

**SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERE TANTO EL  
LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR  
DEL PIE.**

**JOHANNA MILENA JAIMES VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA  
2016**

**SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERE TANTO EL  
LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR  
DEL PIE.**

**JOHANNA MILENA JAIMES VELASCO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Diseñador Industrial**

**Directora:**

**D.I MARIA FERNANDA MARADEI**

**Esp. Ergonomía Y Fisiología.**

**M. Sc. Ergonomía y Cambios Tecnológicos.**

**PhD Ingeniera Línea Ergonomía.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE FISICOMECAICAS  
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO .....	15
2. OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. METODOLOGÍA .....	21
4. MERCADEO .....	34
5. MARCO TEÓRICO .....	35
5.1 EL CALZADO.....	35
5.2 ASPECTOS ANATÓMICOS, FUNCIONALES Y BIOMECÁNICOS QUE CONTRIBUYEN A LA COMODIDAD E INCOMODIDAD.....	49
5.3 REVISIÓN SOBRE LOS MÉTODOS O HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INCOMODIDAD.....	59
5.4 MODA Y TENDENCIAS DEL CALZADO -CONFORT PSICOLÓGICO .....	62
5.5 REVISIÓN TECNOLÓGICA SOBRE EL CALZADO .....	64
6. ANÁLISIS DEL CALZADO COMO PRODUCTO .....	69
6.1 ANÁLISIS FUNCIONAL A TRAVÉS DEL MÉTODO FAST.....	69
6.2 ANÁLISIS DE PRESTACIONES DEL PRODUCTO A TRAVÉS DEL MÉTODO KANO.....	71
7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA EL CALZADO.....	73
7.1 REQUERIMIENTOS DE USO.....	73
7.2 REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS.....	75
7.3 REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN .....	76
7.4 REQUERIMIENTOS DE TÉCNICOS PRODUCTIVOS.....	79

7.5 REQUERIMIENTOS DE FORMALES.....	80
8. PROCESO DE DISEÑO .....	81
8.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS SEGÚN EL TIPO DE PIE. ....	82
8.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS A PARTIR LA CORRELACIÓN DE PEARSON...82	
8.3 ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS PARA EL SISTEMA DE TALLAJE .86	
8.4 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LAS HORMAS. ....	89
8.5 MODELADO DEL CALZADO.....	92
8.6 PRIMERA PRUEBA.....	93
8.7 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN .....	98
9. VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN.....	106
9.1 DISEÑO EN DETALLE .....	106
9.2 SEGUNDA PRUEBA ERGONÓMICA.....	108
9.3 FABRICACIÓN DEL CALZADO.....	110
10. MERCADEO .....	116
10.1 MARCA DE LA LÍNEA DE CALZADO .....	116
10.2 EMBALAJE DE LA COLECCIÓN.....	118
11. CONCLUSIONES .....	120
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS.....	129

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Formato de registro: Test general de incomodidad. ....	26
Ilustración 2. Formato de registro: Primer test de incomodidad. ....	28
Ilustración 3. Configuración para líneas de calzado. ....	29
Ilustración 4. Modelo de ponderación N. Cross, ejemplo. ....	30
Ilustración 5. Formato de registro: Test de incomodidad. ....	32
Ilustración 6. Anatomía del pie. ....	37
Ilustración 7. Tipos de pies. (Barretto , 2006) ....	38
Ilustración 8. Huella del pie, tomada de: (Barreto, 2006). ....	39
Ilustración 9. Tipo de pisada según la altura del arco del pie. ....	41
Ilustración 10. Antropometría del pie, medidas en sentido anteroposterior y transversal. ....	42
Ilustración 11. La marcha humana, ciclo, porcentajes y fases. ....	46
Ilustración 12. Distribución de las fuerzas (A) Pie dinámico y estático (B). ....	48
Ilustración 13. Pruebas de incomodidad. ....	60
Ilustración 14. Tendencia de moda primavera- verano 2016 por el Acicam. ....	64
Ilustración 15. Principales tendencias tecnológicas en el sector del calzado. ....	65
Ilustración 16. Elementos del calzado. ....	70
Ilustración 17. Curva de distribución normal y áreas que encierran la desviación estándar. ....	84
Ilustración 18. Esquema del Sistema de tallaje propuesto. ....	87
Ilustración 19. Modelo de las hormas, impresión 3D. ....	91
Ilustración 20. Prototipo de hormas en resina. ....	91
Ilustración 21. Primeras muestras de calzado, mujer talla 37, hombre talla 40 y soporte según altura del arco. ....	93

Ilustración 22. Tendencia ACICAM 2016: La fiesta.....	100
Ilustración 23. Tendencia ACICAM 2016: la calle .....	101
Ilustración 24. Tendencia ACICAM 2016: La fiesta.....	102
Ilustración 25. Tendencia ACICAM 2016: la calle .....	103
Ilustración 26. Alternativas de las plantillas .....	104
Ilustración 27. Alternativas de las suelas .....	104
Ilustración 28. Diseño en detalle .....	106
Ilustración 29. Fabricación del calzado .....	111
Ilustración 30. Marca de la línea de calzado .....	116
Ilustración 31. Embalaje de la colección .....	119

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Funciones de los elementos principales del pie y de sus articulaciones..	44
Tabla 2. Aspectos más relevantes del calzado en relación a la comodidad .....	51
Tabla 3. Comodidad e incomodidad relacionada con los aspectos del calzado ....	52
Tabla 4. Aspectos anatómicos del pie que influyen en la comodidad. ....	53
Tabla 5. Aspectos funcionales del pie que influyen en la comodidad. ....	55
Tabla 6. Aspectos biomecánicos del pie que influyen en la comodidad. ....	57
Tabla 7. Pruebas Objetivas.....	61
Tabla 8. Sistemas de tallaje existentes.....	67
Tabla 9. Resultado de encuestas obtenidas a partir del método Kano y organizadas según la importancia obtenida (N=40).....	72
Tabla 10. Requerimientos de uso .....	73
Tabla 11. Requerimientos ergonómicos .....	75
Tabla 12. Requerimientos de función .....	76
Tabla 13. Requerimientos de técnicos productivos.....	79
Tabla 14. Requerimientos de formales .....	80
Tabla 15. Resultado de datos según tipo de pie. ....	82
Tabla 16. Relación de altura del candado y la huella plantar.....	84
Tabla 17. Percentiles de los datos de altura del candado.....	85
Tabla 18. Altura del candado. ....	87
Tabla 19. Medidas con base en la longitud del pie de las mujeres. ....	88
Tabla 20. Medidas con base en la longitud del pie de los hombres.....	89
Tabla 21. Medidas de las hormas a fabricar. ....	90
Tabla 22. Tallas a fabricar .....	92
Tabla 23. Resultados de la primera prueba general de incomodidad N=20. ....	94

