Artefacto de apoyo isquiático portable para posturas de pie en tiempos prolongados

María Alejandra Pico Acevedo

María Paula Rey Barba

Trabajo de Grado para Optar al Título de Diseñadora Industrial

Director

María Fernanda Maradei García

Diseñadora Industrial

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Programa de Diseño Industrial

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Este proyecto de grado lo queremos dedicar a nuestros padres por ser el apoyo incondicional, por sembrar en nosotras la responsabilidad y deseos de superación, pero, sobre todo, por creer en nosotras y nunca permitir que nos rindiéramos, los amamos.

Agradecimientos

Principalmente a Dios, por permitirnos hoy cumplir y culminar una etapa de nuestros sueños, también a nuestros padres, por quienes hoy, gracias a su dedicación, su esfuerzo y amor, obtenemos este título. También, agradecemos a nuestras hermanas quienes fueron un gran apoyo.

De igual forma, queremos manifestar nuestra gratitud a La Universidad Industrial de Santander y la Escuela de diseño Industrial por brindarnos las herramientas académicas para convertirnos en unas profesionales integrales. A nuestros profesores, especialmente a la profesora María Fernanda Maradei García, por su experiencia, dedicación, conocimiento y motivación nos guio en el proceso que hoy logramos culminar.

Finalmente, agradecemos enormemente a todas aquellas personas que participaron de manera directa e indirecta en la realización de este proyecto, por el apoyo, la confianza y el amor brindado.

A todos, ¡Gracias!

Tabla de Contenido

Pág.

Introducción 15

1. Planteamiento del problema 16

2. Justificación 17

2.1 Pregunta de diseño 20

3. Objetivos 21

3.1 Objetivo general 21

3.2 Objetivos Específicos 21

4. Marco teórico 21

4.1 Marco de referencia conceptual 21

4.1.1 Aparato locomotor. 21

4.1.2 Bipedestación prolongada. 22

4.1.3 Fatiga muscular. 22

4.1.4 Higiene postural. 22

4.1.5 Semisedencia 23

4.1.6 Macro movimientos de reposicionamiento 23

4.1.7 Biomecánica de la postura sedente anterior 23

4.2 Benchmarking 24

4.2.1 Semisitting 24

4.2.2 Banco de apoyo isquiático 26

4.2.3 Apoyo isquiático 27

4.2.4 Asiento (Patente) 28

5. Metodología 30

6. Proceso Creativo 30

6.1 Etapa de investigación 30

6.1.1 Lista de deseos 31

6.1.2 Arquetipo usuario 32

6.1.3 Mapa de empatía 34

6.2 Etapa de análisis 36

6.2.1 Mapa interacciones 36

6.2.2 Diagrama FAST 37

6.2.3 Requerimientos y parámetros de diseño 38

7. Verificaciones 39

7.3 Etapa de creatividad 39

7.3.1 Modelo KANO 39

7.3.1 Diagrama morfológico 41

7.3.2 Mood board 42

7.3.3 Bocetos 43

7.3.4 Matriz Pugh 44

7.3.5 Prototipos rápidos 46

7.3.6 Prototipos funcionales 48

7.3.7 Análisis de valor 50

8. Construcción 52

8.1 Modelado CAD 52

8.2 Renders 52

8.3 Planos técnicos 53
8.4 Mecanismos 56
8.4.1 Sistema de trípode 56
8.4.2 Bisagras 56
8.4.3 Resortes 56
8.4.4 Empuñadura o manija 56
8.5 Presupuesto 57
9. Validaciones 57
9.1 Diseño de estudio 58
9.1.1 Factores de entrada 58
9.1.3 Unidad experimental 59
9.1.4 Variables respuesta (Satisfacción) 60
9.1.5 Hipótesis 60
9.1.6 Descripción de la prueba 61
9.1.7 Resultados 61
10. Concepto final 72
10.1 Modelado CA, prototipo final 72
10.2 Ficha técnica 74
10.3 BOM prototipo final 75
10.4 Diagrama de uso 77
11. Conclusiones 79
12. Recomendaciones 80
Referencias Bibliográficas 82

Apéndices..... 86

Lista de Tablas

Tabla 1 Lista de deseos. 32

Tabla 2. Requerimientos y parámetros de diseño. 38

Tabla 3. Atributos estudiados en el proyecto con sus resultados, con base en la herramienta del Modelo KANO. Encuesta realizada el día 31 de mayo de 2022..... 40

Tabla 4. Alternativas de diseño primera fase. 44

Tabla 5. Evaluación de alternativas a través de la matriz Pugh, de acuerdo a los requerimientos indispensables y atractivos señalados en el diagrama morfológico (ver figura 16). 45

Tabla 6.Prototipos rápidos primera fase, construidos a escala 1:4 con materiales de papelería, para la verificación formal de la alternativa. 46

Tabla 7. Evolución de las alternativas de diseño. 48

Tabla 8. Análisis de valor, costo por función. 51

Tabla 9. Análisis de valor, costo total. 51

Tabla 10. Presupuesto prototipo funcional de validación. 57

Tabla 11. Número de participantes que percibieron molestia corporal en cada una de las zonas del cuerpo. durante la actividad de estar de pie. N=30. 62

Tabla 12. Esfuerzo y molestia percibida durante la actividad de esperar de pie. 63

Tabla 13. Nivel de comodidad al transportar el prototipo funcional del apoyo isquiático portable. 64

Tabla 14. Nivel de portabilidad. 65

Tabla 15. Nivel de sencillez de los mecanismos del apoyo isquiático portable. 66

Tabla 16. Nivel de estabilidad. 67

Tabla 17. Nivel de comodidad. 68

Tabla 18. Nivel de satisfacción después de la interacción con el prototipo funcional. 69

Tabla 19. Probabilidad de recomendación el prototipo funcional del artefacto de apoyo isquiático portable. 70

Tabla 20. BOM prototipo final, prototipo de apariencia. 75

Lista de Figuras

Figura 1. Tipología de la postura sedente, postura sedente anterior. 24

Figura 2. Asiento dinámico Semisitting..... 25

Figura 3. Banco de apoyo isquiático y planos técnicos. 26

Figura 4. Apoyo isquiático..... 27

Figura 5. Esquema de la patente del asiento. 28

Figura 6. Metodología del proyecto, Design Thinking. 30

Figura 7. Usuarios del transporte público Metrolínea haciendo uso de los apoyos isquiáticos. Observaciones realizadas entre los días 23 y 27 de mayo de 2022. 31

Figura 8. Arquetipo usuario 1. 33

Figura 9. Arquetipo usuario 2. 33

Figura 10. Mapa de empatía, arquetipo usuario 1. 34

Figura 11. Mapa de empatía, arquetipo usuario 2. 34

Figura 12. Mapa de interacciones apoyo isquiático Metrolínea. 37

Figura 13. Diagrama Fast. 37

Figura 14. Resultados modelo KANO. 41

Figura 15. Diagrama morfológico. 41

Figura 16. Estructura y forma. 43

Figura 17. Verificación, prototipo rápido funcional, malla receptora. 49

Figura 18. Partes del prototipo real y la respectiva función que cumple cada una. 50

Figura 19. Renders prototipo funcional, artefacto de apoyo isquiático portable. 52

Figura 20. Planos técnicos del prototipo funcional del apoyo isquiático portable, construido para la validación. 53

Figura 21. Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, percentiles 5 y 95..... 55

Figura 22. Prototipo funcional del artefacto de apoyo isquiático portable. 58

Figura 23. Resultados de la encuesta de acuerdo a la percepción de molestia en el Mapa de molestias corporales COLETT y BISHOP cuando realizaban la actividad de estar de pie. 61

Figura 24. Nivel de comodidad al transportar el artefacto..... 64

Figura 25. Nivel de portabilidad del artefacto. 65

Figura 26. Nivel de sencillez de los mecanismos. 67

Figura 27. Nivel de estabilidad del artefacto. 68

Figura 28. Nivel de comodidad..... 69

Figura 29. Nivel de satisfacción después de la interacción con el prototipo funcional. .. 70

Figura 30. Probabilidad de recomendación. 71

Figura 31. Prototipo final. 72

Figura 32. Asiento plegable de apoyo isquiático portable. 73

Figura 33. Estructura plegable artefacto de apoyo isquiático portable. 74

Figura 34. Ficha técnica artefacto de apoyo isquiático. 74

Figura 35. Diagrama de uso de APIP (Apoyo isquiático portable), prototipo de apariencia. 77

Lista de Apéndices

pág.

Apéndice A. Verificaciones con el prototipo rápido funcional, formato de encuesta atributos formales y funcionales, y resultados de la encuesta. N=30.

Apéndice B. Encuesta atributos funcionales para el análisis y la categorización de los requerimientos según su importancia y el coste por función.

Apéndice C. Formato y resultados de la prueba de validación con el prototipo funcional del apoyo isquiático portable. Métodos Borg, CSAT y NPS. N=30.

"Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS"

Resumen

Título: Artefacto de apoyo isquiático portable para posturas de pie en tiempos prolongados[1]

Autor: María Alejandra Pico Acevedo, María Paula Rey Barba[2]

Palabras Clave: Apoyo isquiático, postura de pie prolongada, fatiga muscular, diseño, postura semisedente.

Descripción:

En ocasiones al acceder a los servicios que brindan lugares como restaurantes, bancos, clínicas, parques turísticos, aeropuertos, entre otros, las personas se exponen a posturas de pie prolongadas mientras esperan a ser atendidos. Esto debido en parte, porque no existen productos en el mercado que permitan un apoyo isquiático para distribuir mejor la carga sobre el sistema músculo esquelético. Asimismo, las posibles soluciones como son los asientos no pueden ser transportados por el usuario, ya que la mayoría no son portátiles. La postura de pie prolongada genera afecciones físicas debido a la fatiga muscular ocasionada por la postura de pie prolongada.

Por esto, se diseñó un artefacto de apoyo isquiático que propenda por una postura semisedente y de característica portable para utilizarse en cualquier contexto que requiera permanecer durante largos periodos de tiempo haciendo fila. Mediante la metodología de Desing Thinking, se trabajó en una primera instancia con la identificación de las condiciones y contextos actuales de la problemática, seguido por las etapas de análisis, creatividad y construcción del concepto. Finalmente, en la etapa de validación, evaluó el esfuerzo percibido por los usuarios al interactuar con el producto.

Al finalizar, se evidenció que el artefacto de apoyo isquiático portable diseñado, obtuvo un resultado de aceptación alto, permitiendo facilitar la acción de plegado y desplegado, apoyo, comodidad y transporte. Mediante elCSAT de auto reporte se valida que un 50% de los participantes se sintió muy satisfecho y con el NPS se halló que más del 60% consideran que lo recomendarían a un amigo, familiar u otro adquirir el producto.

---

[1] Trabajo de grado

[2] Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: María Fernanda Maradei García.

Abstract

Title: Portable ischial support device for standing postures for long periods of time.

Author(s): María Alejandra Pico Acevedo, María Paula Rey Barba.

Key Words: Ischial support, prolonged standing posture, muscle fatigue, design, semi-seated posture.

Description:

Sometimes when accessing the services provided by places such as restaurants, banks, clinics, tourist parks, airports, among others, people are exposed to prolonged standing postures while waiting to be seen. This is partly because there are no products on the market that allow ischial support to better distribute the load on the musculoskeletal system. Also, possible solutions such as seats can not be transported by the user, since most are not portable. Prolonged standing posture causes physical conditions due to muscle fatigue caused by prolonged standing posture.

For this reason, an ischial support device was designed that tends to a semi-seated posture and a portable characteristic to be used in any context that requires standing in line for long periods of time. Through the methodology of Design Thinking, we worked in a first instance with the identification of the current conditions and contexts of the problem, followed by the stages of analysis, creativity and construction of the concept. Finally, in the validation stage, it evaluated the effort perceived by users when interacting with the product.

At the end, it was evident that the portable ischial support device designed, obtained a high acceptance result, allowing to facilitate the action of folding and unfolding, support, comfort and transport. Through the self-report CSAT it is validated that 50% of the participants felt very satisfied and with the NPS it was found that more than 60% consider that they would recommend it to a friend, family member or another to acquire the product.

Introducción

En Colombia, las personas al acceder a diversos servicios de carácter público y recreacionales, como lo son los servicios que brindan clínicas, restaurantes, bancos, aeropuertos, parques temáticos, entre otros, se ven obligadas a realizar largas filas en la espera de ser atendidos. Muchos de estos lugares no cuentan con una zona de espera que se adecúe a su demanda, donde los usuarios puedan ubicarse de manera cómoda sin enfrentarse a situaciones de estrés e inconformidad con el servicio. Debido a esto, las personas adoptan diferentes posturas buscando reducir las cargas que soportan las extremidades inferiores y la espalda, como apoyar todo su peso sobre un pie, pasar a estar de cuclillas, flexionar la espalda, reclinarse sobre un lado utilizando a una pared como soporte, entre otras más.

A través de un apoyo que permita a las personas adoptar una postura semisedente y distribuir mejor su carga corporal durante estos tiempos de espera prolongados, se pretende reducir las molestias que se presentan, afectando no solo al usuario del servicio sino también a quien lo brinda.

El desarrollo de este proyecto siguió los lineamientos de la metodología de Design Thinking. La investigación es de tipo aplicativa, transversal y prospectiva, y pretende evaluar el éxito de innovación y desarrollo tecnológico de una propuesta de diseño. Se busca diseñar un artefacto de apoyo isquiático que reduzca la fatiga en el cuerpo ocasionada por mantener posturas de pie prolongadas.

El proyecto fue evaluado a partir de las variables de fatiga y satisfacción usando la escala de Borg para el nivel de fatiga percibido y con los métodos NPS y CSAT para el nivel de satisfacción.

1. Planteamiento del problema

La postura de pie o bipedestación, es una postura natural y de trabajo. La actividad de bipedestación prolongada hace referencia a una postura anatómica del ser humano, en donde debe mantenerse erguido sobre sus extremidades inferiores por periodos de tiempo prolongados.

Durante los periodos de bipedestación prolongados, cambiamos de posición postural con mayor o menor frecuencia, normalmente distribuyendo desproporcionadamente el peso corporal, debido a que mantener una postura erguida durante periodos de tiempo prolongado es una tarea sensorial-motora compleja. Dicha postura provoca molestias en los pies, tobillos, la parte inferior de las piernas y la espalda baja (Ringheim, I., Austein, H., Indahl, A., & Roeleveld, K., 2015).

El balanceo en bipedestación prolongado se interpreta como "ruido" en el sistema de control postural, es decir, deficiencia en el equilibrio, con movimientos voluntarios como respuesta efectiva para completar la tarea con un esfuerzo mínimo (Ringheim, I., Austein, H., Indahl, A., & Roeleveld, K., 2015).

En la bipedestación prolongada, se tienen en consideración algunos factores individuales como las comorbilidades, en relación con el malestar percibido. La incomodidad o la fatiga subjetiva pueden estar relacionadas con la fatiga psicológica y se ha reconocido como un factor en la disminución del estado de alerta, la concentración mental y la motivación (Halim, I., Omar, A. R., Saman, A. M., & Othman, I, 2012).

Por otro lado, estar de pie durante un período prolongado provoca una contracción estática principalmente en la espalda y las piernas asociado a actividades sostenidas de baja carga. Por lo que también se observa en posturas sedentes prolongadas (Ringheim, I., Austein, H., Indahl, A., & Roeleveld, K., 2015).

La contracción rítmica del músculo favorece el riego sanguíneo a la zona que trabaja, así pues, durante el trabajo estático, la contracción prolongada del músculo comprime los vasos sanguíneos provocando un menor aporte de sangre al músculo contraído, los huesos y articulaciones de la zona, de modo que llega una menor cantidad de nutrientes y oxígeno necesarios para el trabajo muscular, originando la aparición de la fatiga muscular, que limita el mantenimiento de la contracción. Esta fatiga, se manifiesta con signos tales como: sensación de calor en la zona del músculo o músculos, temblores musculares, sensación de hormigueo o incluso, dolor muscular (INSHT, 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto pretende diseñar un artefacto de apoyo isquiático portable para disminuir la fatiga del cuerpo cuando se mantiene una postura de pie prolongada. Finalmente, con el desarrollo de este proyecto de investigación se quiere dar respuesta a la pregunta de, ¿En qué medida se disminuye el esfuerzo percibido debido a la fatiga en postura de pie prolongada, cuando se usa o no, un artefacto de apoyo isquiático portable?

