”. No se registraron respuestas en las categorías “Frecuentemente” ni “Siempre”

**Figura. 71**

*¿Siente molestias en caderas, rodillas y piernas?*



Fuente: propia

La gráfica muestra la frecuencia con la que los trabajadores reportan molestias en rodillas y piernas. El 42.9% indicó sentir las molestias “Frecuentemente”, otro 42.9% respondió “A veces”, y el 14.3% “Raramente”. No se registraron respuestas en las categorías “Nunca” ni “Siempre”, lo que sugiere que la totalidad de los participantes ha experimentado molestias en estas zonas en algún momento, aunque con distinta intensidad o frecuencia.

**Figura. 72**

*¿Las molestias físicas afectan rendimiento o concentración?*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 71.4% de los participantes indica que las dolencias sí perjudican su concentración, pero por otro lado algunos indican que “A veces”, mientras que el 14.3% lo dice “Raramente” y otro 14.3% dicen que nunca.

#### 4.5.2 Segunda encuesta del método RULA

Sin embargo, se realizó nuevamente la encuesta del método de observación RULA que permitió reconocer cómo las exigencias de la recolección de café impactan de manera silenciosa en el cuerpo de los trabajadores. Aunque las molestias en extremidades superiores no se manifiestan de forma permanente ni intensa en la mayoría de los casos, sí se evidencia una exposición constante a posturas que generan incomodidad y desgaste físico. El cuello, por ejemplo, refleja la carga repetitiva de la tarea, con dolores que aparecen de manera ocasional; en los hombros y la parte superior de la espalda, la tensión derivada de mantener los brazos extendidos se traduce en molestias que, aunque “raramente” o “a veces”, terminan afectando la jornada. Los codos y antebrazos también muestran signos de fatiga esporádica, mientras que en muñecas y manos se percibe un esfuerzo constante que, aun cuando no siempre se convierte en dolor frecuente, así mismo, los resultados revelan que los recolectores conviven con síntomas que varían en intensidad, pero que confirman una exposición continua a posturas de riesgo capaces de transformarse en trastornos musculoesqueléticos con el paso del tiempo.

**Figura. 73**

*¿Siente molestias en el cuello durante la jornada laboral?*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 42.9% de los participantes reporta sentir molestias en el cuello “Raramente” en la jornada laboral, el 28.6% “A veces”, y el 14.3% “Frecuentemente”. Solo el 14.3% indicó nunca han sentido dolor.

**Figura. 74**

*¿Siente molestias en hombros o parte superior de la espalda?*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 57.1% de los participantes reporta que “Raramente” sienten molestias en los hombros y dolor en la parte superior baja de la espalda, mientras que el 28.6% dice que “A veces” y el 14.3% refiere que “Nunca”, de esta manera no se registraron respuestas en las categorías “Frecuentemente” ni “Siempre”,

**Figura. 75**

*¿siente molestias en codos y antebrazos?*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 57.1% de los participantes reporta sentir molestias en codos y antebrazos “Raramente”, el 28.6% “A veces” y el 14.3% “Nunca”.

**Figura. 76**

*¿sientes molestias en muñecas o manos?*



Fuente: propia

La gráfica muestra que el 42.9% de los participantes reporta sentir molestias en muñecas o manos “Raramente”, mientras que el 28.6% “A veces” y otro 28.6% indica que nunca ha sentido molestias.

Para concluir, la aplicación de los métodos de observación y autoevaluación OWAS y RULA en el sector caficultor permitió evidenciar que las condiciones iniciales de trabajo exponían a los recolectores a posturas forzadas y repetitivas que generaban incomodidad, fatiga y riesgo de trastornos musculoesqueléticos. Sin embargo, tras la implementación del prototipo diseñado para la recolección de café, se observó una mejora significativa en la percepción de comodidad, ajuste corporal y reducción de la carga física. Los trabajadores destacaron beneficios como el soporte lumbar, el confort térmico y la adaptación por tallas, elementos que contribuyeron a minimizar las molestias en cuello, espalda, brazos y piernas y el sobreesfuerzo de carga del coco recolector.