Tabla 24. Resultado de Test de incomodidad: para evaluar el arco medial temblar. .....	96
Tabla 25. Estructura del calzado según sus partes. ....	99
Tabla 26. Test de incomodidad: dolor en partes del pie. ....	108
Tabla 27. Fichas técnica .....	112

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A. Características de las medidas para las hormas .....	129
ANEXO B. Movimientos del pie, adaptada de (Izquierdo Redin , 2008). .....	131
ANEXO C. Descripción del movimiento de los diferentes segmentos del pie y las articulaciones sobre las que se producen.....	132
ANEXO D. Análisis de los elementos del calzado y sus funciones mediante el diagrama FAST.....	133
ANEXO E. Diagrama FAST .....	137
ANEXO F. Pregunta para encuestas a los usuarios mediante el método KANO .	138
ANEXO G. Datos de Mujeres, Resultado de las Variables relacionadas con el coeficiente de Pearson. ....	141
ANEXO H. Datos de Hombres, Resultado de las Variables relacionadas con el coeficiente de Pearson. ....	142
ANEXO I. Evaluación de las alternativas para la plantilla y la suela por medio del método de ponderación de Niegel Cross.....	143
ANEXO J. Evaluación de las alternativas para calzado del hombre por medio del método de ponderación de Niegel Cross.....	144
ANEXO K. Evaluación de las alternativas para calzado de la mujer por medio del método de ponderación de Niegel Cross.....	145

## RESUMEN

**TÍTULO:** SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERE TANTO EL LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR DEL PIE. \*

**AUTORA:** JOHANNA MILENA JAIMES VELASCO \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Numeración del calzado, pie, confort.

Este proyecto propone un sistema de numeración del calzado que considere tanto el largo total del pie como la estructura del arco plantar, para lograr mitigar algunos problemas asociados con la incomodidad debido a que actualmente solo se considera el largo del pie.

Para esto se aplicó una metodología dividida en tres etapas iniciando por el análisis de la literatura para definir los aspectos anatómicos, funcionales y biomecánicos del pie, luego se analizó la relación entre el pie y el calzado identificando las funciones del calzado y se clasificaron según su importancia. En una segunda etapa, se realizó el análisis general de los datos antropométricos del pie que logro establecer relaciones entre las medidas y un análisis estadístico descriptivo con el que se obtuvieron los rangos de altura del calzado. La síntesis de las dos primeras etapas logro la estandarización de medidas del sistema de tallaje la cual se tradujo en la fabricación de las hormas.

De las hormas se obtuvieron los modelos, posteriormente evaluados a través de pruebas de calce donde se desarrollaron test que miden la incomodidad, para definir finalmente el ajuste óptimo de cada zona del calzado. Como resultado se obtuvo un sistema de tallaje que incorporo la altura del arco plantar, según los resultados obtenidos el 90% de los encuestados manifestaron sentir mayor comodidad, mayor estabilidad y más confianza al usar el calzado.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Diseño Industrial. Directora: D.I María Fernanda Maradei, Esp. Ergonomía Y Fisiología. M. Sc. Ergonomía y Cambios Tecnológicos. PhD Ingeniera Línea Ergonomía.

## SUMMARY

**TITLE:** SYSTEM OF FOOTWEAR SIZES TO CONSIDER WHETHER TOTAL FOOT LONG AS THE STRUCTURE ARCH OF THE FOOT.\*

**AUTHOR:** JOHANNA MILENA JAIMES VELASCO\*\*

**KEYWORDS:** Numbering shoe, foot, comfort.

This project proposes a shoe numbering system that considers the length of the foot and the plantar arch structure, in order to mitigate some problems associated with the discomfort because currently only considered the length of the foot. For this methodology divided into three stages starting with the analysis of the literature to define the anatomical, biomechanical and functional aspects of the foot, then the relationship between the foot and footwear analyzed identifying the functions footwear and classified as applied his importance, and know the different between each foot part. In a second stage, the thorough analysis of the anthropometric data of the foot that was able to establish relationships between measures and a descriptive statistical analysis with the height ranges padlock obtained was performed. The synthesis of the first two stages achieved the standardization of measurements sizing system which resulted in the manufacture of the lasts.

With the lasts were obtained the models, subsequently evaluated through the tests for obtaining the measure discomfort, to finally define the optimal adjustment for each area of the shoe developed. Resulting get a sizing system that incorporated the height of the arch was obtained. According to the results 90% of respondents expressed feeling convenience, more stable and more confident when using the existent footwear.

---

\* Work degree

\*\* School of Physics and Mechanics. School of Industrial Design. Director: Maria Fernanda d.I Maradei, Esp ergonomics and physiology.. M. Sc. Ergonomics and technological changes. Online Engineering PhD Ergonomic

## INTRODUCCIÓN

A través de la historia se ha evidenciado un progreso lento en el diseño del calzado, los estudios alrededor del mundo demuestran altos índices de problemas en los pies asociados con la incomodidad, como: ampollas, rozaduras, juanetes, dolor, pies cansados, entre otros. Las diferencias en los aspectos anatómicos, fisiológicos y biomecánicos del pie se deben a que sus características difieren entre los individuos, los cuales no son tenidos en cuenta en los actuales sistemas de tallaje. Actualmente en el mercado colombiano el diseño del calzado está regido por las tendencias y la moda, hay poco desarrollo e innovación en este campo, por esto no se ha avanzado en la estrecha relación del pie y el calzado.

Entonces se hace indispensable establecer un sistema de tallaje acorde a las características del pie de la población que contribuya a mitigar problemas asociados con la incomodidad, considerando el arco medial plantar del pie y las demás características que proporcionan comodidad, para esto fue indispensable el estudio detallado del pie y la funcionalidad del calzado que mediante herramientas y diferentes métodos estructuraron un sistema de tallaje, el cual se consolidó a través de pruebas del calce con modelos de calzado para finalmente poder fabricar una línea de calzado acorde a la moda, las tendencias que rigen el mercado y las características del pie.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO

El pie es una bóveda sostenida por tres arcos, donde el peso del cuerpo se distribuye entre su parte delantera y el talón, en posición vertical la carga principal la soporta el talón y equivale a más de la mitad del peso del cuerpo; su función consiste en proporcionar un apoyo al organismo, en realizar acciones rítmicas, de propulsión, absorción de choques y para mantener el equilibrio<sup>1</sup>. Además “el pie es más complejo de lo que parece, presenta partes blandas y deformables, así como formas orgánicas complejas en 3D”<sup>2</sup>.

Actualmente, la diversidad de calzado disponible en el mercado está aumentado de forma exponencial con el fin de atender las numerosas percepciones de moda y estilo, de igual forma, esta obedece a la diversidad poblacional y cultural que requieren considerar para el diseño<sup>3</sup>. Se sabe que, los productos personalizados pueden ser capaces de proporcionar mayor comodidad, por tanto se ha intentado lograr que el calzado sea totalmente compatible con cada persona que lo utiliza, pretendiendo tener una réplica de la forma del pie; sin embargo inevitablemente la relación entre el pie y el calzado va mucho más allá, porque existen diversos factores que generan diferentes problemas en los pies, como: los materiales del calzado, el tipo de zapato, las suelas, los contrafuertes, entre otros<sup>4, 5</sup>.