2. Justificación

Con base en los estudios experimentales, los mecanismos de control postural y la acumulación de sangre son, respectivamente, los principales determinantes de las molestias en la espalda baja y las piernas durante la bipedestación prolongada. De hecho, el aumento de los cambios posturales se interpreta como una respuesta del sistema de control postural para evitar la incomodidad y la fatiga (Karimi, Z., Mazloumi, A., Sharifnezhad, A., Jafari, A. H., Kazemi, Z., Keihani, A., & Mohebbi, I., 2021).

Los síntomas en la espalda baja y las extremidades inferiores debido a la bipedestación prolongada son productos de diferentes mecanismos presentes en el cuerpo, todos ellos con el propósito de mantener la postura. En el caso de los síntomas de la espalda baja, algunos como el aumento de la contracción, la fatiga o rigidez muscular y la falta de fuerza muscular. Cuando se refiere a los síntomas de las extremidades inferiores, se encuentra que el mecanismo con mayor frecuencia es la acumulación de sangre durante la bipedestación prolongada. La evidencia muestra que estar de pie por mucho tiempo puede causar un aumento en el flujo sanguíneo, la temperatura de la piel y el volumen de la pierna (Coenen, P., Parry, S., Willenberg, L., Shi, J. W., Romero, L., Blackwood, D. M., ... & Straker, L. M., 2017)

El tiempo de espera para recibir el servicio es el tiempo desde que un cliente está listo para recibirlo hasta el momento en el que este comienza. Esta espera en las colas hace parte del paquete de servicio en general, con lo cual la experiencia de hacer fila afecta significativamente la percepción de los consumidores o clientes hacia la calidad del servicio prestado. Filas y congestiones es la crítica más común que se les hace a las diferentes entidades que prestan un servicio. En Colombia, un estudio revela que, por las diligencias que se hacen en las sucursales físicas de los bancos, una persona pierde un poco más de cuatro horas al mes, ya que mantiene una alta preferencia por el efectivo (EL TIEMPO, 2017). Por otro lado, 45 minutos deben esperar las personas que más se demoran en la fila de los puestos migratorios del Aeropuerto Internacional El Dorado en condiciones normales (Migración Colombia, 2017). También, la congestión de los servicios de urgencias representa una condición que afecta la calidad, en Colombia, la mayoría de los servicios de urgencias se caracterizan por operar bajo una demanda que supera sus propias capacidades de atención, por lo que el tiempo de espera en sala oscilan entre 7.4 y 11.4 minutos dependiendo del triage asignado (Moreno y Matiz, 2019).

Ahora bien, un mecanismo subyacente para aliviar la incomodidad que posiblemente resulte de los movimientos posturales puede estar relacionado con la disminución de la presión sobre las articulaciones, la mejora de la actividad de la bomba venosa, la reducción de la tensión de los tejidos blandos y, finalmente, la fatiga muscular retardada (Karimi, Z., Mazloumi, A., Sharifnezhad, A., Jafari, A. H., Kazemi, Z., Keihani, A., & Mohebbi, I., 2021). Estar de pie con una sesión intermitente es la mejor solución para minimizar la incomodidad y la fatiga muscular asociadas con las tareas prolongadas de pie. Sentarse es una postura mucho menos extenuante que estar de pie, principalmente porque requiere que se contraigan menos músculos para estabilizar el cuerpo. En esta posición, la carga en las extremidades superiores se distribuye uniformemente a través de la base del asiento, por lo tanto, reduce la carga en las extremidades inferiores (Halim, I., Omar, A. R., Saman, A. M., & Othman, I, 2012).

Por consiguiente, pese a que las entidades tienen el deber con sus clientes de mejorar la experiencia del servicio aliviando las largas filas que se generan, como lo evidencian algunas al ofrecer opciones de herramientas y atención virtual, esto no es suficiente. Por otro lado, aún se registran eventos donde a pesar de que la Oficina de Pasaportes de Santander a pesar de que se implementó estrategias como el pico y cédula para evitar aglomeraciones la fila de personas puede ocupar hasta dos cuadras. Otro caso similar se tiene en los puestos de vacunación, con la pandemia la afluencia en el servicio aumentó, esto hace que algunas personas pueden tardar horas esperando a ser atendidas. Asimismo, el tiempo en las salas de espera de las EPS es de alrededor de una hora, aunque son entidades que propenden constantemente en mejorar sus servicios. Paralelo a ello, también se encuentras los eventos temporales u ocasionales, como lo son conciertos, compras en supermercados, fiestas religiosas, entre otros, en donde las personas pueden permanecer de pie el tiempo que dura el evento.

El proyecto busca proporcionar al usuario una solución para uso individual, que sea independientemente del lugar en el que se encuentre, y que mitigue las molestias de una postura sedente prolongada.

En ese orden de ideas, se espera disminuir la fatiga percibida, al distribuir las cargas sobre el sistema músculo esquelético, brindando una solución a través de un apoyo isquiático.

2.1 Pregunta de diseño

Teniendo en cuenta la información anterior, este proyecto pretende diseñar un artefacto de apoyo isquiático portable para disminuir la fatiga del cuerpo cuando se mantiene una postura de pie prolongada. Finalmente, con el desarrollo de este proyecto de investigación se quiere dar respuesta a la pregunta:

¿En qué medida se disminuye el esfuerzo percibido debido a la fatiga en postura de pie prolongada, cuando se usa o no, un artefacto de apoyo isquiático portable?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar un artefacto de apoyo isquiático portable para disminuir el esfuerzo percibido debido a la fatiga del cuerpo cuando se mantiene una postura de pie prolongada.

3.2 Objetivos Específicos

Analizar las respuestas corporales de las personas en el desarrollo de la actividad de esperar en postura de pie prolongada que permita identificar los puntos en el sistema músculo esquelético donde se soportan las cargas articulares.

Analizar biomecánica y antropométricamente diferentes propuestas de postura semisedente con el fin de identificar aquellas con mejor distribución de carga en las articulaciones del cuerpo.

Evaluar las alternativas propuestas con base en las necesidades de uso de los usuarios objetivos en términos de satisfacción para el cumplimiento de la función principal.

Validar el esfuerzo percibido debido a la fatiga en postura de pie prolongada de un prototipo funcional de apoyo isquiático en un contexto relevante cercano a las condiciones reales.

4. Marco teórico

4.1 Marco de referencia conceptual

4.1.1 Aparato locomotor.

El aparato locomotor está constituido por los sistemas esquelético y muscular y es el responsable de que podamos movernos y desplazarnos. Esta importante función es posible gracias a la acción conjunta de unas estructuras rígidas, los huesos, estructura rígida que sirven como sostén de nuestro organismo, y de unos elementos contráctiles, como los músculos, que aportan el movimiento. Por último, se tienen unos elementos que permiten la movilidad a las estructuras

rígidas, que son las articulaciones. A este conjunto se le denomina sistemas músculo esquelético (Cardelús, Galindo y García, 2013).

4.1.2 Bipedestación prolongada.

Es una postura corporal normal y de trabajo que consiste en mantener el cuerpo erguido apoyado normalmente sobre los dos pies y que influye directamente en la función de los aparatos y sistemas del cuerpo humano. Estar de pie es una postura que por sí misma no debería causar molestias, pero si el cuerpo requiere estar en posición vertical por mucho tiempo es particularmente dañino para la salud, especialmente cuando se permanece de pie sin movimiento y si no se toman las medidas ergonómicas necesarias para prevenirlas (Alvear, 2015).

4.1.3 Fatiga muscular.

La fatiga muscular se define como la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinado. Su aparición es de carácter multifactorial, ya que los mecanismos son imprecisos (Gómez, Cossio, Brouset y Hochmuller, 2009).

4.1.4 Higiene postural.

La higiene postural es el conjunto de normas, cuyo objetivo es mantener la correcta posición del cuerpo, en quietud o en movimiento. El propósito es evitar posibles lesiones por medio del aprendizaje enfocado a proteger principalmente la columna vertebral cuando se realizan actividades diarias. La higiene postural tiene como propósito evitar los dolores, disminuir y prevenir la carga y los daños en la columna vertebral principalmente, cuando se realizan actividades de la vida diaria (CERI).

Para evitar estos factores mecánicos de sobrecarga de la columna vertebral, se promulga la postura correcta. Se refiere a aquella en la que la espalda permanece derecha, los discos intervertebrales desempeñan su función transmisora de fuerza y el núcleo está en el centro del disco. Algunas de ellas son como, por ejemplo: poner siempre un pie más adelantado que el otro, cambiar a menudo de posición y no estar de pie parado si se puede estar andando. Cuando se camina siempre debe hacerse con buena postura; con la cabeza y el tórax erguidos (Sacyl, 2009).

4.1.5 Semisedencia

La postura semisedente es una postura intermedia entre la postura sedente y bípeda, es una postura donde los músculos de la espalda están en balance y en menor tensión respecto a la postura sedente (González y Cardona, 2018).

Las posturas semisedentes de apoyo isquial o lumbar permiten al usuario tener un soporte rígido, lo que ayuda a distribuir el peso corporal de la persona, y generar un polígono de sustentación más amplio que el de la posición bípeda, pero con una ocupación mucho menor al de la posición sedente, adicionalmente, las posiciones semisedentes permiten tener una transición rápida a una postura bípeda activa (Avellaneda, 2015)

4.1.6 Macro movimientos de reposicionamiento

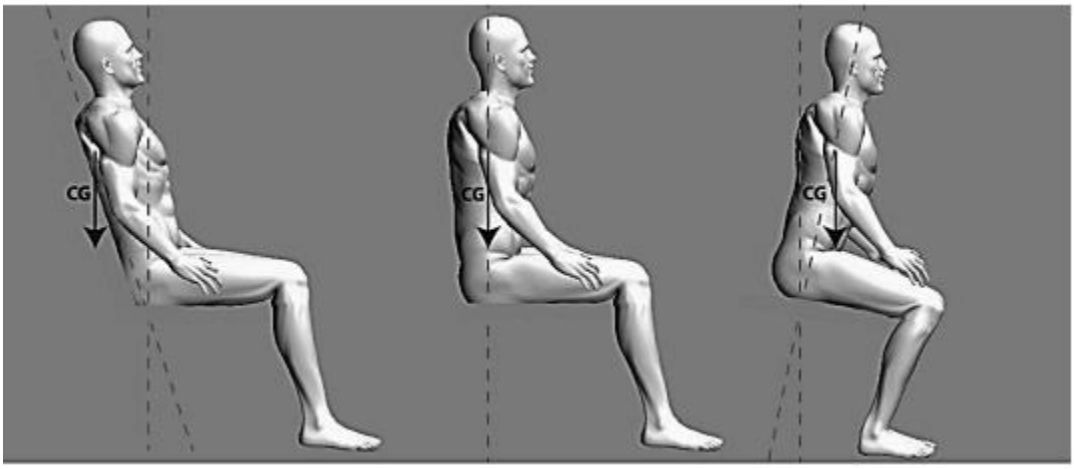
Los macro reposicionamientos son cambios repentinos o saltos en el patrón de presión que se ejerce sobre el cuerpo, mitigando la percepción de dolor (Galindo, Maradei, M. F., & Espinel, 2016).

4.1.7 Biomecánica de la postura sedente anterior

La biomecánica de la postura sedente anterior es visible cuando el asiento se encuentra inclinado hacia adelante, realizando un apoyo en los isquiones y la cara posterior de los muslos, generando un movimiento de la pelvis hacia adelante y corrigiendo la curvatura de la columna

vertebral. Las investigaciones muestran que la apertura de 135° entre el muslo y el tronco generado por la inclinación del asiento, permite un equilibrio entre los músculos anteriores y posteriores del tronco, permitiendo una mejor distribución de las presiones del cuerpo sobre el asiento. Esta postura sedente es considerada ideal porque requiere la menor cantidad de esfuerzo muscular para mantener la estabilidad (Maradei, M. F., & Quintana, L.,2014).

Figura 1. Tipología de la postura sedente, postura sedente anterior.



Fuente: (Maradei, M. F., & Quintana, L.,2014, pág 2)

4.2 Benchmarking

Los productos que ofrece el mercado acerca de asientos que le permitan a los usuarios adoptar una postura semisedente, se configuran de acuerdo a los principios ergonómicos y su contexto de uso. Los productos más comunes existentes en el mercado son los siguiente:

4.2.1 Semisitting

Asiento dinámico para la posición en semisendencia de las personas en los diferentes sectores laborales, basado en el concepto ergonómico de cambio de posición. Su diseño se opone a la tendencia equivocada en la que el usuario debe adaptarse al producto, por el contrario, reúne

una gama extensa de elementos opcionales que permite personalizar y adecuar la silla con el objetivo de maximizar la adaptabilidad de esta, según la necesidad del trabajador en su puesto laboral, combinando la movilidad, el confort y la estabilidad, por medio de la altura, inclinación, presión, etc.

Figura 2. Asiento dinámico Semisitting.

Nota: Adaptada de https://www.semisitting.com/que-es-semisitting/

Ventajas:

- El material del asiento brinda comodidad al usuario.
- Se adapta a varias posiciones que puede desarrollar una persona en una postura sentada.
- Permite su movilidad por una misma área y la rotación sobre su eje.

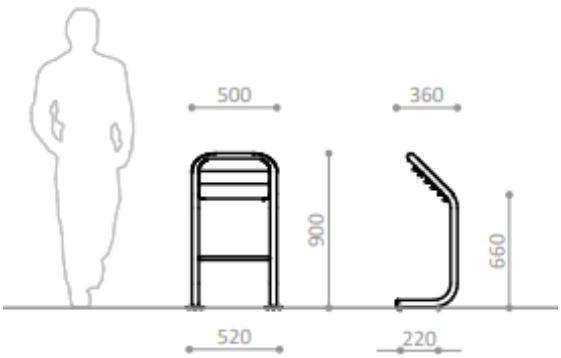
Desventajas:

- Su estructura está compuesta por más de 5 componentes.
- No permite ser transportado con facilidad a otros lugares.

4.2.2 Banco de apoyo isquiático

Fue diseñado especialmente para facilitar el apoyo a personas que tienen dificultad para sentarse e incorporarse de un banco convencional, su estructura es de acero inoxidable, listones de plástico reciclado y reciclable, 100% HDPE posconsumo, los colores disponibles son el grafito.

Figura 3. Banco de apoyo isquiático y planos técnicos.



Nota: Adaptada de Ficha Técnica de Banco de Apoyo Isquiático, www.industriasagapito.com

Ventajas:

- Su material es favorable frente a los cambios climáticos para el uso en exteriores.
- Es de uso público.
- su estructura posee menos de 5 componentes.

Desventajas:

- Su estructura se encuentra anclada al suelo, no puede ser movida ni transportada en la misma área o a otro lugar.

4.2.3 Apoyo isquiático

Es un apoyo que permite recobrar la posición erguida fácilmente y son una oportunidad de reposo para personas de la tercera edad o con discapacidad motriz. Estos apoyos pueden ser utilizados por dos personas en simultáneo, al igual que por personas de talla baja y niños. Su estructura permite ser anclada al suelo con pernos de ½" insertada en una placa de acero, la cual se encuentra unida al suelo. Se recomienda la construcción de la estructura con una longitud máxima de 160 cm y una altura de 110 cm en el punto más alto y 90 cms en la segunda altura.

Figura 4. Apoyo isquiático.

Nota: Adaptada de https://adapta.com.mx/equipos-para-personas-con-discapacidad/arquitectura-accesible/barras-de-apoyo/apoyo-isquiatico/#

Ventajas:

- Su estructura consta de máximo dos piezas.
- Está construido en un único material.
- Puede ser utilizado por 2 personas en simultáneo.

Desventajas:

- Su estructura se encuentra anclada al suelo, no puede ser movida ni transportada en la misma área o a otro lugar.

- El área de apoyo es reducida.