## Conclusiones

El proceso de empatía permitió definir las necesidades del caficultor como elemento central del diseño, consolidando información esencial para concretar los requerimientos del prototipo ergonómico. Este proceso participativo garantizó que las soluciones propuestas respondieran a necesidades reales y contextuales, fortaleciendo el carácter humano, innovador y centrado en los caficultores que son los usuarios del proyecto, en coherencia con los principios del Design Thinking.

La aplicación de la técnica SCAMPER, complementada con herramientas de inteligencia artificial, permitió generar, analizar y optimizar ideas para el diseño del prototipo ergonómico, integrando los aportes de la fase de empatía. Este proceso posibilitó mejorar materiales y funciones, incorporar adaptaciones tecnológicas y redefinir el sistema de soporte del peso, obteniendo así una propuesta innovadora, ergonómica y funcional, ajustada a las condiciones reales y necesidades de los caficultores.

El diseño y testeado del prototipo de arnés ergonómico permitió validar las mejoras derivadas del proceso de ideación, integrando criterios de funcionalidad, comodidad, seguridad y sostenibilidad. A través de las pruebas en campo con caficultores, y contando con la opinión de las textilerías, para el mejoramiento de materiales, se comprobó que el diseño favorece una distribución equilibrada del peso, reduce la tensión en la zona lumbar y hombros, y mejora la movilidad y confort durante la jornada laboral. Los participantes manifestaron una alta aceptación

y satisfacción con el prototipo final, destacando la disminución del dolor físico y el aumento de la eficiencia en la recolección.

La fase de validación permitió comprobar el desempeño del prototipo en condiciones reales de recolección de café, evaluando su impacto sobre la postura, el confort y la eficiencia laboral de los caficultores. Durante las pruebas en campo se evidenció que el prototipo disminuye la carga física y la fatiga muscular, especialmente en zonas críticas como la espalda baja y los hombros. Asimismo, se observó una mayor estabilidad, libertad de movimiento y aceptación por parte de los trabajadores, quienes destacaron su facilidad de uso y adaptación al entorno agrícola. El prototipo cumple con los principios ergonómicos y tecnológicos planteados, constituyéndose en una herramienta efectiva para mejorar el bienestar y el rendimiento en las labores de recolección de café.

## Referencias

Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia (APC-Colombia). (2025). Plan de trabajo anual de Seguridad y Salud en el Trabajo - 2025. <https://www.apccolombia.gov.co/sites/default/files/2025-01/Plan%20Anual%20de>

Anaya Baldovino, J. I., Barrera Rangel, C. M., & Cristancho Pabón, B. J. (2024). *Musculoskeletal Symptoms Associated with Muscular Work in Peach Cultivation Tasks in Norte de Santander. Journal of Ecohumanism*. <https://doi.org/10.62754/joe.v3i7.6563>

Aprobado Conpes cafetero, fruto de labor conjunta de Gobierno nacional y FNC. [https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/aprobado-conpes-cafetero-fruto-de-labor-conjunta-de-gobierno-nacional-y-fnc/?utm\\_source](https://federaciondecafeteros.org/wp/listado-noticias/aprobado-conpes-cafetero-fruto-de-labor-conjunta-de-gobierno-nacional-y-fnc/?utm_source)

Arias, F. (2023). El paradigma pragmático como fundamento epistemológico de la investigación mixta. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/eac/article/view/2020>

Bautista Toloza, E. V., & Soto Jaramillo, J. M. (2022). Condiciones disergonómicas de los trabajadores de la vereda Paramito y vereda Manzanarez de Chinacota, 2022. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/8086d47c-41fc-42c9-8b87-337993ed4a7d/content>

Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca lideran el Índice Departamental de Competitividad 2025. [https://urosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/nuestra-u/bogota-antioquia-y-valle-del-cauca-lideran-el-indice-departamental-de-competitividad-2025?utm\\_source](https://urosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/nuestra-u/bogota-antioquia-y-valle-del-cauca-lideran-el-indice-departamental-de-competitividad-2025?utm_source)

Bogotá, Antioquia y Valle del Cauca, en los primeros lugares del Índice Departamental de Competitividad 2025. <https://lanotaeconomica.com.co/movidas-empresarial/bogota-antioquia-y-valle-del-cauca-en-los-primeros-lugares-del-indice-departamental-de-competitividad-2025/?utm>