---

<sup>1</sup> Álvarez Calderón Iglesias, Ó., Alonso Tajés, F., López López, D., Gómez Martín, B., & Sánchez Gómez, R. Análisis del calzado en población mayor a 60 años. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*, 2(1), 19-26. 2008

<sup>2</sup> Sanchez Lara, A., Berdejo del freso, D., Martinez Lopez, E., Chacon Zagalaz, J., & Lara Dieguez, S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(49), 19-39. 2013. Obtenido de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista49/artalteraciones340.pdf>

<sup>3</sup> Goonetilleke, R. S., & Luximon, A. Designing for confort: a footwear application. *Computer-Aided Ergonomics and safety*. Hong Kong. 2001. Obtenido de <http://www-ieem.ust.hk/dfaculty/ravi/papers/caes.pdf>

<sup>4</sup> Álvarez Calderón Iglesias, Alonso Tajés, López López, Gómez Martín, & Sánchez Gómez. Op. Cit.

<sup>5</sup> Mills, K., Blanch, P., & Vicenzino, B. Identifying clinically meaningful tools for measuring comfort perception of footwear. *Medicine & science in sport & exercise*. 2010

Dichos factores son manipulados para poder identificar la forma cómo un usuario percibe la comodidad, se puede considerar varias características que afectan dicha percepción como: la estética, la amortiguación, el apoyo, la sensibilidad, la naturaleza de la actividad que se realiza, la movilidad, entre otros<sup>6, 7, 8</sup>.

En un estudio a 20 mujeres chinas de Hong Kong, mostró que la parte delantera, el arco del pie y la amortiguación del talón contribuyeron a la comodidad, y determinaron que la diferencia entre la incomodidad o comodidad de la parte delantera del pie y del arco medial podían identificarse claramente. En este sentido, según la investigación realizada por la Facultad de Salud y Ciencias de la Rehabilitación de la Universidad de Queensland y el Departamento de Terapias físicas del Instituto Australiano del Deporte en Canberra, todos los usuarios respondieron que la característica más importante en el calzado fue la comodidad en el arco del pie<sup>9</sup>.

A este respecto, según Keith Slater los aspectos biomecánicos, fisiológicos y psicológicos definen la comodidad en relación con el entorno; también en varios estudios se determinó que existen diferencias en la escala de comodidad y en ocasiones no se logra diferenciar entre comodidad e incomodidad. Sin embargo, los estudios realizados por el laboratorio de ciencias de movimiento de la universidad de Washington y los laboratorios de Kinesiología de la Universidad de Calgary y la Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong, mediante pruebas de desgaste y físicas, se concluyó que la percepción de comodidad está definida por los aspectos psicológicos, como la sensación de bienestar y placer, y

---

<sup>6</sup> Munsermann , A., Stefanyshyn, D. J., & Nigg, B. M. Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. *Medicine & science in sport & exercise*. 2001

<sup>7</sup> Mills, Blanch & Vicenzino Op. Cit.

<sup>8</sup> Yung Hui, L., & Wei Hsie, H. Effect of shoe insets and heel height on foot pressure, impact force and perceived comfort during walking. *Applied Ergonomics*, 355-362. 2005. Obtenido de [http://www.researchgate.net/publication/7380069\\_Influence\\_of\\_heel\\_height\\_and\\_shoe\\_insert\\_on\\_comfort\\_perception\\_and\\_biomechanical\\_performance\\_of\\_young\\_female\\_adults\\_during\\_walking](http://www.researchgate.net/publication/7380069_Influence_of_heel_height_and_shoe_insert_on_comfort_perception_and_biomechanical_performance_of_young_female_adults_during_walking)

<sup>9</sup> Mills, Blanch & Vicenzino Op. Cit.

la incomodidad se percibe por aspectos físicos, debido al dolor o las sensaciones que generan incertidumbre o desasosiego<sup>10, 11, 12, 13</sup>.

Alrededor del mundo existe evidencia del calzado inapropiado que usan las personas, los informes de podólogos de diferentes clínicas analizados por La Universidad de Ciencia y Tecnología de Hong Kong que registraron problemas en los pies, tales como: ampollas, dedos de los pies negros, juanetes, dolor y pies cansados<sup>14, 15</sup>. De igual modo según los resultados del estudio realizado por el Instituto de Biomecánica de Valencia, un alto porcentaje de población con edades entre 40 y 70 años presenta algún problema en los pies; estos porcentajes oscilan entre un 91% para España, Inglaterra o Alemania y un 96% para Países Bajos, ya sean vinculados a patologías o problemas de comodidad<sup>16</sup>. Teniendo en cuenta lo anterior se podría sugerir que los avances tecnológicos no han solucionado algunos aspectos funcionales para proteger los pies.

Por otra parte, se comprobó que la altura del arco medial plantar influye en la aparición de lesiones, para estudiar este aspecto los usuarios se clasificaron por esta característica de la estructura del pie según su altura en: arco alto (pie cavo), arco bajo (pie plano) y arco normal<sup>17, 18, 19</sup>. En concordancia, en los estudios realizados en el Centro de Entrenamiento de la Naval en Colorado los alumnos se

---

<sup>10</sup> Goonetilleke, & Luximon. 2001. Op. Cit.

<sup>11</sup> Mills, Blanch & Vicenzino Op. Cit.

<sup>12</sup> Slater, K. Human Comfort. springfield: U.S.A.C.C. 1985

<sup>13</sup> Goonetilleke, R. S. Desining footwear: back to basics in a effort to desing for people. Hong Kong: Khalid, H.M., Lim, T.Y., and Lee, N.K. 2003. Obtenido de <http://www-ieem.ust.hk/dfaculty/ravi/papers/seamec2.pdf>

<sup>14</sup> Goonetilleke, 2003. Op. Cit.

<sup>15</sup> Álvarez Calderón Iglesias , Alonso Tajés, López López, Gómez Martín, & Sánchez Gómez. Op. Cit.

<sup>16</sup> Sanchis Requena, E. Aproximacion Biomecanica al diseño de calzado para adultos. Istituro de Biomecanica de Valencia., 40, 15-18. 2003. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4687355>.

<sup>17</sup> Chuckpaiwong, B., Nunley, J. A., Mall, N. A., & Queen , R. M. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. Gait & Posture , 405-411. 2008

<sup>18</sup> Williams III, D. S., Mc Clay, I. S., & Hamill, J. Arch structure and injury patterns in runners. Clinical Biomechanics, 341-347. 2001

<sup>19</sup> Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson., C. W., & Cullison , T. R. The effect off foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. The American Journal of Sport Medicine, Vol 27, N. 5. 1999

clasificaron según el tipo de arco y se manifestó que ya sea con arco del pie plano o arco del pie alto (medido tanto estática como dinámicamente) tenían consistentemente casi el doble de la incidencia de fracturas por estrés y sobreuso en comparación con los sujetos con altura normal del arco<sup>20</sup>.