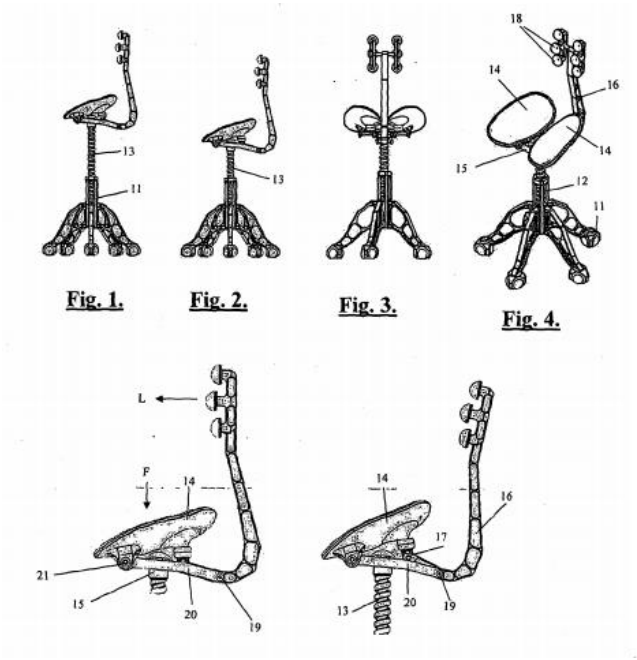
4.2.4 Asiento (Patente)

Asiento con una base contorneada, particularmente un asiento para utilizar en una silla de oficina, silla de trabajo, butaca de avión, bicicleta, vehículo, silla de ruedas, silla de paseo, silla para niños/silla de coche o banco. Específicamente, la invención es un asiento que incita activamente a la persona a sentarse en una posición correcta, según la hipótesis del inventor, es decir una posición que simula la posición en la que estarían la columna y pelvis de la persona que se sienta si ésta estuviera de pie.

Busca ofrecer un asiento que incide de manera activa a la persona que se sienta a adoptar una posición sentada en la que la columna y pelvis presentan una posición estructural y postural similar a la que tendría si está de pie. Para lograr esto, el asiento debe permitir que los muslos se inclinen considerablemente hacia abajo (desde la cadera a la rodilla), sin que la persona que se sienta se deslice hacia adelante, y debe contribuir a que cada lado de la pelvis logre la misma altura respecto del otro, tal y como ocurre cuando se está de pie.

De acuerdo con la invención se provee un asiento, con una base contorneada adaptada para que se apoye cada tuberosidad isquiática de un usuario y para permitir que los muslos de un usuario se apoyen en una posición de entre 15 y 45 grados respecto del plano horizontal.

Figura 5. Esquema de la patente del asiento.



Nota: Adaptada de
https://patentimages.storage.googleapis.com/ad/3d/b5/53b0b7ffdac97d/ES2530177T3.pdf

Ventajas:

- Incita activamente a la persona a sentarse en una posición correcta. La persona que se sienta a adoptar una posición sentada en la que la columna y pelvis presentan una posición estructural y postural similar a la que tendría si está de pie.

- Permitir que los muslos de un usuario se apoyan en una posición de entre 15 y 45 grados respecto del plano horizontal.

- Adaptabilidad a otros productos o espacios (bicicletas, taburetes, entre otros).

Desventajas:

- Balanceo/ vaivén debido a que las almohadillas del asiento se mueven alrededor de tres ejes (balance, pendiente, oscilación) y un cuarto, siendo el eje anterior-posterior.

5. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto es Design Thinking, los lineamientos de las actividades se siguieron a partir de los objetivos específicos del proyecto. Este proyecto se divide en las siguientes etapas: investigación, análisis, creatividad, construcción y validación, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos específicos.

Figura 6. Metodología del proyecto, Design Thinking.

Fuente: Elaboración propia.

6. Proceso Creativo

6.1 Etapa de investigación

En esta etapa se obtuvieron los aspectos relevantes de la problemática estudiada de acuerdo a las necesidades del usuario. Estas, se relacionaron con las características intrínsecas y extrínsecas, dando cumplimiento al primer y segundo objetivo específico del proyecto.

En primer lugar, se observó el comportamiento de las personas que hacían uso del transporte público principalmente el Metrolínea, ya que las estaciones principales la UIS, Provenza, Cañaveral y Piedecuesta cuenta en sus instalaciones con apoyos isquiáticos estáticos; En la observación se evidenció que debido a la estructura y el material de los apoyos isquiáticos, las personas adoptaron posturas incómodas para evitar resbalar y maltratar la espalda y las caderas, optando en ocasiones por sentarse en el suelo mejor (ver figura 7).

Figura 7. Usuarios del transporte público Metrolínea haciendo uso de los apoyos isquiáticos. Observaciones realizadas entre los días 23 y 27 de mayo de 2022.

Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de identificar las variables que podrían ser controlables y que afectan directamente al usuario generando fatiga muscular en la espera, se llevaron a cabo los siguientes métodos:

6.1.1 Lista de deseos

Con el propósito de identificar las necesidades y los deseos de los usuarios sobre la problemática planteada, se realizaron 50 entrevistas a los usuarios objetivo. Esta fue de tipo semi

estructurada, con el objetivo de permitir el debate con el entrevistado y obtener los datos relevantes a la investigación que fueron plasmados en la siguiente tabla:

Tabla 1 Lista de deseos.

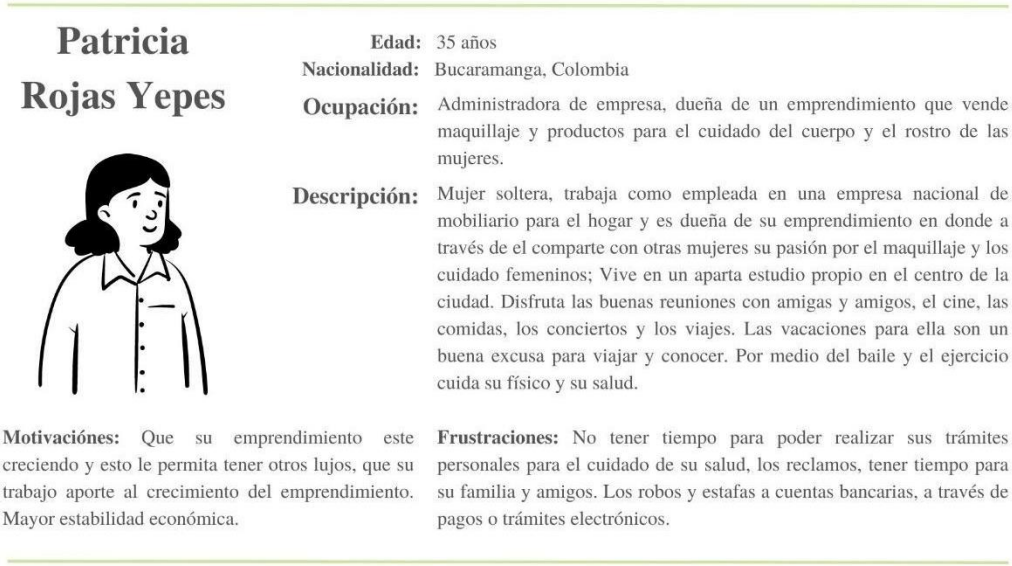
PROBLEMAS	NECESIDADES	DESEOS	SOLUCIONES
El material del mobiliario en las salas de espera es demasiado rígido.	Comodidad frente a las situaciones en las que personas se someten a espera.	Asientos de materiales que no generen algún tipo de molestia.	Asiento con un área de relleno o tejido
Apoyos isquiáticos que se componen de barras.	Las barras sin asiento generan incomodidad, al igual que la barra para la zona de la espalda baja.	Proporcionar una estructura que recubre las zonas importantes para el apoyo y no genere calambres	Apoyo con estructura amplia que cubra zonas importantes, ejemplo: forma circular, ovalada, cuadrada
El área de apoyo es reducida.	Aumento del área de contacto entre el producto y el usuario.	Área de contacto que permita tener un mayor porcentaje de libertad en la movilidad y la postura.	Área de apoyo que distribuya de manera uniforme las cargas sobre está extremidad.
Distribución de los elementos del producto que no se adaptan a todas las características corporales.	Comodidad en la espera por periodos superiores a los 10 minutos.	Mobiliario-producto en el que todas las partes que entren en contacto con una persona sean generadores de comodidad.	Apoyo isquiático cómodo
La fricción con el material del producto genera que el usuario se deslice (resbale).	Seguridad (Caídas) al contacto y uso del producto.	Formas nuevas.	Producto con texturas, formas o estructura que, al entrar en contacto, presenten un porcentaje alto de fricción con el usuario.
Los productos no son de carácter exclusivo. (Cuidado por otros usuarios)	Aumento en la cantidad, venta del producto, servicio de préstamo de producto.	Exclusividad del producto para los usuarios.	Producto cómodo, con medidas promedio y económico

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Arquetipo usuario

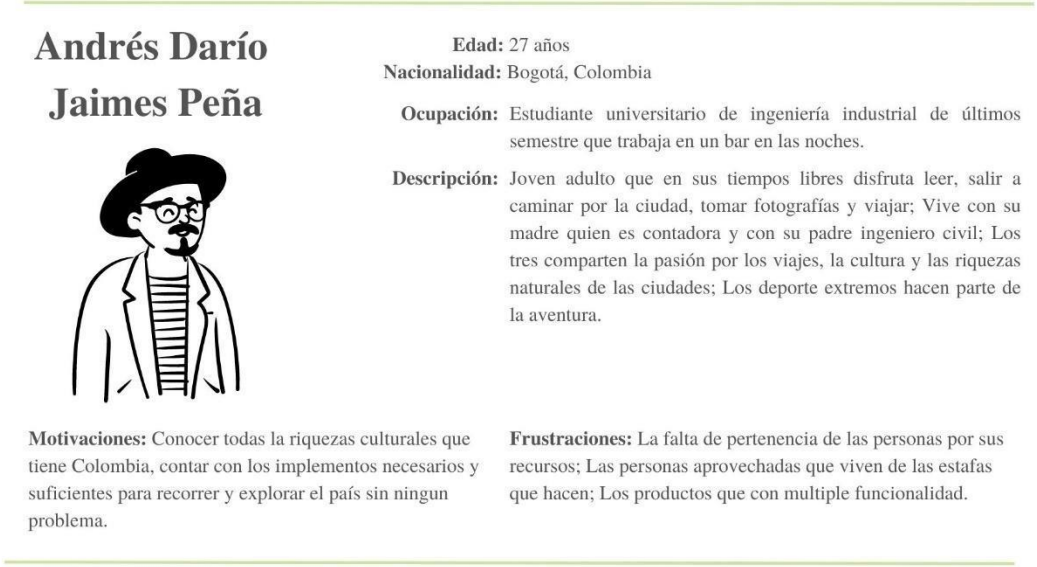
Una vez se identificaron las necesidades y los deseos de los usuarios, se reunieron las características comunes de las personas entrevistadas, definiendo (2) dos perfiles de usuario que las agrupan. Los arquetipos usuarios que se describieron son:

Figura 8. Arquetipo usuario 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Arquetipo usuario 2.



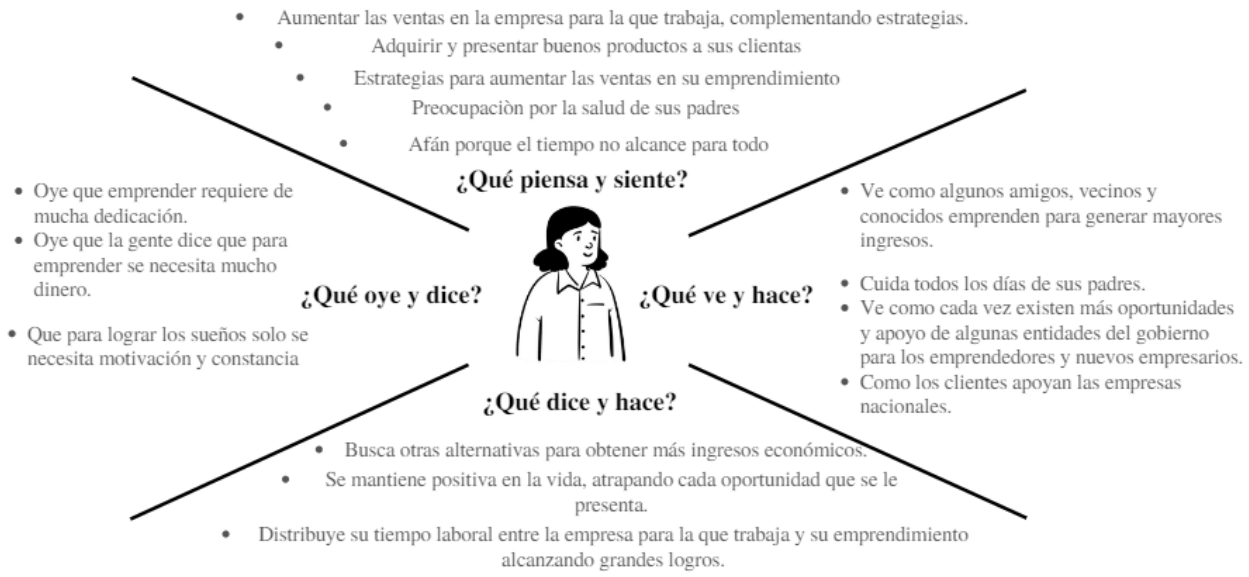
Fuente: Elaboración propia.

Se definió como usuario primario a la población de adultos colombianos (mujer y hombre) entre los 20 y 40 años de edad, de clase media-alta que asisten con frecuencia a parques temáticos y conciertos por lo menos una vez al año.

6.1.3 Mapa de empatía

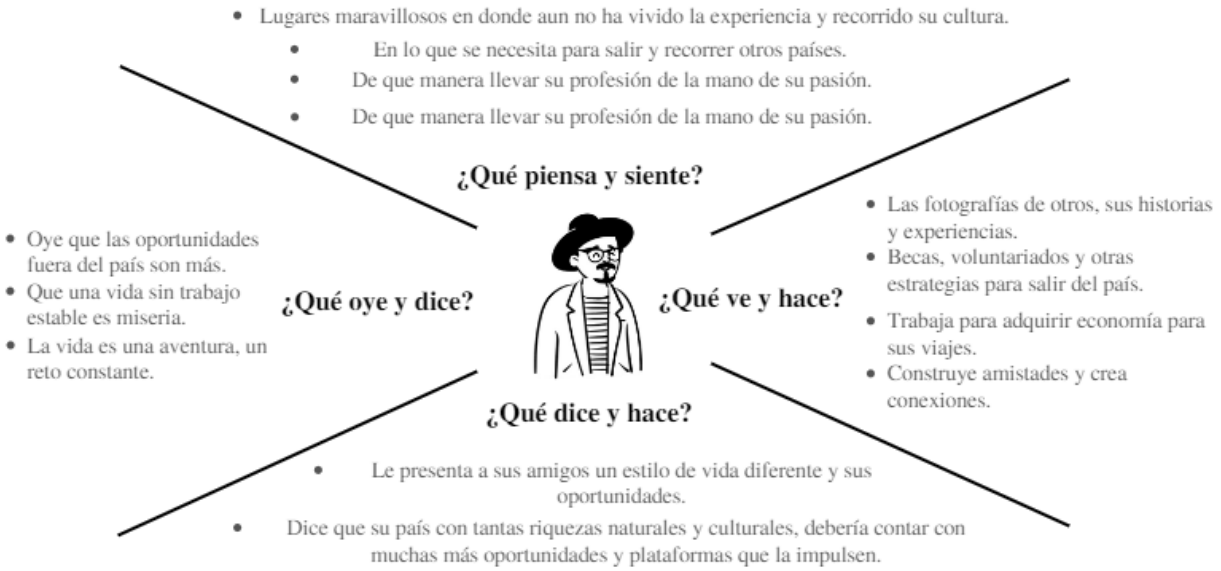
Según los arquetipos escogidos, se agruparon las necesidades y deseos de acuerdo a las características de los perfiles y se plasmaron en los siguientes mapas respectivamente. Al interactuar con cada uno de los usuarios se identificó que emociones sentían con respecto al problema de esperar de pie por tiempos prolongados.

Figura 10. Mapa de empatía, arquetipo usuario 1.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Mapa de empatía, arquetipo usuario 2.



Fuente: Elaboración propia.

¿Qué piensa y siente?

En ocasiones sienten que las empresas prestadoras de servicios, públicas o privadas no cuentan con un plan estratégico que agilice los procesos dentro de las entidades, que reduzca los tiempos a los que una persona debe someterse a esperas por tiempos prolongados, en donde además de eso, las adecuaciones físicas de las empresas no están capacitadas para esto.

¿Qué ven?

Personas de todas las edades que continúan realizando trámites de manera presencial en las diferentes entidades, aglomeraciones de personas a la espera de adquirir servicios, beneficios, lujos y privilegios, dificultad en aquellas personas que lleva consigo cargas adicionales a las corporales.

¿Qué dice y hace?