Compromiso Social. (2022). La agricultura y los ODS: una relación directa con el desarrollo sostenible. <https://compromisosocial.es/la-agricultura-y-los-ods/>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018). La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40155-la-agenda-2030-objetivos-desarrollo-sostenible-oportunidad-america-latina-caribe>

CONPES 3803: Política para la preservación del Paisaje Cultural Cafetero de Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/conpes-3803-de-2014.pdf>

Daen, S. T. (2011). Tipos de investigación científica. *Revista de Actualización Clínica Investiga boliviana*, 12(1), 621-624. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v12/v12\\_a11.pdf?fbclid=IwAR0kLP7YobJz6CzHlath64ZEiYArh8EgbGoxih\\_wLUAoyepczuzudL5JhBs](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/raci/v12/v12_a11.pdf?fbclid=IwAR0kLP7YobJz6CzHlath64ZEiYArh8EgbGoxih_wLUAoyepczuzudL5JhBs)

Duque-Vera, I. L., Montoya, E. C., García-Cristancho, J. I., Aguirre-Echeverry, J. P., & Urrutia-Illera, I. M. (2023). Factores asociados al dolor lumbar en recolectores de café de Chinchina y Palestina (Colombia). *Publicaciones Científicas Externas*. <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/pex/article/view/876>

Estrada-Muñoz, C., Madrid-Casaca, H., Salazar-Sepúlveda, G., Contreras-Barraza, N., Iturra-González, J., & Vega-Muñoz, A. (2022). Musculoskeletal Symptoms and Assessment of Ergonomic Risk Factors on a Coffee Farm. *Applied Sciences*, 12(15), 7703. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/15/7703>

Estrada-Muñoz, C., Madrid-Casaca, H., Salazar-Sepúlveda, G., Contreras-Barraza, N., Iturra-González, J., & Vega-Muñoz, A. (2022). Prevalencia y factores asociados a trastornos musculoesqueléticos en una población recolectora de café del municipio de Betania–Antioquia, 2019. *Revista CES Salud Pública*, 13(2), 49–60. <https://www.redalyc.org/journal/7337/733777461007/733777461007.pdf>

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2023). El café en Colombia: historia, producción y economía cafetera. <https://www.federaciondecafeteros.org>

Fundación Universitaria María Cano. (2022). *Compromiso con los caficultores de Colombia: proyecto sobre desórdenes musculoesqueléticos asociados a la composición corporal y riesgo ergonómico de recolectores de café*. Fundación Universitaria María Cano. <https://www.fumc.edu.co/compromiso-con-los-caficultores-de-colombia>

Gobierno de Chile. (sf). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Organización de las Naciones Unidas. (Año). Objetivos de Desarrollo Sostenible Organización de las Naciones Unidas (ONU). (sf). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://chile.un.org/es/sdgs>

Gobierno de Colombia. (Año). Plan Nacional de Desarrollo "Colombia Potencia de la Vida". <https://www.minvivienda.gov.co/ministerio-planeacion-gestion-y-control-planeacion-y-seguimiento-el-plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida>

Hablemos del Campo. (2023). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la agricultura. <https://www.hablemosdelcampo.com/los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-relacionados-con-la-agricultura/>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>

ignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)

Índice Departamental de Competitividad - IDC.  
<https://repositorio.minciencias.gov.co/server/api/core/bitstreams/85e0ed2a-381b-4e6b-96c8-79a5d16cefdf/content>

Juan Ernesto Pérez Pérez; Prospectiva y la técnica del SCAMPER: una combinación de estrategias de inteligencia colectiva para el desarrollo de la capacidad de innovación. *Prospectiva*, 28 de marzo de 2025; 27 (2): 341–366. <https://doi.org/10.1108/FS-07-2023-0134>

Karhu, O., Kansu, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(0), 199-201. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)

Legesse, G., Bayisa, F. S., Abaya, S. W., Abegaz, T., & Tadesse, O. L. (2024). Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y factores asociados entre los trabajadores de fábricas de procesamiento de café en Addis Abeba y la ciudad de Gelan en Etiopía, 2023. Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y factores asociados entre los trabajadores de fábricas de procesamiento de café en Addis Abeba y la ciudad de Gelan en Etiopía, 2023, *Revista de Investigación en Salud y Medio Ambiente*, Science Publishing Group