Así, se ha demostrado que según el tipo de arco se presentan diferentes problemas, ya que una persona con arco alto del pie presentan menor área de contacto con la superficie, por ende hacen mayor presión en la rodilla, tienden a cargar la estructura lateral más, son menos capaces de amortiguar el impacto, son inflexibles, tienen mayor riesgo de sufrir una fractura por estrés femoral y tibial, como también fracturas del quinto metatarsiano. Por otra parte, una persona con arco del pie bajo o pie plano posee mayor huella plantar, por ende hacen mayor presión sobre el pie y el tobillo, son susceptibles a un amplio grado de pronación, tienen mayor número de lesiones por estrés en el segundo y tercer metatarsianos, además son pies hipermóviles que requieren un mayor control de la estructura del pie, forzando los tejidos blandos como ligamentos y tendones, resultando frecuentemente en la fractura de estos<sup>21, 22, 23, 24</sup>.

Adicionalmente, el Departamento de Gestión Industrial de la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán, estudió el uso de plantillas en zapatos (soporte para el talón, soporte para el arco, almohadilla de metatarsiano y una suela), los resultados indicaron que el soporte para el talón en zapatos altos reduce eficazmente la presión del talón y la fuerza de impacto, un soporte para el arco reduce la presión del ante pie medial y disminuye la incomodidad. También se encontró que la suela redujo la presión del talón y la presión del ante pie medial, además, atenúa la fuerza del impacto. Por último se halló que la

---

<sup>20</sup> Williams III, Mc Clay, & Hamill. Op. Cit.

<sup>21</sup> Chuckpaiwong, Nunley, Mall, & Queen. Op. Cit.

<sup>22</sup> Williams III, D. S., Mc Clay, I. S., & Hamill, J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 341-347. 2001

<sup>23</sup> Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson., & Cullison. Op. Cit.

<sup>24</sup> Sanchez Lara, Berdejo del fresno, Martinez Lopez, Chacon Zagalaz, & Lara Dieguez. Op. Cit.

almohadilla de metatarsiano redujo la presión del ante pie y transfirió la carga de peso a los arcos longitudinales y metatarsianos<sup>25, 26</sup>. Cabe aclarar que aunque las plantillas podrían ser una solución viable, estas son de carácter particular, actualmente su adquisición son para uso específico (órtesis), además su elevado costo las hacen ser un producto exclusivo.

En ese orden de ideas, es interesante estudiar alternativas para diseñar un calzado que permita mitigar algunos de los problemas de incomodidad actuales. Así el proyecto busca responder la pregunta ¿Cuánto permite disminuir la percepción de incomodidad durante el uso de calzado un sistema de tallaje del calzado que considere tanto el largo total del pie como la estructura del arco plantar?, para esto, una correcta adaptación del calzado requerirá un análisis sistemático de las características del pie, tanto estática como dinámicamente, de donde surgirá la forma inicial del producto, a la que se le aplican una serie de correcciones determinadas por los materiales, el sistema de fabricación y la estética.

---

<sup>25</sup> Yung Hui, & Wei Hsie. Op. Cit.

<sup>26</sup> Rose, N. E., Feiwell, L. A., & Cracchiolo III, A. A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor: the effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force. American Orthopaedic Foot & Ankle International, 13. 1992

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer un sistema de tallaje para el calzado que considere la estructura del arco del pie, para lograr mitigar algunos problemas asociados con la incomodidad, debido a que actualmente solo se considera el largo del pie.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1.** Definir los aspectos anatómicos, funcionales y biomecánicos del pie que contribuyen a la comodidad e incomodidad, mediante el análisis de la literatura.
- 2.** Estudiar y categorizar los datos antropométricos de los pies de la muestra poblacional, según la estructura del arco y características del pie similares.
- 3.** Desarrollar modelos que permitan implementar los aspectos del calzado, previamente establecidos que contribuyen a disminuir la incomodidad.
- 4.** Validar el sistema de tallaje propuesto a partir del uso prolongado del calzado, buscando determinar los aspectos con mayor influencia en la percepción de comodidad.

### 3. METODOLOGÍA

La estructuración del presente proyecto se desarrolló a partir de una metodología de 3 etapas, de igual importancia: la primera el análisis del problema, la segunda el diseño conceptual y la tercera la evaluación y validación del diseño.

#### **Etapas 1: Análisis del problema.**

**Estado del arte:** Para obtener el marco teórico se realizó una revisión en diferentes bases de datos en la red como: ELSEVIER, ScienceDirect, Dialnet, Scholar.Google y Taylor & Francis Group donde se consultó por medio de palabras claves (pie, confort, numeración de calzado, arco plantar, morfología del pie, hormas, tipos de pie, entre otras) obteniendo diferentes artículos. También se hizo una lectura exploratoria de textos en diferentes revistas y libros como: The foot & ankle international Journal, la revista Style America, Manual del calzado del IBV, Diseño del calzado urbano, entre otros. De los textos seleccionados tanto de revistas, libros o artículos se realizó una lectura confirmatoria para incorporarlos como base para estructurar el marco teórico, categorizándolos por temas desde la información general respecto al pie, sus características y funciones, la interacción con el pie y los avances logrados en la actualidad. Simultáneamente los textos usados fueron referenciados en el texto y agregados a la bibliografía. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 6 págs. 32 - 60.

**Identificación de necesidades:** Para lograr la inmersión en el contexto se utilizaron dos herramientas, con las cuales se identificaron las funciones del calzado, para clasificarlas y jerarquizarlas, con el objetivo de saber las funciones que más influyen en la comodidad del calzado según los usuarios. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 7 págs. 61- 64.

- **Diagrama FAST**, se analizó cada elemento del calzado y la relación de pie-calzado (en todo momento) para identificar sus funciones, luego se clasificaron en básicas y secundarias, teniendo en cuenta que en el diagrama FAST todas las funciones deben ser una combinación de verbo (activo)-sustantivo (ver Anexo D, pág. 115). Posteriormente las funciones se jerarquizaron en funciones permanentes, dependientes e independientes. (ver Anexo E, Pág. 117).
- **Modelo KANO**, teniendo en cuenta el resultado del diagrama FAST se procedió a realizar preguntas a los usuarios mediante una encuesta para evaluar la prioridad de cada función permanente y primaria del calzado respecto a la percepción de comodidad e incomodidad del usuario. El cuestionario incluyó una pregunta funcional y otra no funcional de cada prestación del calzado (ver Anexo F), y se realizó un diagrama de resultados con los atributos teniendo en cuenta las siguientes categorizaciones: Indispensable (**E**), requeridos (**A**), atractivos (**I**), indiferente (**N**), cuestionable (**C**), invertidos-inconsciente (**R**), (ver tabla 9, Modelo Kano resultado de encuestas, Pag.63).