Se quejan con las empresas por la demora en brindar soluciones o servicios a los usuarios, la desorganización por parte de las empresas y los empleados de las mismas. Utilizan butacos u

otros productos en el mercado que les permitan descansar y evitar los malestares corporales, se recuestan sobre los bordes de las ventanas y las paredes para descansar.

¿Qué oye?

Oye a familiares y amigos quejarse de la problemática de tener que esperar de pie tiempos prolongados, escucha como amigos cercanos y familiares utilizan productos con otra finalidad para dar solución a este malestar.

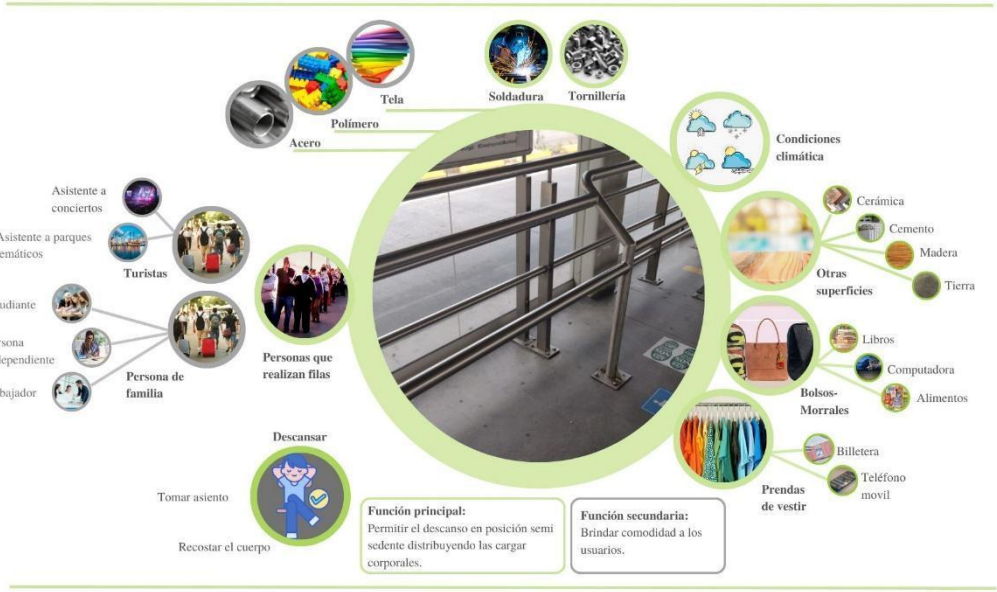
6.2 Etapa de análisis

El objetivo de esta etapa consistió en recolectar la información sobre el contexto del producto y analizarla, para de esta manera determinar cuáles son todos los factores que se relacionan con el artefacto, sus partes y cuál es la relación entre ellas, utilizando los siguientes métodos para la recolección y el análisis de la información:

6.2.1 Mapa interacciones

Este método permitió identificar los canales de contacto que tiene el usuario con el artefacto, construyendo toda la experiencia a través del reconocimiento de la función principal y las secundarias, de los tipos de usuario y los elementos externos con los que el artefacto tiene contacto.

Figura 12. Mapa de interacciones apoyo isquiático Metrolínea.

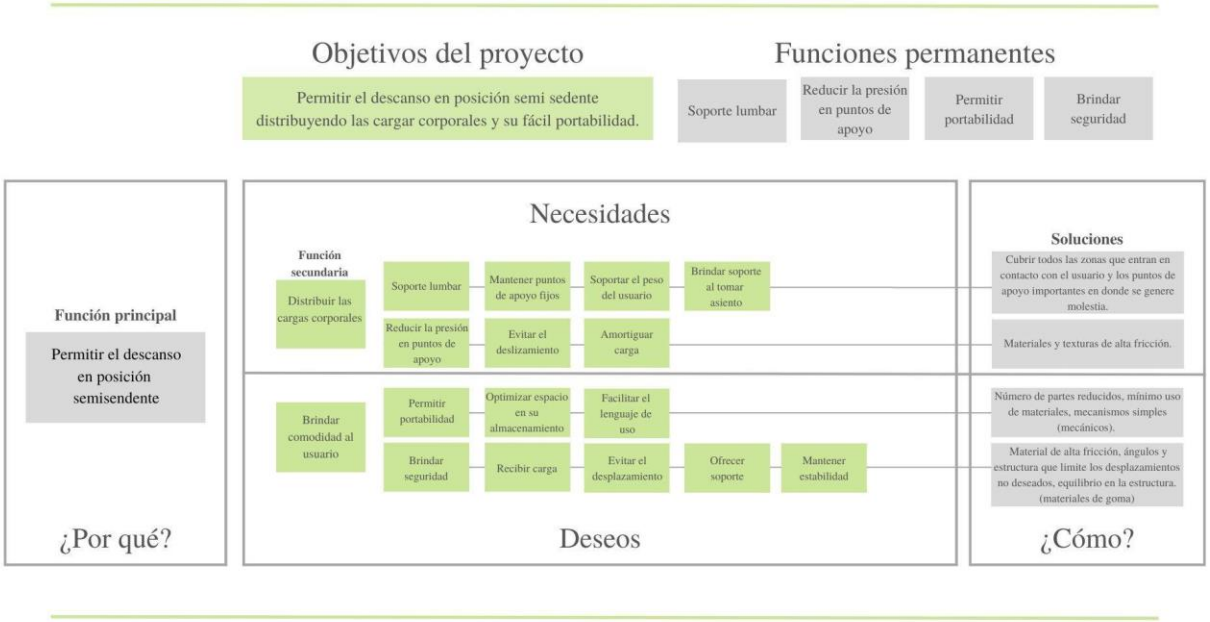


Fuente: Elaboración propia.

6.2.2 Diagrama FAST

Por medio de este método se analizaron y organizaron las funciones para el artefacto de apoyo isquiático, relacionando las funciones con una pieza del sistema técnico.

Figura 13. Diagrama Fast.



Fuente: Elaboración propia.

6.2.3 Requerimientos y parámetros de diseño

Se determinan los criterios que se van a tener en cuenta para la ideación del producto en cuestión, traduciendo los deseos del cliente en criterios de funcionalidad, estructurales, de uso y estética.

Tabla 2. Requerimientos y parámetros de diseño.

TIPO	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	VALOR ACEPTADO	TEST
USO	SEGURIDAD	Componentes que no presenten aristas vivas	Número de aristas	0	Contar número de aristas por medio de la observación
	SEGURIDAD	Componente que eviten el deslizamiento del producto	Tapones, Gomas, Almohadilla de fieltros	Cumple	Por medio de la observación
	SEGURIDAD	Las cargas soportadas sean distribuidas en la estructura	Kilogramos	Máximo 70 kg	Por medio de la observación

	ERGONOMÍA	El producto pueda ser transportado por una persona (mano, hombros)	Peso	Máximo 8 kg	Peso total del producto
	TRANSPORTE	Adaptable a diferentes superficies.	Cerámica, madera, cemento y tierra	Mínimo 2	Test de usabilidad
	MANIPULACIÓN	Cantidad de pasos necesarios para la construcción del producto	Número de pasos	Máximo 5	Test de usabilidad
	ALMACENAMIENTO	La estructura del producto sea auto contenible	Centímetros cúbicos	Máximo 30000 cm3	Medición de producto en estado desarticulado
	MANTENIMIENTO	Resistente a la humedad	Permeabilidad	Cumple	Elección del material (Propiedades Físicas)
FUNCIÓN	MECANISMOS	Mecanismos simples para la construcción de la estructura	Bisagras, ensamblajes, tornillos, estructura plegable	Mínimo 1	Por medio de la observación
	CONFIABILIDAD	Estructura brinda sensación de seguridad en el uso	SI o NO	SI	Encuesta al Usuario
	RESISTENCIAS	Resistencia a la compresión por peso corporal	Kilogramo	Máximo 70 kg	Por medio de la observación
ESTRUCTURALES	NÚMERO DE COMPONENTES	Número de piezas del producto	Cantidad	Máximo 10 piezas	Contar número de piezas en el producto
	UNIONES	Sistema de integración de las piezas del producto	ensamblaje	cumple	Por medio de la observación
FORMAL	APARIENCIA Y ESTÉTICA	Gama de colores unisex	Cumple/No cumple	Cumple	Encuesta al usuario
	SUPERFICIES	Percepción por la imagen de su carcasa	Agradable, neutro, desagradable	Agradable	Encuesta al usuario

Fuente: Elaboración propia.

7. Verificaciones

7.3 Etapa de creatividad

7.3.1 Modelo KANO

Por medio de la aplicación de una encuesta a 30 posibles usuarios en donde se tuvo en cuenta los requerimientos determinados (ver tabla 2), se identificó cuáles eran las mayores

necesidades de los usuarios para la problemática, relacionando los atributos del producto y la satisfacción del usuario frente a este. Con base en 6 tipos de rasgos: indispensable, atractivo, requerido, indiferente, cuestionable e inconsistente, los resultados obtenidos se plasmaron en la siguiente tabla:

Tabla 3. Atributos estudiados en el proyecto con sus resultados, con base en la herramienta del Modelo KANO. Encuesta realizada el día 31 de mayo de 2022.

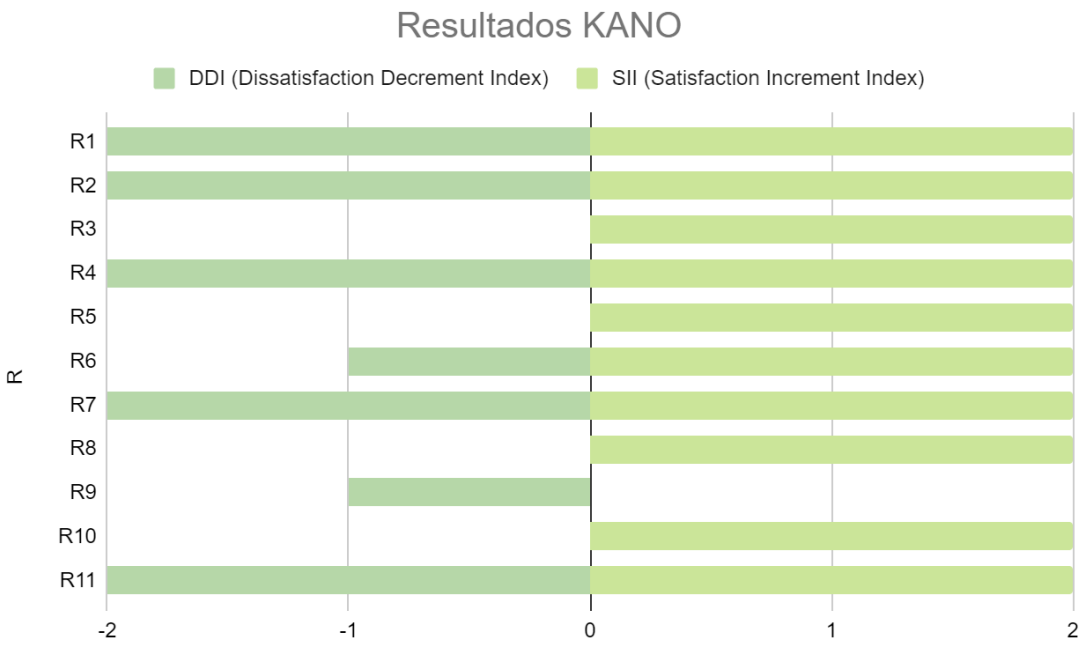
Requerimientos	R	DDI (Dissatisfaction Decrement Index)	SII (Satisfaction Increment Index)	Tipología (MOAI Högstrom Matrix)
Plegable	R1	-2	2	Indispensable
Transportable con una sola mano o la espalda	R2	-2	2	Indispensable
Auto contenible	R3	0	2	Atractivo
Resistencia al peso de una persona	R4	-2	2	Indispensable
Adaptable a diferentes superficies	R5	0	2	Atractivo
Resistente a la humedad	R6	-1	2	Atractivo
Pocos pasos para el uso	R7	-2	2	Indispensable
Diseño en diferentes colores	R8	0	2	Atractivo
Pocas piezas para la construcción	R9	-1	0	Indiferente
Con asiento basculante	R10	0	2	Atractivo
Altura graduable	R11	-2	2	Indispensable

Me gusta	2
Es algo básico	1
Me da igual	0
No me gusta, pero lo tolero	-1
No me gusta y no lo tolero	-2

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo, a lo plasmado en la anterior tabla se encontró que 6 requerimientos son indispensables en los atributos del producto y 5 requerimientos son atractivos. Los requerimientos indispensables corresponden a que el artefacto sea plegable, pueda ser transportado por una sola mano o en la espalda, que sea resistente al peso de una persona, que tenga pocos pasos para hacer uso y por último que la altura pueda ser graduable (ver tabla 3).

Figura 14. Resultados modelo KANO.



Fuente: Elaboración propia.

7.3.1 Diagrama morfológico

Una vez se identificó la función principal y las funciones secundarias, por medio del diagrama morfológico se relacionaron las partes con las funciones. Esto permitió realizar diferentes combinaciones y posibilidades para el diseño del producto (ver figura 15). Las diferentes posibilidades fueron plasmadas en la siguiente figura:

Figura 15. Diagrama morfológico.

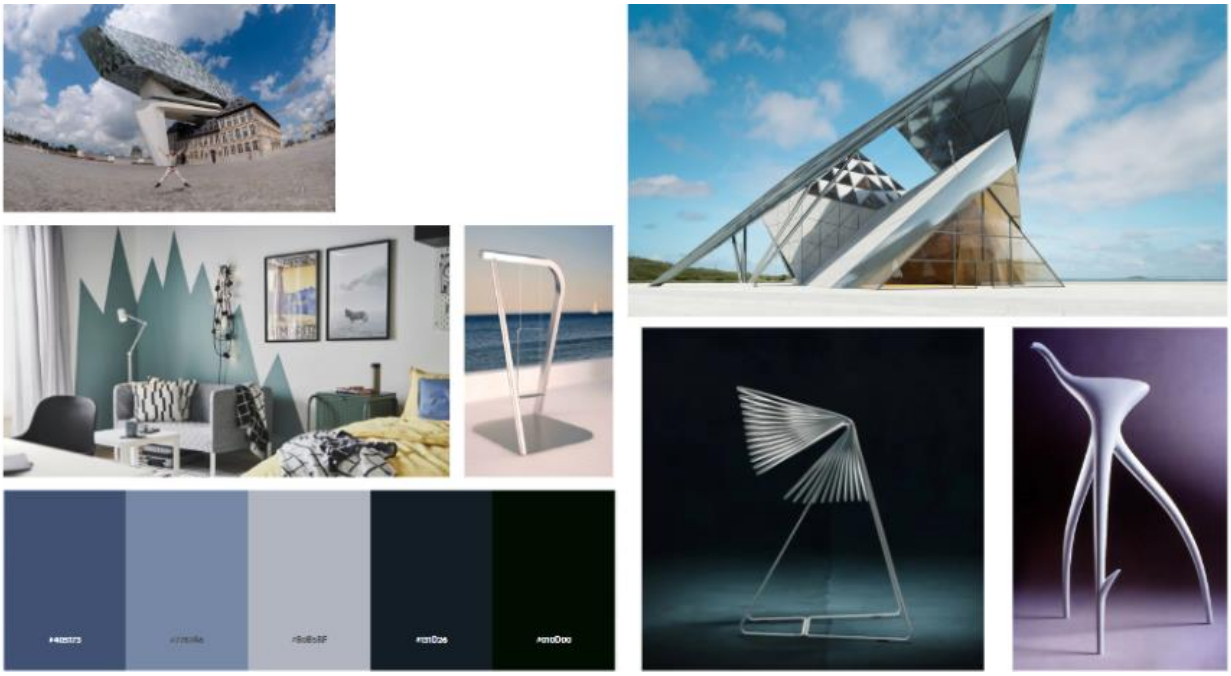
Fuente: Elaboración propia.

Las formas que se identificaron para dar solución al soporte lumbar son las circulares, ovaladas, cuadradas o las barras, que permite desarrollarse en materiales como polímeros, madera, tela y aluminio para brindar comodidad al usuario objetivo. También, se identificaron los sistemas para plegado más comunes facilitando la portabilidad del producto como lo son las bisagras, el sistema de telescopio y el trípode. Estas posibilidades permitieron realizar diferentes combinaciones de diseño representadas en los bocetos (ver tabla 4), teniendo en cuenta los requerimientos de diseño señalados como indispensables (ver tabla 3).