Martínez, D. V. S. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI boletín científico de la escuela superior tepeji del río*, 9(17), <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/tepexi/article/view/7928>

McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-5](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-5)

Mekonnen, B., Solomon, N., Wondimu, W., Tesfaye, M. y Negash, S. (2022). Síntomas de enfermedades relacionadas con el trabajo y lesiones ocupacionales entre los trabajadores de la industria procesadora de café en las zonas suroeste de Bench-Sheko y Kaffa, Etiopía: un estudio

de métodos mixtos. *Fronteras en Salud Pública*, 10, 1034957.  
<https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2022.1034957/full>

Ministerio de Trabajo de Colombia. (2025). Resolución 1890 de 2025: Lineamientos generales para la implementación del SG-SST. Consejo Colombiano de Seguridad. <https://ccs.org.co/ministerio-trabajo-resolucion-1890-2025/>

Monguevero R, Cariño P, Arias R, Albardía F. (2020). Incentivos y limitaciones para la mejora de la seguridad y salud en el trabajo en la cadena mundial de valor del café de México. Organización Internacional del Trabajo. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/americas/-ro-lima/documents/publication/wcms\\_751939.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/americas/-ro-lima/documents/publication/wcms_751939.pdf)

Montoya Rendon, J. C., Archila Villalobos, C. F., Rojas Ledesma, F. A. (2022) *Mirada a los aspectos económicos, financieros, sociales y ambientales del cultivo del café en Colombia*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). (2023) <https://www.dane.gov.co/>

Moreno Díaz, J. (2023). Revisión bibliográfica sobre riesgos ergonómicos en el sector agrícola colombiano (2015-2021). Universidad Minuto de Dios.

Norte de Santander sigue en el puesto 14 del Índice Departamental de Competitividad. [https://www.laopinion.co/economia/norte-de-santander-sigue-en-el-puesto-14-del-indice-departamental-de-competitividad?utm\\_source](https://www.laopinion.co/economia/norte-de-santander-sigue-en-el-puesto-14-del-indice-departamental-de-competitividad?utm_source)

Oficina de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) para los Países Andinos. (2020). La Experiencia de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en Seguridad y Salud en el Trabajo. Ministerio de trabajo, Republica de Colombia. Organización Internacional del Trabajo. [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publicación/wcms\\_764247.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publicación/wcms_764247.pdf)

Organización Internacional del Trabajo. (2020). Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en el sector cafetero. Oficina de la OIT para los Países Andinos. <https://vzf.ilo.org/wp-content/uploads/2021/04/Gestio%CC%81n-de-la-Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo-en-el-sector-Cafetero.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2021). La agroecología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. FAO. <https://www.fao.org/agroecology/overview/agroecology-and-the-sustainable-development-goals/es>

Organización Internacional del Trabajo (OIT). (sf). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Manual de referencia sindical. [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed\\_dialogue/@actrav/documents/publication/wcms\\_569914.pdf](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@actrav/documents/publication/wcms_569914.pdf)

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). ODS y desarrollo rural: oportunidades para América Latina. <https://www.undp.org/es/publications/ods-y-desarrollo-rural>

Pérez, J. E. P. (2023). Evidencia empírica del desempeño innovador en el sector cafetero colombiano. *Mundo FESC*, 13(1), 137-150.

Perez Perez JE (2022;), "Tradition or innovation? Cafe Galavis, a brand with an international vision". *Emerald Emerging Markets Case Studies*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/EEMCS-08-2021-0249>

Perez Perez JE (2024), "The application of Gen-AI and creativity in the context of public education in frontier environments". *Journal of Enabling Technologies*, Vol. 18 No. 4 pp. 223–231, doi: <https://doi.org/10.1108/JET-05-2024-0030>

Perez Perez JE (2025), "Foresight and the scamper technique: a combination of collective intelligence strategies for building innovation capacity". *Foresight*, Vol. 27 No. 2 pp. 341–366, doi: <https://doi.org/10.1108/FS-07-2023-0134>

Trejos Pinzón, J. F., et al. (2016). Evaluación de la aceptación de un sistema de soporte ergonómico para el canasto recolector de café (SERCOR). *Revista Cenicafé*, 672, 78-85.