**Definición de requerimientos:** Mediante la información recolectada se definieron los requerimientos del proyecto siguiendo la metodología de Gui Bonsiepe y el Manual del Diseño Industrial de Gerardo Rodríguez MGE (Rodríguez, 2006). Las variables se determinaron básicamente con el fin de dar solución a cada necesidad encontrada en el transcurso del desarrollo del proyecto, por requisitos legales o de naturaleza; asignándoles una escala de importancia en necesarios (N): los cuales deben cumplirse en todos los casos, importantes (I): en lo posible deben ser cumplidos y deseables (D): pueden ser cumplidos. Los requerimientos fueron estructurados con su determinante (enunciado de criterios) y parámetro (Dimensiones, Norma o ley que determina como debe ser el diseño) y clasificados en: Requerimientos de uso, Ergonómicos, de Función, Técnico-productivos y Formales. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 8 págs. 65-70.

## **Etapas 2: Diseño conceptual.**

**Clasificación de la información:** La información se obtuvo de la base de datos del DANE, de la gobernación de Santander, el Ministerio de Industria y Comercio, ACICAM y FENALCO, se estudió la población teniendo en cuenta el departamento de Santander, y a su vez concentrando la atención en la población de Bucaramanga y su área metropolitana, ya que cubre un porcentaje mayor al 50% de la población del departamento. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.1 págs. 72.

**Análisis estadístico de la información:** se analizó la base de datos del grupo de investigación GEPS. En primera instancia los datos se analizaron de manera general tomando en cuenta los tipos de pie según las formas del antepié (egipcio, griego y cuadrado) con el fin de determinar las características ideales para la puntera del calzado.

Posteriormente se realizó un análisis mediante la correlación de Pearson, tomando como variable central longitud del pie, ya que esta medida es la que define los sistemas de tallaje actuales. También se tomó en cuenta el IMC (índice de masa corporal) ya que el peso del cuerpo influye constantemente en la forma y el tamaño de los pies. Se relacionaron las variables para determinar las que tenían un mayor coeficiente de correlación.

Sin embargo, debido a que la correlación de Pearson para la variable altura del codo en relación a las demás variables tuvo un resultado bajo, se realizó un manejo estadístico de sus datos por medio de estadística descriptiva. Se analizó los datos de promedio, la desviación estándar (DS) y las medidas de posición para abarcar la mayor cantidad de datos posibles mediante los percentiles de la muestra<sup>27</sup>. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.2 págs. 72-75.

---

<sup>27</sup> Rincón Becerra, Ovidio. Ergonomía y procesos de diseño. 2010 Bogotá

**Estandarización de las medidas:** El sistema de tallaje propuesto siguió el principio de las tallas actuales. Se determinó a partir de la longitud del pie, pero adicional a esto se complementó agregando cuatro rangos posibles para el candado del pie tanto de hombres como de mujeres, con el fin de lograr incorporar una de las variables que más comodidad proporciona al calzado. Las demás medidas de las hormas están lo más cerca posible de las características específicas de la región, por eso se tomó en cuenta la Guía de Recomendación para El Diseño de Calzado del Instituto de Biomecánica de Valencia España para el diseño de las hormas (ver Anexo A, Pág. 110). Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.3 págs. 75 – 78.

**Diseño y fabricación de las hormas:** se aplicaron los resultados obtenidos en la etapa anterior. Se construyó las hormas de las tallas más representativas de la muestra tomada, en este caso para hombres talla 40 y para mujeres talla 37. El desarrollo de las hormas se realizó en el programa de diseño 3d llamado Rhinoceros, inicialmente fueron prototipadas en una impresora 3D, luego se hicieron los moldes en silicona para la fabricación en un resina, luego los modelos de resina fueron copiado en hormas de plástico. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.4 pág.78.

**Modelado del calzado:** con las hormas se realizó obtuvieron los moldes para la plantilla y el calzado de manera manual, teniendo en cuenta el nuevo sistema de tallas establecido, como también las diferentes características del pie estudiadas y determinadas, indispensables para disminuir la incomodidad. Con los moldes se realizaron primeras las muestras del calzado que solo incluyeron la forma general de la horma, con el fin de evaluar las medidas generales del calzado. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.5 pág. 79.

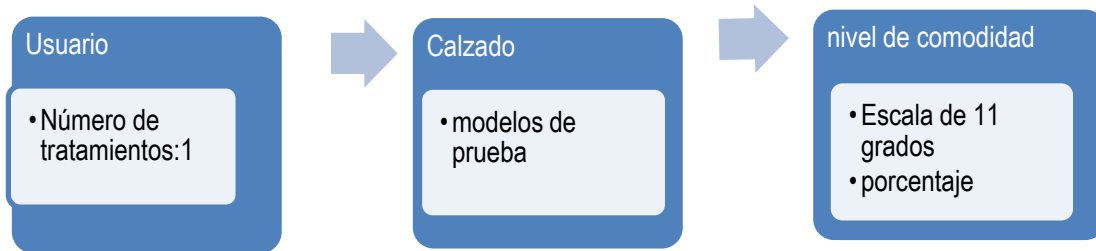
### Primera prueba:

Se realizaron con el fin de verificar que las hormas obtenidas del estudio, con el fin de verificar las características y condiciones para la fabricación de calzado.

### Protocolo 1

**Test general de incomodidad:** evalúa la interacción entre el usuario y el calzado. Se cuantifica en una escala de once grados que abarca desde el máximo relax hasta el dolor insoportable.

### Experimento:



**Objetivo:** Identificar las partes del calzado que proporcionan comodidad e incomodidad para realizar cambios posteriormente en el calzado.

### Procedimiento:

- Se seleccionaron 20 personas entre hombres con talla del pie 40 y mujeres con talla de calzado: 37, de edad entre los 18 a los 40 años de edad para que hicieran uso de los modelos del calzado.
- Se dio a conocer el proyecto y su objetivo de la siguiente forma:

Gracias por participar, estas pruebas contribuyen al proyecto de grado: sistema de tallaje del calzado que considere tanto el largo total del pie como la estructura del arco plantar del pie, con el fin comprobar las hipótesis planteadas y contribuir a la validación del proyecto”.