7.3.2 Mood board

Se elaboró una representación visual de la inspiración formal para la construcción de las alternativas y los prototipos funcionales, con el objetivo de plasmar una idea general como herramienta creativa para el desarrollo de bocetos.

Figura 16. Estructura y forma.



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la información que se encontró en la lista de deseos (ver tabla 1) y el Modelo KANO (ver tabla 3). Se construyó la representación visual plasmada en el Mood board (ver figura 17), en donde se quisieron representar los atributos de equilibrio, seguridad, sencillez, adaptabilidad y comodidad que describen a los requerimientos indispensables para los usuarios objetivos y presenta una idea de lo que se desea proyectar. Estos atributos se representaron a través de los colores, la estructura de los productos, los entornos y la geometría triangular de la arquitectura.

7.3.3 Bocetos

Una vez identificadas las posibles soluciones a cada pieza, y de tener la imagen que se desea proyectar del producto, se desarrollaron las primeras alternativas de diseño para la propuesta del apoyo isquiático portable a partir de la elaboración de bocetos que fueron plasmados en la siguiente tabla:

Tabla 4. Alternativas de diseño primera fase.

ALTERNATIVA #1	ALTERNATIVA #2	ALTERNATIVA #3	ALTERNATIVA #4
ALTERNATIVA #5	**ALTERNATIVA #6**	**ALTERNATIVA #7**	**ALTERNATIVA #8**
ALTERNATIVA #9	**ALTERNATIVA #10**	**ALTERNATIVA #11**	

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de una lluvia de ideas, se comenzó el proceso de bocetación representando diferentes mecanismos de plegado, estructuras para el asiento y sistemas para el transporte, teniendo en cuenta el diagrama morfológico (ver figura 15).

7.3.4 Matriz Pugh

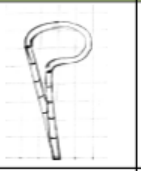
Por medio de esta matriz se seleccionó la mejor alternativa de diseño utilizando de manera conjunta todos los posibles criterios de evaluación implicados. Se consideraron los requerimientos y parámetros de diseño, a los cuales se les asigna un valor de importancia relativa. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Evaluación de alternativas a través de la matriz Pugh, de acuerdo a los requerimientos indispensables y atractivos señalados en el diagrama morfológico (ver figura 16).

	Producto Existente		ALTERNATIVAS				
		IMPORTANCIA	ALTERNATIVA N°1	ALTERNATIVA N°2	ALTERNATIVA N°3	ALTERNATIVA N°4	ALTERNATIVA N°5
CRITERIOS	Lenguaje de uso intuitivo	3	1	1	-1	0	1
	El producto pueda ser transportado por una persona	3	-1	0	-1	1	-1
	Adaptable a diferentes superficies	2	0	0	0	1	-1
	Poca cantidad de pasos necesarios para la construccion del producto	3	0	-1	-1	-1	-1
	Maximo 10 piezas que lo compongan	1	0	0	-1	0	1
	Sistema simple de integracion de piezas	2	1	1	1	1	1
	Estructura brinda sensacion de seguridad	2	1	1	-1	0	-1

Aplicando el peso a cada criterio:

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5	ALTERNATIVA 6
Lenguaje de uso intuitivo	3	3	-3	0	3	0
El producto pueda ser transportado por una persona	-3	0	-3	3	-3	3
Adaptable a diferentes superficies	0	0	0	2	-2	2
Poca cantidad de pasos necesarios para la construccion del producto	0	-3	-3	-3	-3	3
Maximo 10 piezas que lo compongan	0	0	-1	0	1	1
Sistema simple de integracion de piezas	2	2	2	2	2	2
Estructura brinda sensacion de seguridad	2	2	-2	0	-2	0
SUMA PONDERADA	4	4	-10	4	-4	11

ALTERNATIVAS					
ALTERNATIVA N°6 	ALTERNATIVA N°7	ALTERNATIVA N°8	ALTERNATIVA N°9	ALTERNATIVA N°10	ALTERNATIVA N°11
0	-1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1
1	0	1	-1	0	-1
1	-1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1
1	-1	0	1	1	1
0	1	0	0	1	-1

ALTERNATIVA 7	ALTERNATIVA 8	ALTERNATIVA 9	ALTERNATIVA 10	ALTERNATIVA 11
-3	3	0	3	3
0	3	0	3	3
0	2	-2	0	-3
-3	3	3	3	3
0	1	1	1	1
-2	0	2	2	2
2	0	0	2	-2
-6	12	4	14	7

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta, un producto existente en el mercado, se comparó el lenguaje de uso intuitivo, el sistema de transporte, adaptabilidad a diferentes superficies, la poca cantidad de pasos para la construcción, la cantidad de piezas, el sistema simple de integración de piezas y una estructura que brinde sensación de seguridad de las 11 alternativas propuestas. Se encontró que las alternativas 8 y 10 son las más óptimas ya que presentan una estructura aparentemente de fácil transporte, poco peso y pocas piezas. Por lo cual, a partir de las mismas se desarrollaron una serie de prototipos rápidos para determinar los sistemas adecuados para la construcción de forma tangible (ver tabla 5).

7.3.5 Prototipos rápidos

Por medio de la elaboración de los prototipos rápidos se permitió una primera interacción con posibles usuarios presentar la idea del funcionamiento de cada una de las alternativas planteadas observadas a continuación:

Tabla 6. Prototipos rápidos primera fase, construidos a escala 1:4 con materiales de papelería, para la verificación formal de la alternativa.

Prototipo Rápido N°1	Prototipo Rápido N°2	Prototipo Rápido N°3	Prototipo Rápido N°4
Prototipo Rápido N°5	**Prototipo Rápido N°6**	**Prototipo Rápido N°7**	**Prototipo Rápido N°8**

Fuente: Elaboración propia.

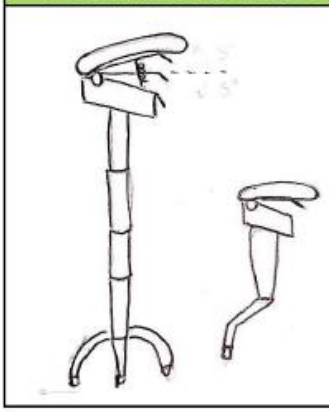
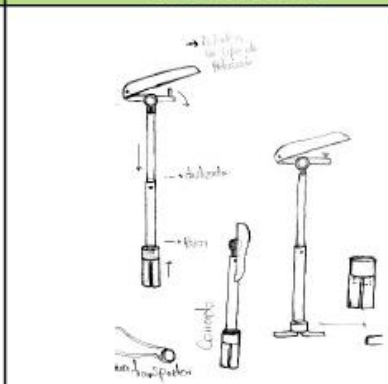
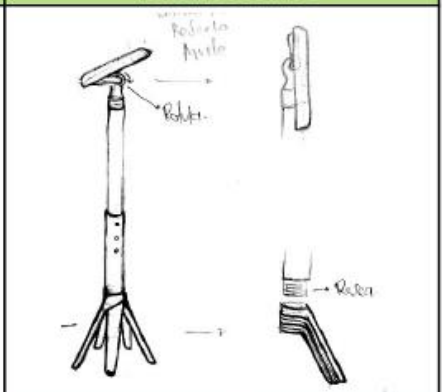
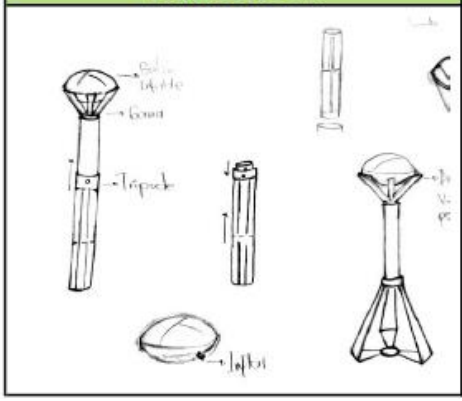
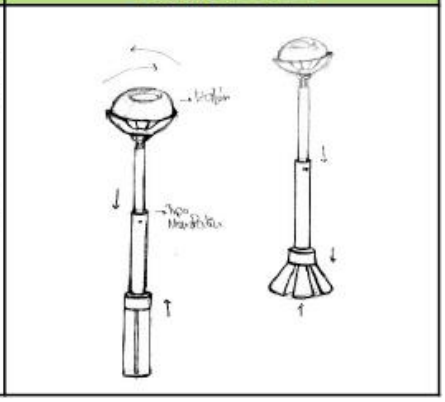
Teniendo en cuenta las ventajas de los materiales en que fueron elaborados los prototipos rápidos, fue posible indicar a los 8 participantes con los que se realizó el taller de cocreación el día 15 de junio de 2022, a qué tipo de sistema correspondían bisagras, ensambles, cuáles eran las piezas auto contenibles, qué piezas quedaban sueltas y cuál era la forma de almacenar cada prototipo.

En los talleres de cocreación desarrollados, se reafirmaron los requerimientos y necesidades indispensables por los usuarios. Todo esto condensado a través de una propuesta que permita dar solución a la problemática. Se plantearon sistemas como hamacas, las estructuras de las carpas de camping, telescopio, sombrilla, origami, además, manifestaron la importancia del peso y el espacio que el artefacto ocupará a la hora de ser transportado.

7.3.6 Prototipos funcionales

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la matriz Pugh y el taller de cocreación, se desarrollaron variaciones a las alternativas con mayor puntaje y consideradas las más óptimas. Dichas variaciones van dirigidas hacia el sistema de despliegue de la base, el sistema de basculación y la forma del asiento, teniendo en cuenta que se determinó una base de tres apoyos como la más óptima para el desarrollo. Las evoluciones se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 7. Evolución de las alternativas de diseño.

ALTERNATIVA FINAL	VARIACIÓN #1	VARIACIÓN #2
		
	VARIACIÓN #3	**VARIACIÓN #4**
		

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la evolución de los bocetos de las alternativas se construyó un prototipo funcional a escala, con el cual se realizó una prueba de verificación con usuarios objetivo, que permitió identificar la satisfacción que tuvieron con dicho prototipo una vez interactuaron en

términos de los atributos funcionales y formales, y como resultado se obtuvieron las siguientes observaciones (ver figura 17).

Figura 17. Verificación, prototipo rápido funcional, malla receptora.

1 **Ventajas**
Mecanismos sencillos e intuitivos para los usuarios.
Altura graduable, adaptable a diferentes caracteristicas antropometricas de los usuarios.

2 **Mejoras**
Forma del asiento y tamaño, ajustado la percepción de estabilidad del prototipo.
Base con mayos estabilidad, ampliando el área de contacto con la superficie.

3 **Nuevas ideas**
Sistema para el transporte del prototipo.
Sistemas para plegar el prototipo.
Material para la construcción del asiento que reduzca el peso en la pieza.

3 **Pregntas a resolver**
¿Qué materiales son los mas optimos para que el artefacto sea liviano al transporte y resistente al uso?
¿Cuál es el costo del producto?

Fuente: Elaboración propia.

Para la verificación del prototipo rápido funcional propuesto, se aplicó una encuesta de percepción a 4 mujeres y 7 hombres usuarios objetivo que interactuaron con el prototipo, los participantes se encontraban en el rango de altura entre 1,55 cm y 1,87 cm (ver material fotográfico en el apéndice A).

Las personas encuestadas manifestaron un fácil entendimiento del prototipo, aprobación hacia el mecanismo de graduación de altura y el sistema de tres puntos de apoyo en la base, además, consideraron que hay un mayor descanso al apoyarse en postura semisedente.

Entre las recomendaciones de mejora, los participantes sugirieron ampliar el diámetro de la base para una mayor estabilidad, variar el ángulo del sillín y también las dimensiones de este para una mayor comodidad y un sistema de plegado para el transporte del artefacto.

7.3.7 Análisis de valor

A partir de la verificación mostrada anteriormente y teniendo en cuenta las recomendaciones de los participantes encuestados, se realizó la construcción del prototipo funcional real para las respectivas pruebas de validación.

Primeramente, se realizó el análisis de valor con el objetivo de revisar el mínimo coste de las diferentes partes del prototipo real cumpliendo con todas las funciones que el usuario desea y los requerimientos indispensables, la información analizada fue recopilada en las siguientes tablas:

Figura 18. Partes del prototipo real y la respectiva función que cumple cada una.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de una encuesta de atributos funcionales que se realizó a 30 usuarios objetivo (ver formato de encuesta de atributos funcionales en el apéndice B), que relacionaron directamente los atributos con las diferentes funciones. Se encontró el grado de importancia por función que cumple cada parte del prototipo, determinando que, ocupar poco espacio, mantener estabilidad, ser resistente, ser cómoda y poder graduar la altura, son los atributos de mayor importancia para los usuarios. Luego, se relacionó el porcentaje con que cada parte del prototipo influyó en cada atributo. Por último, el costo de cada parte del prototipo y el respectivo porcentaje en cada atributo, dando como resultado los costos por función.

Tabla 8. Análisis de valor, costo por función.

Grado de importancia		ASIENTO	BRAZOS	RESORTES	PERILLA	MANIJA	EJE FIJO	EJE MÓVIL	PATAS	TORNILLOS	Costos por funciones (miles)
Medio	Permitir basculación del asiento		50%(1)	70%(16.8)						10%(0.2)	18
Alto	Ocupar poco espacio	30%(9)							30%(2.4)		11.4
Alto	Mantener estabilidad			30%(7.2)	30%(1.5)		45%(5.4)	20%(2.4)	30%(2.4)	30%(0.6)	19.5
Alto	Ser resistente		50%(1)							20%(0.4)	1.4
Alto	Ser cómoda	50%(15)									15
Medio	Ser transportable					70%(1.4)					1.4
Alto	Graduable de altura				50%(2.5)		35%(4.2)	40%(4.8)			11.5
Medio	Ser plegable							30%(3.6)	20%(1.6)	20%(0.4)	5.6
Bajo	Ser ligera visualmente	20%(6)									6
Medio	Mecanismos fáciles de percibir				20%(1)	30%(0.6)	20%(2.4)	10%(1.2)	20%(1.6)	20%(0.4)	7.2
		30	2	24	5	2	12	12	8	2	97

Fuente: Elaboración propia.

Luego de que se determinarán los costos por funciones, estas mismas funciones se clasificaron en 4 tipos, técnicas, de seguridad, de uso y de imagen.

Tabla 9. Análisis de valor, costo total.

Grado de importancia		ASIENTO	BRAZOS	RESORTES	PERILLA	MANIJA	EJE FIJO	EJE MÓVIL	PATAS	TORNILLOS	COSTOS POR FUNCIONES (miles)	COSTO TOTAL
Medio	Permitir basculación del asiento		50%(1)	70%(16.8)						10%(0.2)	18	TÉCNICAS 29.4
Alto	Ocupar poco espacio	30%(9)							30%(2.4)		11.4	
Alto	Mantener estabilidad			30%(7.2)	30%(1.5)		45%(5.4)	20%(2.4)	30%(2.4)	30%(0.6)	19.5	SEGURIDAD 20.9
Alto	Ser resistente		50%(1)							20%(0.4)	1.4	
Alto	Ser cómoda	50%(15)									15	USO 33.5
Medio	Ser transportable					70%(1.4)					1.4	
Alto	Graduable de altura				50%(2.5)		35%(4.2)	40%(4.8)			11.5	
Medio	Ser plegable							30%(3.6)	20%(1.6)	20%(0.4)	5.6	
Bajo	Ser ligera visualmente	20%(6)									6	IMAGEN 13.2
Medio	Mecanismos fáciles de percibir				20%(1)	30%(0.6)	20%(2.4)	10%(1.2)	20%(1.6)	20%(0.4)	7.2	
		30	2	24	5	2	12	12	8	2	97	

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar los resultados se concluyó que las funciones que se deben priorizar para el desarrollo del producto se encuentran en la interacción con el usuario, es decir, las de uso ya que las funciones que resultaron ser más importantes y de mayor coste son, ser cómoda, ser transportable y ser plegable; Sin embargo, las demás funciones también cuentan con un grado de importancia que se debe tener en cuenta para el desarrollo del producto.

8. Construcción

8.1 Modelado CAD

La etapa de construcción del prototipo funcional, comenzó con el modelado CAD en la herramienta SolidWorks. A partir de este, se obtuvieron los planos técnicos y los respectivos renders. El prototipo funcional correspondió al utilizado para las validaciones con usuarios.