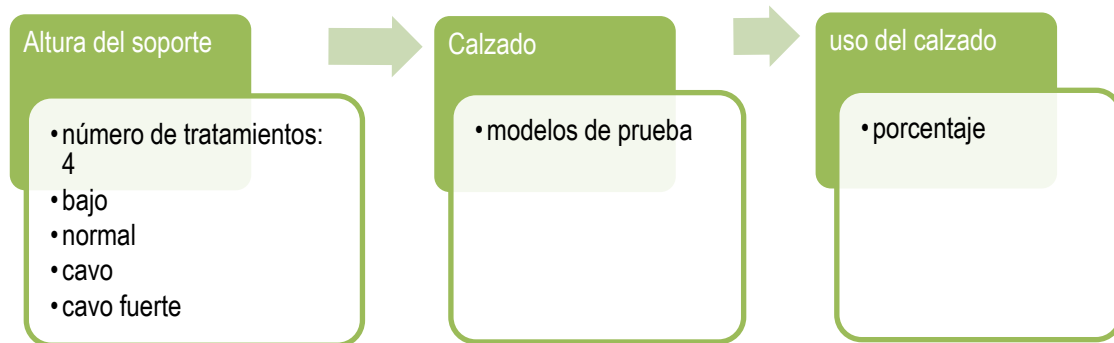
- Procedimiento: El proceso se realizó en 2 horas, primero se presenta el proyecto, luego el usuario calza el zapato (1 minuto) y posteriormente lo usa, cada media hora se realiza un registro de la percepción del usuario relacionándola con la escala de 11 grados en la siguiente.
- Métodos:
  - Toma de videos-clic y fotografías del usuario usando el calzado.
  - Registro de la prueba:

**Ilustración 1. Formato de registro: Test general de incomodidad.**

PRIMER TEST GENERAL DE INCOMODIDAD				PROYECTO DE GRADO: SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERETANTO EL LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR DEL PIE.				Nº 0000																
PRUEBAS DE CALCE – EXPERIMENTO.				POR: JOHANNA MILENA JAIMES - ESTUDIANTE DE DISEÑO INDUSTRIAL																				
NOMBRE:		SEXO:	F	M	ESTATURA:	cm.	PESO:	Kg.	FECHA:	DD	MM	AA												
APELLIDOS:		LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:																						
TIPO DE PIE			TIPO DE ARCO																					
PIE EGIPCIO	PIE CUADRADO	PIE GRIEGO	PIE PLANO	PIE NORMAL		PIE CAVO																		
DIBUJO		PREGUNTA:	PIE IZQUIERDO				PIE DERECHO																	
		Responda la siguientes preguntas según instrucciones del encuestador.	1-MUY COMODO	11-MUY INCOMODO			1-MUY COMODO	11-MUY INCOMODO																
		1. Como evalúa es la comodidad al calzarlo?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		2. Como evalúa es la comodidad del interior del calzado?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		3. Como evalúa el calzado al estar de pie?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 30 min?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 60 min?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 90 min?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Como es la comodidad al usarlo después de 2 horas?	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Cual es la parte mas incomoda?																								
Cual es la parte mas cómoda?																								
OBSERVACIONES:																								

**Protocolo 2**

**Hipótesis:** si el arco medial plantar tiene soporte, la incomodidad del usuario al usar el calzado es menor.



**Variable independiente:** soporte del arco plantar medial en el calzado, se realizaron 4 variaciones de altura para mujer y 4 variaciones de altura para hombre, (ver tabla 14, pág. 77).

**Variable dependiente:** incomodidad.

**Procedimiento:**

- Se seleccionaron 10 hombres con talla del pie 40 y 10 mujeres con talla de calzado 37, de edad entre los 18 a los 40 años de edad para que hicieran uso de los modelos del calzado.
- Se dio a conocer el proyecto y su objetivo de la siguiente forma:  
 “Gracias por participar, estas pruebas contribuyen al proyecto de grado: sistema de tallaje del calzado que considere tanto el largo total del pie como la estructura del arco plantar del pie, con el fin comprobar las hipótesis planteadas y contribuir a la validación del proyecto”.
- Procedimiento: se dio a conocer el proyecto y el objetivo de la prueba, El proceso se dividió en 4 etapas, cada una de 30 minutos para un total de 2 horas, en cada etapa el usuario calzó el zapato según las tallas (XXB, XXN, XXC, XXH). Se realiza un registro cada media hora en una escala porcentual de percepción de incomodidad del usuario.
- Métodos:  
 -Video clic y registro fotográfico del usuario en la prueba.

-Formato de registro:

**Ilustración 2. Formato de registro: Primer test de incomodidad.**

PRIMER TEST GENERAL DE INCOMODIDAD				PROYECTO DE GRADO: SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERETANTO EL LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR DEL PIE.				Nº 0000																	
PRUEBAS DE CALCE – EXPERIMENTO.				SEXO				LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:																	
NOMBRE:		SEXO	F	M	ESTATURA	cm.	PESO	Kg.	FECHA	DD	MM	AA													
APELLIDOS:																									
TIPO DE PIE			TIPO DE ARCO																						
PIE EGIPCIO	PIE CUADRADO	PIE GRIEGO	PIE PLANO	PIE NORMAL	PIE CAVO																				
DIBUJO		PREGUNTA:		PIE IZQUIERDO				PIE DERECHO																	
		Responda la siguientes preguntas según instrucciones del encuestador.		1-MUY COMODO		11-MUY INCOMODO		1-MUY COMODO		11-MUY INCOMODO															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		1. Como evalúa es la comodidad al calzarlo?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		2. Como evalúa es la comodidad del interior del calzado?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		3. Como evalúa el calzado al estar de pie?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 30 min?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 60 min?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 90 min?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Como es la comodidad al usarlo después de 2 horas?		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Cual es la parte mas incomoda?																							
		Cual es la parte mas cómoda?																							
		OBSERVACIONES:																							