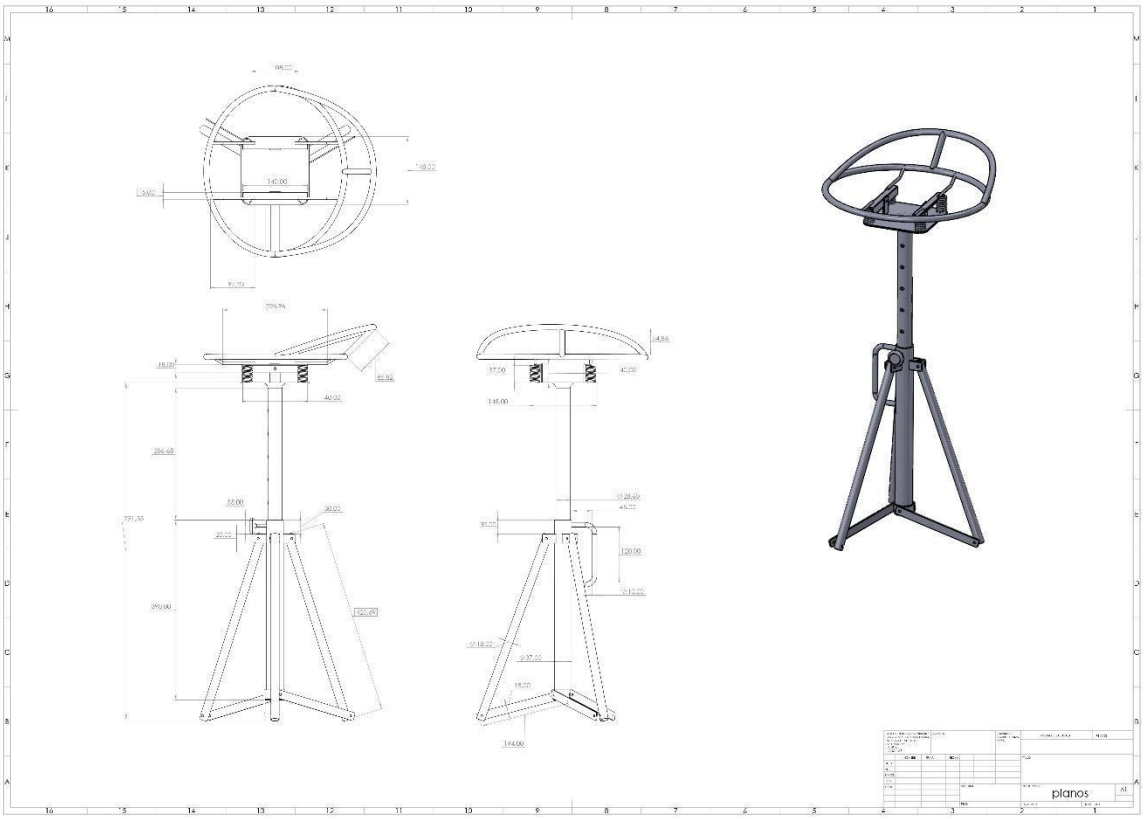
8.2 Renders

Figura 19. Renders prototipo funcional, artefacto de apoyo isquiático portable.

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Planos técnicos

Figura 20. Planos técnicos del prototipo funcional del apoyo isquiático portable, construido para la validación.



Fuente: Elaboración propia.

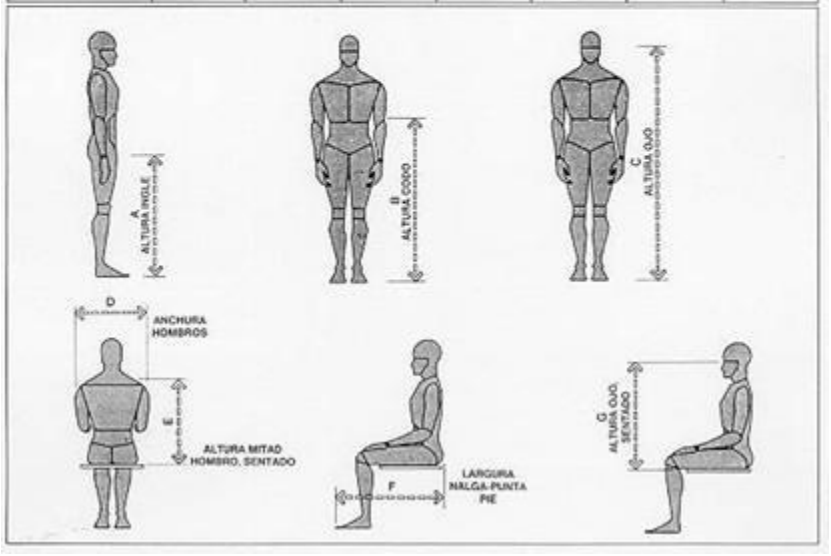
Una vez definidas las medidas y la estructura se llevó a cabo la construcción del prototipo funcional utilizado en las validaciones. Este prototipo fue construido en hierro para una mayor resistencia y estabilidad, su ensamblaje fue por medio de soldadura y pasadores. El asiento se fabricó a través de tubos de hierro doblado y luego se recubrió con un tejido de mimbre plástico para una mayor comodidad y reducir el peso. El sistema basculante se aplicó por medio de 4 resortes ubicados debajo del asiento. Por otro lado, la graduación de la altura se ejerce por medio una perilla en rosca, su peso total fue de 3,5 Kg. A continuación, se explican con mayor detalle los diferentes mecanismos utilizados en el prototipo.

De acuerdo con los percentiles 5 y 95 de las dimensiones estructurales del cuerpo que corresponden a la medida de la altura de la ingle, se promediaron las medidas respectivamente para determinar la altura mínima y la altura máxima para la construcción del producto. Las medidas correspondieron a 70 centímetros para la altura mínima y 90 centímetros para la altura máxima.

Figura 21. Dimensiones estructurales del cuerpo de hombres y mujeres adultos, percentiles 5 y 95.

DIMENSIONES ESTRUCTURALES DEL CUERPO DE HOMBRES Y MUJERES ADULTOS, EN PULGADAS Y CENTIMETROS, SEGUN EDAD, SEXO Y SELECCION DE PERCENTILES

		A		B		C		D		E		F		G	
		pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.	cm
95	HOMBRES	36.2	91,9	47.3	120,1	68.6	174,2	20.7	52,6	27.3	69,3	37.0	94,0	33.9	86,1
	MUJERES	32.0	81,3	43.6	110,7	64.1	162,8	17.0	43,2	24.6	62,5	37.0	94,0	31.7	80,5
5	HOMBRES	30.8	78,2	41.3	104,9	60.8	154,4	17.4	42,2	23.7	60,2	32.0	81,3	30.0	76,2
	MUJERES	26.8	68,1	38.6	98,0	56.3	143,0	14.9	37,8	21.2	53,8	27.0	68,6	28.1	71,4



Fuente: NTP 226; Mandos: Ergonomía de diseño y accesibilidad

https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_226.pdf/b762a795-e5d7-4eaa-9b7f-ad23f2f187cb?version=1.0&t=1614698421331

8.4 Mecanismos

8.4.1 Sistema de trípode

La investigación de posibles mecanismos identificó al trípode como el mecanismo que proporciona mayor seguridad a la base del artefacto. El trípode se encuentra definido como un artefacto de tres patas que permite estabilizar un objeto y evitar el movimiento propio de éste. La principal ventaja del uso de tres patas es que, independientemente de su construcción y la superficie de apoyo, todas sus patas siempre se apoyan haciendo los sumamente estables y adaptables a cualquier terreno, otorgándoles transportabilidad.

8.4.2 Bisagras

El mecanismo de trípode comprende además un elemento limitador plegable de tres brazos abisagrados acoplados a sus patas para impedir el desplegado excesivo. Este mecanismo de bisagra permite un fácil pliegue y despliegue por medio de un movimiento lineal en el eje principal sin la necesidad de aflojar manualmente cada pata por separado, y, además, plegarlas al momento de transportar el artefacto.

8.4.3 Resortes

Para este proyecto se aplicó un sistema de basculación cuyo fin fue lograr un apoyo dinámico que disminuya la cantidad de macro reposicionamiento y sensación de incomodidad al momento en el que el usuario se apoya en el artefacto, para ello, se hizo uso de resortes con el objetivo de amortiguar las cargas externas y ofrecer resistencia a las cargas corporales de quien usa el producto, retornando la carga corporal en forma de energía.

8.4.4 Empuñadura o manija

La manija es un mecanismo de transporte cómodo y de fácil entendimiento que da soporte y permite repartir mejor la carga de artefacto.

8.5 Presupuesto

Tabla 10. Presupuesto prototipo funcional de validación.

PROYECTO					
ARTEFACTO DE APOYO ISQUIÁTICO					
ÍTEM	**DESCRIPCIÓN**	**UND**	**CANTIDAD**	**VR. UNITARIO**	**VR. PARCIAL**
1	**MANO DE OBRA**				
1,1	Profesional producción	DÍA	0,5	$ 100.000,00	$ 50.000,00
1,2	Tejedor	DÍA	0,25	$ 157.120,00	$ 39.280,00
1				**SUBTOTAL**	**$ 89.280,00**
2	**MATERIALES**				
2,1	Tubería 1 1/2”	M	0,4	$ 15.000	$ 6.000,00
2,2	Tubería 3/4”	M	1,3	$ 6.154	$ 8.000,20
2,3	Tubería 1 1/4”	M	0,4	$ 12.500	$ 5.000,00
2,4	Resortes	UND	4	$ 6.000	$ 24.000,00
2,5	Lámina cal 2mm	M2	0,0225	$ 666.666	$ 14.999,99
2,6	Tornillos	UND	8	$ 375	$ 3.000,00
2,7	Mimbre plástico	M	2	$ 360	$ 720,00
2				**SUBTOTAL**	**$ 61.720,19**
				TOTAL, COSTO DIRECTO	**$ 151.000,19**
				Administración 2%	$ 3.020,00
				Imprevistos 5%	$ 7.550,01
				SUBTOTAL	**$ 161.570,20**

Fuente: Elaboración propia.

9. Validaciones

Para la etapa de validación del proyecto de grado titulado “Artefacto de apoyo isquiático portable para posturas de pie en tiempos prolongados”, se propuso una evaluación a través de métodos no invasivos de tipo auto reporte, por medio de la escala de Borg que evaluará el esfuerzo percibido por cada uno de los usuarios; el método CSAT para medir la satisfacción de los usuarios

después de la interacción con el producto y la metodología NPS para medir la satisfacción del usuario y determinar si recomiendan el producto.

La investigación se estructuró siguiendo un esquema cuasi experimental con la profundidad del conocimiento en nivel aplicativo, transversal y prospectivo que evalúa el éxito de innovación y desarrollo tecnológico. Las pruebas se realizaron controlando varios factores por parte de los investigadores con la posibilidad de aportar datos al usuario durante la prueba.

9.1 Diseño de estudio

9.1.1 Factores de entrada

9.1.2 Variable independiente. Prototipo funcional del apoyo isquiático portable.

Con base a la información analizada anteriormente, se diseñó y desarrolló el prototipo final. La figura 22 muestra el prototipo funcional con el cual se llevaron a cabo las pruebas de validación.

Figura 22. Prototipo funcional del artefacto de apoyo isquiático portable.

Fuente: Elaboración propia.

9.1.2.1 Tarea. La tarea a evaluar consistió en apoyar la carga corporal de cada participante sobre el apoyo isquiático. El tiempo específico determinado por la literatura para que el uso de un asiento sea familiar es en promedio de 5 minutos (J.E. Fernandez & M.F. Poonawala, 1998). Por tanto, el participante estuvo más de 10 minutos en postura de bipedestación, tiempo que se determinó a través de una prueba piloto de observación realizada en entornos en donde se evidenció la problemática estudiada, y luego, se le solicitó sentarse por 10 minutos. El usuario interactuó con el prototipo funcional del apoyo isquiático diseñado por el grupo de trabajo para llevar a cabo la prueba. Posteriormente, respondieron la encuesta planteada por las investigadoras para identificar el esfuerzo percibido y la satisfacción del usuario.

9.1.3 Unidad experimental

Se realizó la evaluación con 30 participantes, mujeres y hombres de nacionalidad colombiana entre los 20 y 40 años, que accedan a servicios en parques temáticos y conciertos (Basados en el documento Análisis de usuario Arquetipo, ver figuras 8 y 9). Además, de acuerdo a la literatura las personas mayores de 40 años por factores fisiológicos comienzan a experimentar malestares a nivel corporal de índole multifactorial, por tanto, no se consideró edades mayores porque podían generar sesgos en la medición.

Las pruebas se llevaron a cabo en la Universidad Industrial de Santander en el edificio de bienestar universitario. Se realizaron en las horas de almuerzo en el servicio de comedores estudiantil entre 11:30 de la mañana a 2:00 de la tarde y de 3:00 a 6:00 de la tarde. Los participantes fueron estudiantes que esperaban en fila durante aproximadamente 12 minutos. También, se llevaron a cabo pruebas en la escuela de música UIS y con personas que han experimentado la problemática (ver material fotográfico en el apéndice C).

Como criterios de inclusión, se estableció que los participantes debían poseer sus extremidades superiores e inferiores, ser capaces de mantener una posición de bipedestación sin ningún tipo de ayuda y no deben haber tenido intervenciones quirúrgicas que puedan interferir en la postura, ni molestias previas. Esto con el fin de reducir y evitar sesgos en la investigación.

9.1.4 Variables respuesta (Satisfacción)

Para la medición de esta variable se consideró los siguientes métodos, metodologías y escalas que permitieron a través de la percepción de los participantes en la interacción con el artefacto, determinar el cumplimiento del objetivo y la hipótesis planteada.

9.1.4.1 Escala de Borg (esfuerzo percibido por el usuario). Por medio del cual se evaluará el esfuerzo percibido experimentado durante la actividad dinámica antes de la interacción con el producto y después de la misma.

9.1.4.2 El método de CSAT (Costumer satisfaction score). A través del cual se medirá el nivel de satisfacción de los participantes una vez se haya interactuado con el producto.

9.1.4.3 La metodología de NPS (Net promoter score). Esté indicador permitirá determinar la satisfacción del participante sobre el producto y si lo recomendaría.

9.1.4.4 Mapa de molestias corporales COLETT y BISHOP. Método de inspección de las partes del cuerpo a través de un mapa corporal donde el usuario localiza el lugar exacto de las molestias. Se modificó para encontrar también la intensidad con base en la herramienta VAS.

9.1.5 Hipótesis

Los atributos funcionales del apoyo isquiático de la propuesta de diseño, reducen el esfuerzo percibido debido a la fatiga del cuerpo, cuando se mantiene en posturas de pie prolongadas.

9.1.6 Descripción de la prueba

Inicialmente, se realizó la presentación del proyecto a los participantes de manera individual y luego de leer el consentimiento informado cada participante aceptó y confirmó su participación en el proyecto.

Después se procedió a solicitarle a cada participante que se apoyaran en el prototipo funcional, mientras se conversaba con él acerca del conocimiento del producto que se diseñó, esto con el fin de que el participante tuviera la disposición de permanecer más de 10 minutos apoyado en el artefacto de apoyo isquiático. Consecutivamente, se le solicita resolver la encuesta de percepción indicando al participante que si presenta alguna duda puede realizar la consulta respectiva a cualquiera de las investigadoras. En paralelo, se realizó la toma de evidencia fotografía.

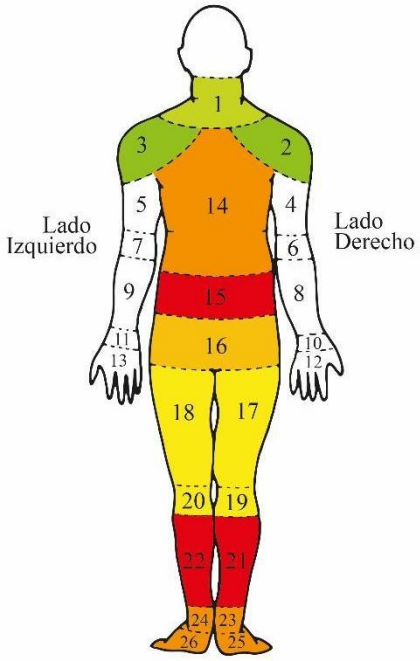
9.1.7 Resultados

Actividad de pie por 10 minutos

El análisis descriptivo de las molestias corporales percibidas por los participantes al permanecer de pie por un tiempo mayor a 10 minutos, muestra que la zona en promedio en la que los participantes percibieron molestias, son principalmente la región lumbar y las piernas, seguido por la región dorsal y los pies y, por último, la región de los glúteos, los muslos y las rodillas (ver figura 23).

En la figura 23 se muestran las zonas en las que mayor cantidad de participantes perciben malestar corporal.

Figura 23. Resultados de la encuesta de acuerdo a la percepción de molestia en el Mapa de molestias corporales COLETT y BISHOP cuando realizaban la actividad de estar de pie.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se evidencia el número de participantes que indicó respectivamente las zonas en las cuales sintió malestar luego de estar de pie por más de 10 minutos.

Tabla 11. Número de participantes que percibieron molestia corporal en cada una de las zonas del cuerpo. durante la actividad de estar de pie. N=30.

ZONAS	Número de participantes que percibieron molestia corporal
Región Lumbar	16
Piernas	13
Región Dorsal	9
Región de los glúteos	8
Pies	10
Muslos	7
Rodillas	7
Cuello	4
Hombros	1

Fuente: Elaboración propia.

Los participantes que sintieron un máximo esfuerzo al permanecer de pie fueron dos (2), 13 los participantes que lo consideraron un esfuerzo muy duro, 11 participantes un esfuerzo duro y finalmente 3 participantes un esfuerzo un poco duro (ver tabla 12).

Tabla 12. Esfuerzo y molestia percibida durante la actividad de esperar de pie.

	Mucha molestia	**Número de Participantes**
Esfuerzo máximo	10	2
Muy duro	9	4
	8	3
	7	6
Duro	6	5
	5	7
Un poco duro	4	3
Esfuerzo moderado	3	0
Suave	2	0
Esfuerzo muy suave	1	0
Reposo total	0	0
	Nada de molestia	

Fuente: Elaboración propia.

En promedio, los datos mostraron de acuerdo a la encuesta, que 27 de 30 participantes indicaron que cuando esperaron de pie por más de 10 minutos, experimentaron un esfuerzo entre duro y el máximo esfuerzo.

Actividad semisedente usando la propuesta de diseño

Se determinó el nivel de satisfacción que sintieron los 30 usuarios una vez interactuaron con el prototipo funcional. Las tablas siguientes muestran los resultados de acuerdo con la

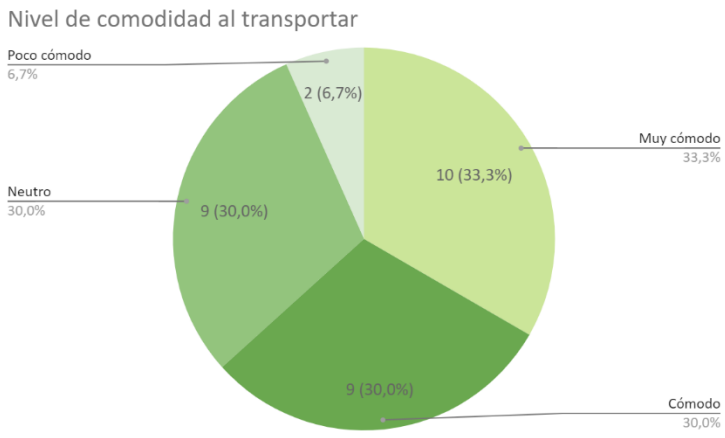
aplicación de una escala de diferencial semántico para evaluar cada uno de los requerimientos categorizados como indispensables para el usuario (Basado en el modelo KANO, ver tabla 3).

Tabla 13. Nivel de comodidad al transportar el prototipo funcional del apoyo isquiático portable.

Nivel de comodidad al transportar		Número de participantes
Muy cómodo	10	5
	9	5
cómodo	8	7
	7	2
neutro	6	3
	5	3
	4	3
Poco cómodo	3	1
	2	1
Muy poco cómodo	1	0
	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Nivel de comodidad al transportar el artefacto.



Como se muestra en la figura 24, 10 (33,3%) de los participantes consideraron que los atributos funcionales permitieron que el prototipo fuera muy cómodo al ser transportado, 9 (30%)

consideraron que era solo cómodo, otros 9 (33,3%) participantes indicaron que no era ni cómodo ni incómodo, 2 (6,7) participantes consideraron que el artefacto era poco cómodo de transportar. Las razones manifestadas se relacionan al hecho de no poderse plegar y que estorbaba al desplazamiento.

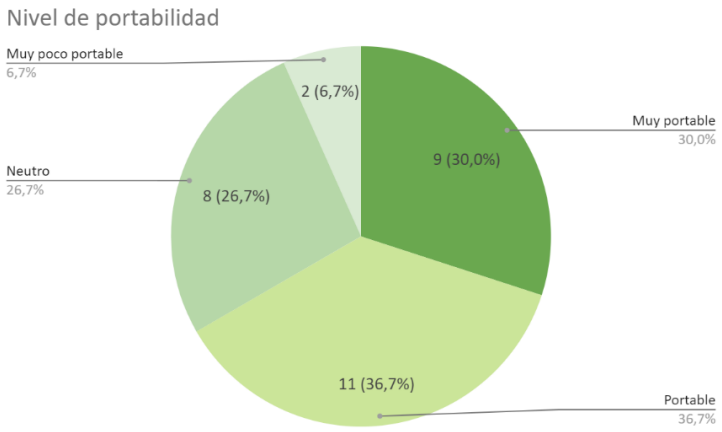
Así mismo, algunos participantes expresaron su incomodidad al transportar el artefacto al estar desplegado, por el desequilibrio en la distribución de las cargas.

Tabla 14. Nivel de portabilidad.

Nivel de portabilidad		Número de participantes
Muy portable	10	5
	9	4
Portable	8	6
	7	5
Neutro	6	2
	5	5
	4	1
Poco portable	3	0
	2	0
Muy poco portable	1	1
	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Nivel de portabilidad del artefacto.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la figura 25, la mayoría de los participantes consideraron que el prototipo era portable, es decir 11 (36,7%) de los participantes, 9 (30%) participantes indicaron que era muy portable, 8 (26,7 %) consideraron que no era portable pero tampoco poco portable, y finalmente hubo 2 (6,7%) que consideraron que el prototipo era muy poco portable, esto debido a la dimensión del asiento y la imposibilidad de plegar lo con respecto al resto de la estructura.

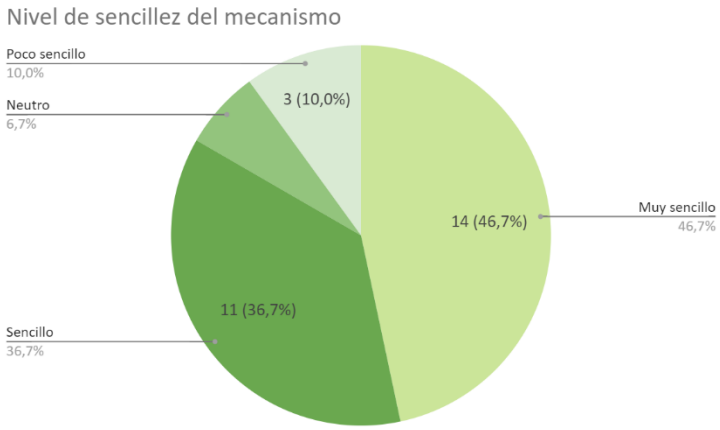
Tabla 15. Nivel de sencillez de los mecanismos del apoyo isquiático portable.

Nivel de sencillez de los mecanismos		Número de participantes
Muy sencillo	10	10
	9	4
Sencillo	8	5
	7	6
Neutro	6	1
	5	1
	4	0
Poco sencillo	3	3
	2	0
Muy poco sencillo	1	0

	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Nivel de sencillez de los mecanismos.



Fuente: Elaboración propia.

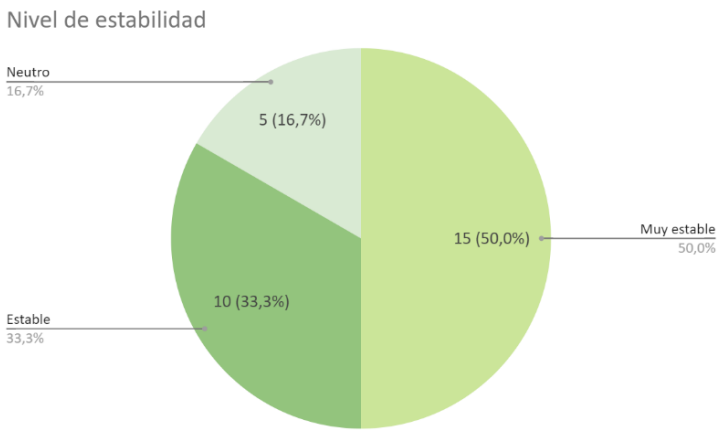
La figura 26, muestra que para 14 (46,7%) de los participantes los mecanismos eran muy sencillos y 11 (36,7%) consideraron que eran sencillos, durante la ejecución de la prueba. Algunos de los participantes mencionaron otros productos relacionando los mecanismos.

Tabla 16. Nivel de estabilidad.

Nivel de estabilidad		Número de participantes
Muy estable	10	10
	9	5
Estable	8	9
	7	1
Neutro	6	1
	5	3
	4	1
Poco estable	3	0
	2	0
Muy poco estable	1	0
	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Nivel de estabilidad del artefacto.



Fuente: Elaboración propia.

Frente al requerimiento de estabilidad, de acuerdo con la interacción de los usuarios con el prototipo y la información reflejada en la figura 27, se evidencia que los participantes de la validación tuvieron una respuesta positiva, indicando 15 (50%) de ellos que el artefacto era muy estable, 10 (33,3%) que es estable y 5 (16,7%) participantes consideraron que el prototipo no era estable ni inestable.

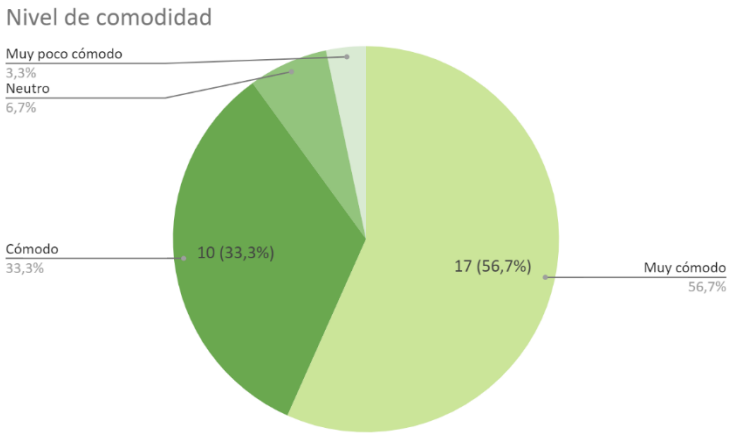
Tabla 17. Nivel de comodidad.

Nivel de comodidad		Número de participantes
Muy cómodo	10	12
	9	5
Cómodo	8	5
	7	5
Neutro	6	1
	5	0
	4	1
Poco cómodo	3	0
	2	0

Muy poco cómodo	1	1
	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Nivel de comodidad.



Fuente: Elaboración propia.

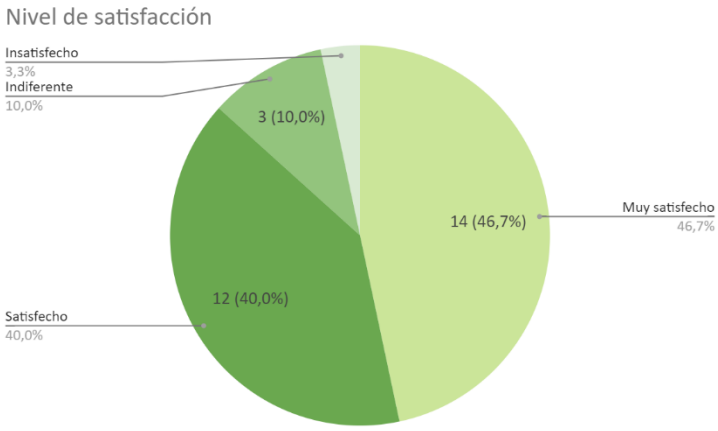
La figura 28 muestra que los participantes durante la prueba 27 de los 30 participantes, sintieron el prototipo funcional cómodo, de los cuales 17 (56,7%) indicaron que era muy cómodo y 10 (33,3%) que era cómodo.

Tabla 18. Nivel de satisfacción después de la interacción con el prototipo funcional.

Nivel de Satisfacción		Número de participantes
Muy satisfecho	10	9
	9	5
Satisfecho	8	7
	7	5
Indiferente	6	3
	5	0
	4	0
Insatisfecho	3	0
	2	1
Muy insatisfecho	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Nivel de satisfacción después de la interacción con el prototipo funcional.



Fuente: Elaboración propia.

De manera general, de acuerdo a los datos registrados por los participantes, 14 (46,7%) de los 30 participantes se sintieron muy satisfechos en la interacción con el prototipo formal y 12 (40%) participantes manifestaron sentirse satisfechos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se muestra en la siguiente tabla la probabilidad de recomendar a otras personas el artefacto de apoyo isquiático portable desarrollado según los participantes.

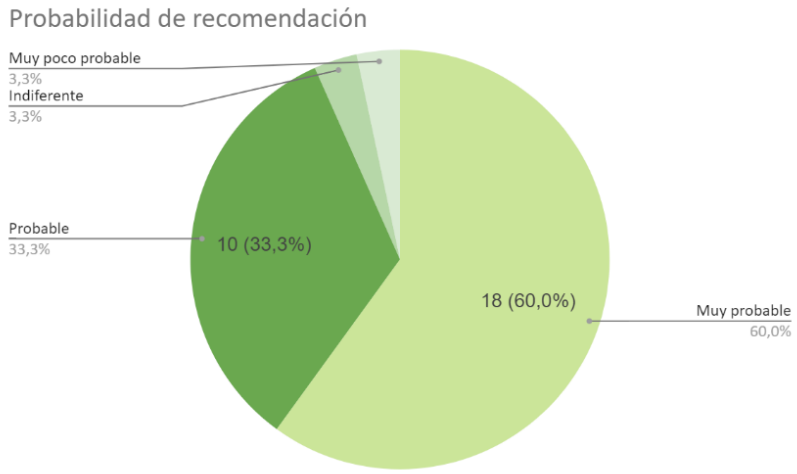
Tabla 19. Probabilidad de recomendación el prototipo funcional del artefacto de apoyo isquiático portable.

Probabilidad de recomendación		Número de participantes
Muy probable	10	15
	9	3
Probable	8	4
	7	6

Indiferente	6	0
	5	1
	4	0
Poco probable	3	0
	2	0
Muy poco probable	1	0
	0	1

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Probabilidad de recomendación.



Fuente: Elaboración propia.

Se logró determinar, que de las 30 personas que aceptaron participar en la prueba de validación, 18 (60%) de ellas es muy probable que lo recomienden a un amigo, familiar u otro adquirir el producto, y 10 (33,3%) personas es probable que lo recomienden.

En conclusión, el prototipo funcional desarrollado para la prueba de validación cumplió con los requerimientos indispensables para los usuarios y gracias a los atributos funcionales permitió reducir el esfuerzo percibido debido a la fatiga corporal que se genera cuando se mantiene posturas de pie prolongadas.

También, los participantes realizaron una serie de recomendaciones de acuerdo a la percepción del artefacto una vez interactuaron. Indicaron que el sistema para la graduación de la altura por características de construcción que corresponden a un sistema de tornillo, era incómodo y lastimaba las manos al girar para soltar. Así mismo, manifestaron que después de cierto tiempo la estructura del asiento tallaba y generaba molestia en la zona de los muslos.

El formato de la encuesta para las validaciones y el material fotográfico que se realizó como evidencia, se encuentra en el apéndice A, los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS.

10. Concepto final

A partir de las conclusiones obtenidas de las validaciones, se desarrolló una propuesta con coherencia formal que tenga en cuenta las mejoras del prototipo usado. Para este modelo se mantuvieron las medidas, los mecanismos y el concepto principal propuestos en el prototipo funcional, sin embargo, se varió en la forma del asiento para hacerlo mucho más cómodo, también, se propuso cambiar el material por un aluminio ya que este es mucho más ligero que el hierro y para las piezas de ensamblaje se propuso un polímero que encaje y no tenga fricción con el eje. De manera adicional, se agregó un mecanismo de plegado para el asiento haciendo el prototipo mucho más auto contenible.