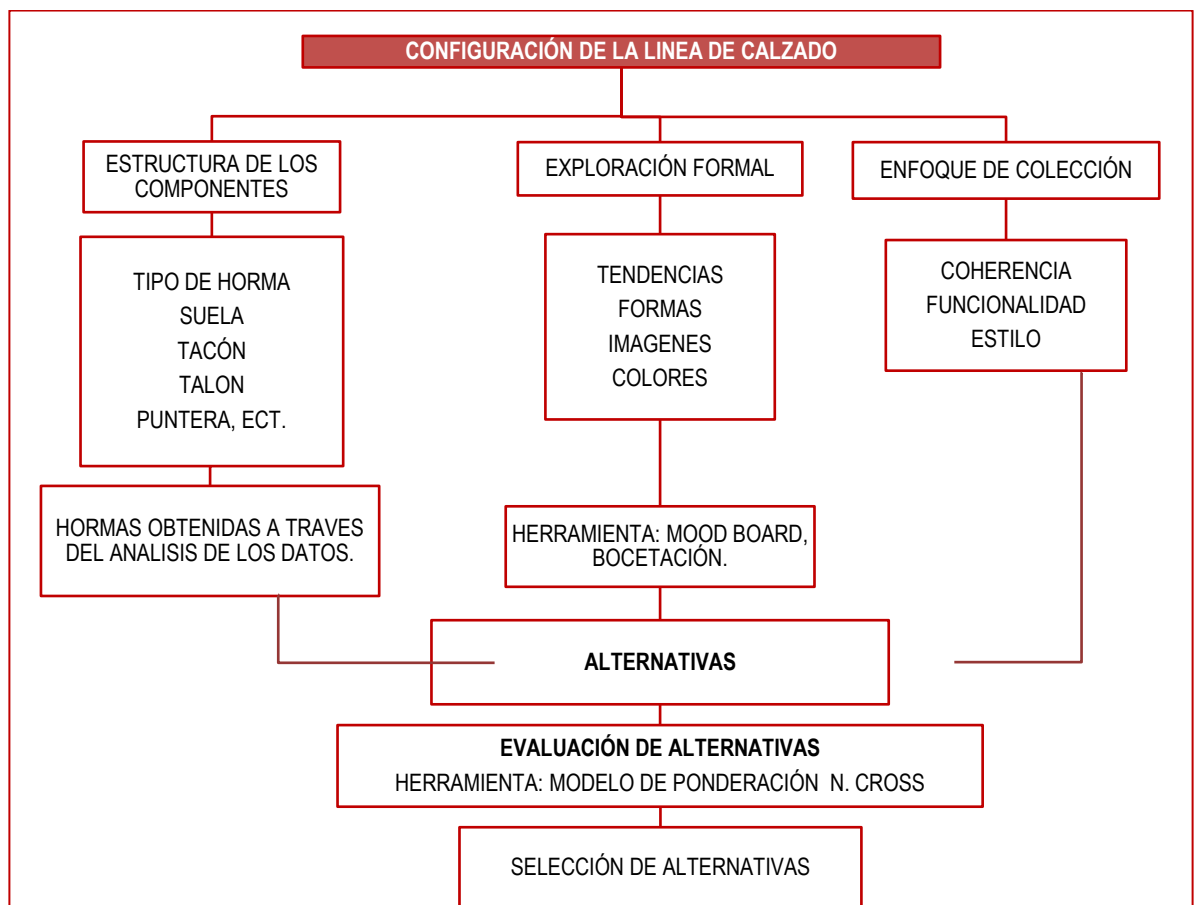
Finalizadas las pruebas se seleccionaron parámetros de diseño a partir de las preferencias del usuario obtenidas de las pruebas, con el fin de analizarlos en relación a las características antropométricas y definir el ajuste óptimo de cada zona del calzado. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.6 págs. 80 – 83.

**Alternativas y selección:**

En la generación de alternativas se tuvo en cuenta la información obtenida de la red sobre conceptos de moda de ACICAM, en la charla COLOMBIA PROPONE MODA realizada el 27 de mayo 2015 en la Cámara de Comercio de Bucaramanga, donde se dieron a conocer las tendencias primavera- verano 2016 (ver capítulo 6.4 pág. 56).

Teniendo en cuenta los diferentes aspectos que configuran una línea de calzado (ver ilustración 3) se desarrollaron varias alternativas mediante el diagrama de partes donde se interpretan las funciones del calzado en soluciones, para una posterior evaluación y selección de las mismas mediante el modelo de ponderación propuesto en la metodología de N. Cross (ver ilustración 4). Esta etapa se desarrolla en el capítulo 9.7- pág. 83 -88.

**Ilustración 3. Configuración para líneas de calzado.**



#### Ilustración 4. Modelo de ponderación N. Cross, ejemplo.

<b>EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b>							
<b>MODELO DE PONDERACIÓN</b>							
	Determinantes de Diseño	Criterio de Diseño	Peso 100% P	Alternativa 1		Alternativa 2	
				C	F	C	F
Funcional	Permitir recoger las papas	Levantar, tamizar, retirar otros elementos de la tierra	35	10	350	7	245
	Realizar la clasificación y recolectado de papas	Separación por tamaño	20	7	140	10	200
Ergonomía	Manipulación sencilla de la máquina	Ejecución correcta sin manual de uso	10	3	30	5	50
			30	5	150	3	90
					720		520

C= Calificación en función del grado de cumplimiento de los objetivos  
F= Ponderación final = P x C

C= 10 cumple; 7 cumple medianamente; 5 satisface; 3 no cumple

### Etapa 3: Validación y evaluación

#### Diseño en detalle

Se realizó el diseño de detalle de cada alternativa teniendo los resultados de las primeras pruebas de calce. Cada línea de calzado expone sus características y los detalles de cada elemento que las compone. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 10.1 pág. 89.

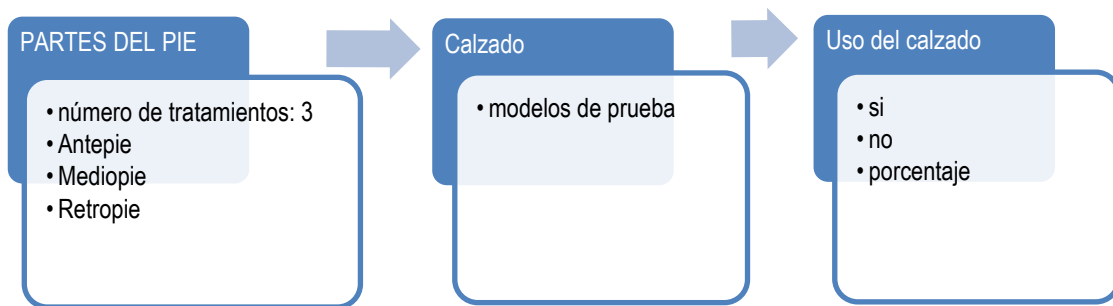
#### Segunda prueba:

Los modelos ajustados al resultado de la primera prueba de calce se evaluaron mediante el método que permite definir el grado de incomodidad con el fin de Validar y consolidar las características generales y específicas del nuevo sistema de tallaje.

### Protocolo 3

**Test de dolor en partes del pie (test de incomodidad):** Se realizó con el fin de registrar el dolor percibido por el usuario, las molestias son relacionadas con la función o las características de cada parte del calzado debe cumplir para evaluar y hallar la falencia. Se cuantifica mediante preguntas sobre el índice de molestia o dolor.

**Hipótesis:** cada parte del calzado influye significativamente en la incomodidad general del pie.



**Variable independiente:** partes del pie divididas en tres zonas: antepié, medio pie y retropié, evaluados según percepción del usuario.

**Variable dependiente:** Uso del calzado en donde se evalúa la percepción del usuario en cada zona del pie (incomodidad).

### Procedimiento:

- Se seleccionaron 15 personas entre hombres con talla del pie 40 y mujeres con talla de calzado 37, de edad entre los 18 a los 40 años de edad para que hicieran uso de los modelos del calzado.
- Se dio a conocer el proyecto y su objetivo de la siguiente forma:

racias por participar, estas pruebas contribuyen al proyecto de grado: sistema de tallaje del calzado que considere tanto el largo total del pie como la estructura del arco plantar del pie, con el fin comprobar las hipótesis planteadas y contribuir a la validación del proyecto”.