10.1 Modelado CA, prototipo final

Figura 31. Prototipo final.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Asiento plegable de apoyo isquiático portable.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Estructura plegable artefacto de apoyo isquiático portable.

Fuente: Elaboración propia.

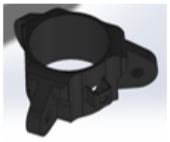
10.2 Ficha técnica

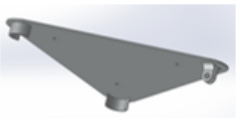
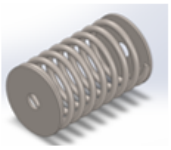
Figura 34. Ficha técnica artefacto de apoyo isquiático.

Fuente: Elaboración propia.

10.3 BOM prototipo final

Tabla 20. BOM prototipo final, prototipo de apariencia.

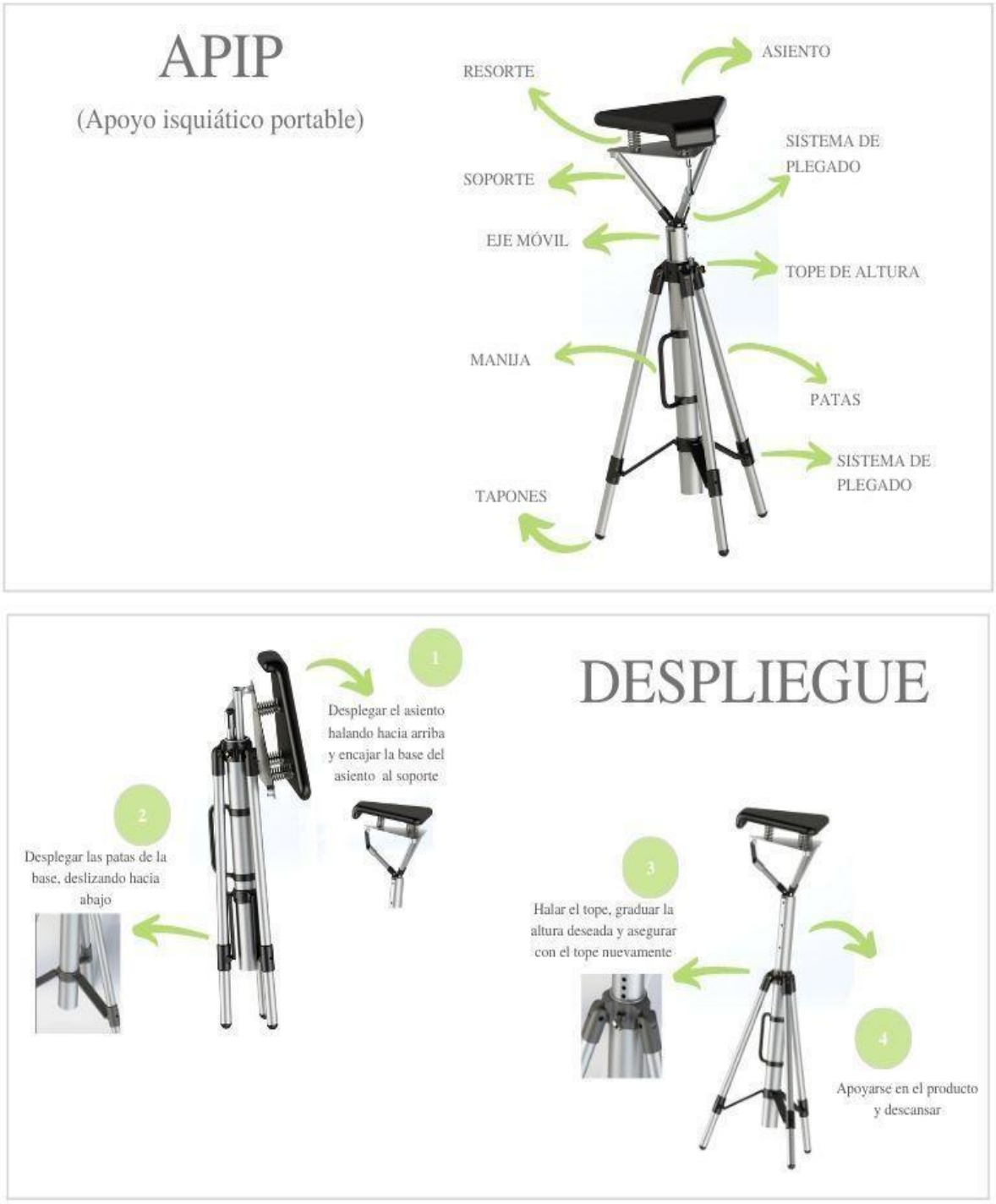
Cod	ÍTEM	IMAGEN	DIMENSIONES VOLUMEN (cm)	CANTIDAD (unidades)	MATERIAL	PROVEEDOR	COSTO TOTAL
1	ANCLAJE ASIENTO		8cm x 2cm x 0,3cm	1	Acero	Coldeaceros SA	$ 3.000,00
2	EJE MÓVIL		30cm x 3,1cm x 0,12cm	1	Aluminio 6061	Nacional de Aluminios Ltda.	$ 3.000,00
3	TENSOR DEL EJE CON LAS PATAS		44cm x 4cm x 0,4cm	1	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 1.000,00
4	PLATINA DE BISAGRA PATAS		15cm x 2cm x 0,2cm	3	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 2.100,00

5	DESLIZADOR		41cm x 3cm x 0,3cm	1	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 1.000,00
6	MANIJA		13cm x 5cm x 1,2cm	1	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 1.000,00
7	SOPORTE DE RESORTES		24 cm x 20cm x 1,4cm	1	Aluminio 6061	Nacional de Aluminios Ltda.	$ 5.000,00
8	BISAGRA PATAS		2cm x 4cm x 0,2cm	3	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 1.800,00
9	RESORTE		3,5cm x 2cm	3	Acero	Nacional de Resortes, Cauchos y Tornillos	$ 24.000,00
10	ASIENTO		24cm x 20cm x 2cm	1	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 8.000,00
11	TAPÓN		2cm x 2,2cm x 0,2cm	3	Goma	Nacional de Resortes, Cauchos y Tornillos	$ 2.100,00
12	BISAGRA CON EL DESLIZADOR		2,5cm x 4cm x 0,2cm	3	Polipropileno	Dimanplast - Piezas plásticas, moldes de inyección y soplado, mecanizado cnc.	$ 1.800,00
17	TOPE		5cm x 0,6cm	1	Acero	Nacional de Resortes, Cauchos y Tornillos	$ 5.000,00
						COSTO TOTAL	**$ 88.800,00**

Fuente: Elaboración propia.

10.4 Diagrama de uso

Figura 35. Diagrama de uso de APIP (Apoyo isquiático portable), prototipo de apariencia.



Fuente: Elaboración propia.

11. Conclusiones

En conclusión, de acuerdo a la documentación presentada en el desarrollo del proyecto, en las salidas de campo a entornos en los cuales las personas se ven inmersas en situaciones en las deben esperar de pie por tiempos prolongados, se identificó que las personas con el fin de reducir las cargas corporales y la fatiga muscular realizan acciones como la de recostar se en las paredes, apoyarse en el borde de las ventanas y estar constantemente cambiando de postura. A partir de esto, a través de la investigación de la literatura, se pudo evidenciar que existen pocas ofertas en el mercado que estudien el comportamiento de la postura semisedente como una respuesta para disminuir la mala higiene postural que tienen las personas. Las propuestas actuales presentan fallas en cuanto a la rigidez del asiento, limitantes de altura o mecanismos de alta complejidad. El análisis descriptivo de las respuestas corporales realizado en la investigación, muestra que las zonas en promedio en las que las personas perciben molestias son principalmente la región lumbar y las piernas, seguido por la región dorsal y los pies y, por último, la región de los glúteos, los muslos y las rodillas.

Se establece de acuerdo a la literatura, que la biomecánica de la postura sedente anterior permite una mejor distribución de las presiones del cuerpo sobre el asiento, considerada como la postura ideal porque requiere la menor cantidad de esfuerzo muscular para mantener la estabilidad. La apertura entre el muslo y el tronco en esta postura es de 135°, que genera un movimiento de la pelvis hacia adelante y la corrección en la curvatura de la columna.

Establecido lo anterior se presentaron a través de la bocetación alternativas de diseño que fueron evaluadas, por medio de la matriz Pugh, concluyendo que dos de las alternativas fueron las más óptimas ya que presentaban una estructura aparentemente de fácil transporte, poco peso y

pocas piezas, teniendo en cuenta la categorización de los requerimientos como indispensables en el modelo KANO.

Después de seleccionar el concepto mediante la evaluación a partir de una matriz Pugh y la aplicación de una encuesta para la evaluación de los atributos formales a usuarios objetivos, se desarrolló un primer prototipado rápido funcional a escala que permitió la evaluación de las dimensiones, la percepción de comodidad y satisfacción. A partir del cual, se construyó el prototipo funcional a escala real con el fin de validar la propuesta y dar respuesta a la pregunta de diseño planteada ¿En qué medida se disminuye el esfuerzo percibido debido a la fatiga en postura de pie prolongada, cuando se usa o no, un artefacto de apoyo isquiático portable?. Se obtuvo un resultado de aceptación alto, permitiendo facilitar la acción de plegado y desplegado, apoyo, comodidad y transporte. Mediante métodos de autor-reporte se valida que un 50% de los participantes se sintió muy satisfecho y más del 60% es muy probable que recomienden a un amigo, familiar u otro adquirir el producto.

Finalmente, se determinó en el proceso de validación que 27 de los 30 participantes, sintieron el prototipo funcional cómodo, manifestando que se reducen considerablemente todas las cargas y se mantiene una postura intermedia que les permite una transición más rápida de ponerse pie nuevamente a diferencia de una postura sedente y al asiento bascular las personas lo perciben como poco rígido.

12. Recomendaciones

Este proyecto se realizó enfocado en el autor-reporte de las personas, métodos de observación y con base en la literatura, sin embargo, los apoyos isquiáticos portables aún son un tema poco explorado y tienen un amplio campo de investigación en el que se puede intervenir,

tanto en términos técnicos como en términos de salud, aumentando sus atributos y variando en formas.

Referencias Bibliográficas

Alvear D. El ortostatismo prolongado y su incidencia en la formación de várices en miembros inferiores del personal de Enfermería que labora en el Centro Quirúrgico del Hospital General de Latacunga desde Septiembre 2013 Hasta Diciembre 2014. [Tesis para optar el título de Licenciada en Enfermería] Ecuador: Universidad Técnica de Ámbato; 2015.

Avellaneda González, M. (2015). Criterios de diseño industrial para una propuesta conceptual en el desarrollo de vehículos de los SITP de las ciudades colombianas. Caso Bogotá.

Coenen, P., Parry, S., Willenberg, L., Shi, J. W., Romero, L., Blackwood, D. M., ... & Straker, L. M. (2017). Associations of prolonged standing with musculoskeletal symptoms—a systematic review of laboratory studies. *Gait & posture*, *58*, 310-318.

Félix Villar Fernández, M., & Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). Posturas de trabajo: Evaluación del riesgo. 54. Retrieved 06 10, 2021, Recuperado de, https://www.diba.cat/documents/467843/62020477/Posturas_de_trabajo.pdf/9b2644df-e73d-49c9-9048-46a14a7b9ff6

Freedman, S. A (2015). Patente “Asiento”. Oficina Española de Patentes y Marcas. N° de publicación 2530177. Recuperado de https://patents.google.com/patent/ES2530177T3/es?oq=2530177

Galindo-Estupiñan, Z. T., Maradei-García, M. F., & Espinel-Correal, F. (2016). Percepción del dolor lumbar debido al uso de un asiento dinámico en postura sedente prolongada. *Revista de Salud Pública*, *18*, 412-424.

Gentil Garcia, Isabel. (2008). Podología preventiva: síndrome de espalda dolorosa en el podólogo. Revista internacional de ciencias podológicas, 2(2), 39.

FGROUP – SEMISITTING® ESPAÑA (2020). Recuperado de https://www.semisitting.com/que-es-semisitting/

Gobierno de México & Secretaría de Salud. (n.d.). Higiene postural. Centro Asistencia de Rehabilitación Integral (CERI), 3. http://sitios1.dif.gob.mx/Rehabilitacion/docs/telerehabilitacion/Higiene_Postural.pdf

Gómez-Campos, R.; Cossio-Bolaños, M.A.; Brousett Minaya, M. y Hochmuller-Fogaca, R.T. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 10 (40) pp. 537-555. Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm

González, I. C., & Cardona Zapata, N. (2018). PAUSAS ACTIVAS EMPRESARIALES CON FINALIDAD EN MEJORAR LA JORNADA LABORAL EN LA EMPRESA ACCIÓN PLUS SAS. Universidad Cooperativa de Colombia. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6925/3/2018_pausas_activas_empresariales.pdf

Halim, I., Omar, A. R., Saman, A. M., & Othman, I. (2012). Assessment of muscle fatigue associated with prolonged standing in the workplace. Safety and health at work, 3(1), 31-42.

Karimi, Z., Mazloumi, A., Sharifnezhad, A., Jafari, A. H., Kazemi, Z., Keihani, A., & Mohebbi, I. (2021). Determining the interactions between postural variability structure and discomfort development using nonlinear analysis techniques during prolonged standing work. *Applied Ergonomics*, *96*, 103489.

Maradei, M. F., & Quintana, L. (2014). Influencia de los movimientos lumbopélvicos en la percepción de dolor lumbar en postura sedente prolongada en conductores, realizados a partir de un dispositivo colocado sobre el asiento. Revista Ciencias de la Salud, 12, 21-26.

Migración Colombia. (2017, Diciembre 27). *Para tener en cuenta en su paso por las áreas de Migración de Colombia*. Ministerio de Relaciones Exteriores. Retrieved junio 11, 2021, Recuperado de, https://www.migracioncolombia.gov.co/noticias/para-tener-en-cuenta-en-su-paso-por-las-areas-de-migracion-de-colombia

Morante, A. (2017, octubre 31). Una persona pierde más de 4 horas al mes en las filas de los bancos. *EL TIEMPO*. Recuperado de, https://www.eltiempo.com/economia/sector-financiero/estudio-revela-cuanto-tiempo-pierden-los-colombianos-haciendo-fila-en-un-banco-146480#:~:text=Archivo%20%2F%20EL%20TIEMPO-,Una%20persona%20pierde%20m%C3%A1s%20de%204%20horas%20al%20mes%20en,en%20la%20baja

Moreno Carrillo, A., Matiz Espinosa, R. E., Rubiano Orjuela, E. M., Tovar Gaitán, E. M., & Velandia Gómez, L. M. (2019, Noviembre 22). *APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS EN LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ATENCIÓN DEL ÁREA DE PROCEDIMIENTOS DE ENFERMERÍA DE URGENCIAS EN UN HOSPITAL DE ALTA COMPLEJIDAD.* Repositorio Universidad Javeriana. Retrieved Junio 11, 2021, Recuperado de, https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/46084/Tercer%20entregable%2022%20noviembre.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Ringheim, I., Austein, H., Indahl, A., & Roeleveld, K. (2015). Postural strategy and trunk muscle activation during prolonged standing in chronic low back pain patients. *Gait & posture*, *42*(4), 584-589.

Uribe Mejía, N., Vásquez, N., Usuga, D., & Ceballos, Y. F. (2017, Diciembre 04). *Propuesta de mejora a los altos tiempos de espera en puntos de atención al usuario en una entidad promotora de salud empleando simulación discreta*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. Retrieved Octubre 05, 2021, from Downloads/12881-Texto%20del%20artículo-43331-1-10-20180424.pdf

Vanguardia Liberal. (2021, Mayo 15). Largas filas y descontento en la Oficina de Pasaportes de Santander durante este sábado. *Vanguardia Liberal*. https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/videos-largas-filas-y-descontento-en-la-oficina-de-pasaportes-de-santander-durante-este-sabado-AH3768200

Apéndices

Apéndice A. Verificaciones con el prototipo rápido funcional, formato de encuesta atributos formales y funcionales, y resultados de la encuesta. N=30.

Apéndice B. Encuesta atributos funcionales para el análisis y la categorización de los requerimientos según su importancia y el coste por función.

Apéndice C. Formato y resultados de la prueba de validación con el prototipo funcional del apoyo isquiático portable. Métodos Borg, CSAT y NPS. N=30.

Apéndice D. Consentimientos informados, prueba de validación.

Apéndices proyecto apoyo isquiático po