- El proceso se realizó en 2 horas, el usuario calza el zapato y posteriormente lo usa, cada media hora se realizó un registro de la percepción del usuario según la zona del pie mediante la siguiente encuesta:

**Ilustración 5. Formato de registro: Test de incomodidad.**

TERCER TEST DE LAS PARTES DEL PIE				PROYECTO DE GRADO: SISTEMA DE TALLAJE DEL CALZADO QUE CONSIDERE TANTO EL LARGO TOTAL DEL PIE COMO LA ESTRUCTURA DEL ARCO PLANTAR DEL PIE. POR: JOHANNA MILENA JAIMES								Nº 0000	
ENCUESTA PARA VALIDACIÓN DE PRUEBAS													
NOMBRE:		SEXO	F	M	ESTATURA	cm.	PESO	Kg.	FECHA	DD	MM	AA	
APELLIDOS:				LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:									
TIPO DE PIE				TIPO DE ARCO									
PIE GRIEGO		PIE EGIPCIO		PIE GRIEGO		PIE PLANO		PIE NORMAL		PIE CAVO			
Responda las siguientes preguntas según instrucciones del encuestador													
	1. Siente molestia por la inclinación suela en la puntera?	SI	NO		8. Siente molestia en la zona del talón del pie?	SI	NO						
	2. Siente molestia al mover los dedos del pie?	SI	NO		9. Siente molestia en la zona de la sujeción posterior a la altura del tobillo?	SI	NO						
	3. Siente molestia al mover la articulación metatarsofalángica?	SI	NO		10. Siente molestias a la hora de calzar el zapato?	SI	NO						
	4. Siente molestia en el empeine del calzado?	SI	NO	11. Siente molestia en la parte inferior del pie, por la suela o la plantilla?	SI	NO							
	5. Siente molestia en el arco medial del pie?	SI	NO	12. Siente molestia por la zona interna del calzado?	SI	NO							
	6. Siente molestia respecto al sistema de cierre?	SI	NO	13. Piensa que el calzado es estable?	SI	NO							
	7. Siente molestia en las zonas laterales del pie?	SI	NO	14. OBSERVACIONES									

Esta etapa se desarrolla en el capítulo 10.2 pág. 92-94.

**Fabricación del calzado:**

En esta fase se hicieron los ajustes finales de cada modelo teniendo en cuenta los resultados de la segunda prueba, sin descuidar las características funcionales de cada parte del calzado, se corrigieron los moldes, se definió finalmente la ficha técnica de la línea de calzado, que incluye todas las características del calzado para su elaboración, como materiales, accesorios, suelas, plantillas. Esta etapa se desarrolla en el capítulo 10.3 pág. 94- 99.

## 4. MERCADEO

Para que el producto este a la altura de las exigencias del mercado se diseñaron los diferentes elementos que contribuyen a su entrada y comercialización en el mercado.

- Marca: para dar a conocer el producto en el mercado se diseñó una marca, la cual es la imagen del producto. Se especificó la planimetría, las formas adecuadas de uso y la aplicación de colores.
- Empaque: Se diseñó la presentación del producto, que contribuye a mantenerlo en óptimas condiciones para su distribución y comercialización.

Esta etapa se desarrolla en el capítulo 11 pág. 100– 103.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 EL CALZADO

El calzado ha cambiado con el paso del tiempo, tanto en materiales como en sus valores de uso, función y signo; *“El zapato en un principio tuvo un significado funcional, luego se fue modificando de acuerdo con la evolución del vestido, después paso a ser un signo de dignidad”*<sup>28</sup>. Actualmente existe una gran variedad de calzado que se puede clasificar de varias formas: según el material puede ser de caucho, plástico, cuero, textiles, materiales trenzados, madera, corcho. Según su tipo o finalidad en zuecos, deportivos, chanclas, alpargatas, botas, sandalias, mocasines, de seguridad, casuales, zapatillas, entre otros. Por último según otras características pueden ser por ejemplo: si cubren o no el tobillo, el tamaño, la altura del tacón y si son para hombres, mujeres o niños.

Cada tipo de calzado presenta diferentes partes y características que le permite cumplir con las funciones, aunque no todos tienen las mismas partes, básicamente están conformados por una suela, plantillas, tacón, empeine, parte lateral<sup>29</sup>.

Un aspecto importante y en el que se basa este proyecto, es el sistema de tallaje de calzado. Se sabe que la industrialización trajo consigo la masificación del calzado a cualquier estrato social, hasta hoy en día cada región conserva su sistema de tallaje que difiere debido a los sistemas numéricos de cada país. Los sistemas de tallaje vigentes son el europeo, el mexicano, el japonés, el inglés, el

---

<sup>28</sup> Nuñez , M., Pizarroso, S., & Llanos Alcázar, L. Biomecanica, medicina y cirugía del pie. (2 ed.). Barcelona: Elsevier Masson. 2007. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=DQ22QAtba3YC&printsec=frontcover&dq=biomecanica+del+pie&hl=en&sa=X&ei=cGRmVNfuAoOrgwSmpYCwDw&ved=0CDQQ6AEwAg#v=onepage&q=biomecanica%20del%20pie&f=false>

<sup>29</sup> Historia del zapato. Disponible en: [www.zapatos.org/historia-del-zapato/](http://www.zapatos.org/historia-del-zapato/)

americano, el australiano, el ruso y el coreano. Cabe aclarar que la medida del calzado no constituye un valor fijo que guarde relación invariable con el largo del pie, dado que la diferencia entre el largo del calzado y del pie dependen tanto de la forma de la horma (que varía en función de la moda) como de las distintas exigencias funcionales que plantea el calzado<sup>30</sup>. Además la mayoría de los sistemas manejan diferentes tallas para hombres y mujeres, aunque en algunas regiones como Corea, Europa y México son unisex<sup>31, 32, 33</sup>.

Para poder establecer una relación acertada entre el pie y el calzado, es necesario conocer las diferentes características que presenta los pies, para luego abarcar los aspectos más relevantes que proporcionan la comodidad en el calzado.

#### **a. Anatomía del pie**

*“El pie tiene una morfología espacial formada esencialmente por la bóveda plantar (pie estático) y contemplada por el triángulo anterior, compuesto por el apoyo metatarsiano y los dedos (pie dinámico)”<sup>34</sup>*. Los pies son una fuerte estructura mecánica que les permite a las personas realizar diferentes acciones, como saltar, desplazarse y correr. Además posee un cuarto de los huesos del cuerpo (26 huesos), unidos entre sí por medio de ligamentos, que constituyen articulaciones variables. También los pies poseen músculos que logran el control de los movimientos y son el soporte de su estructura, los cuales son enlazados a las articulaciones y huesos por medio de los tendones. Todo este conjunto logra la estabilidad, la movilidad, y el soporte del cuerpo humano.

---

<sup>30</sup> Barretto , S. Diseño del calzado urbano. Buenos Aires: Nobuko. 2006. Obtenido de [www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+numeracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5\\_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false](http://www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+numeracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false)

<sup>31</sup> Fuente: [www.revistadeartes.com.ar/revistadeartes%207/edadmedia.html](http://www.revistadeartes.com.ar/revistadeartes%207/edadmedia.html)

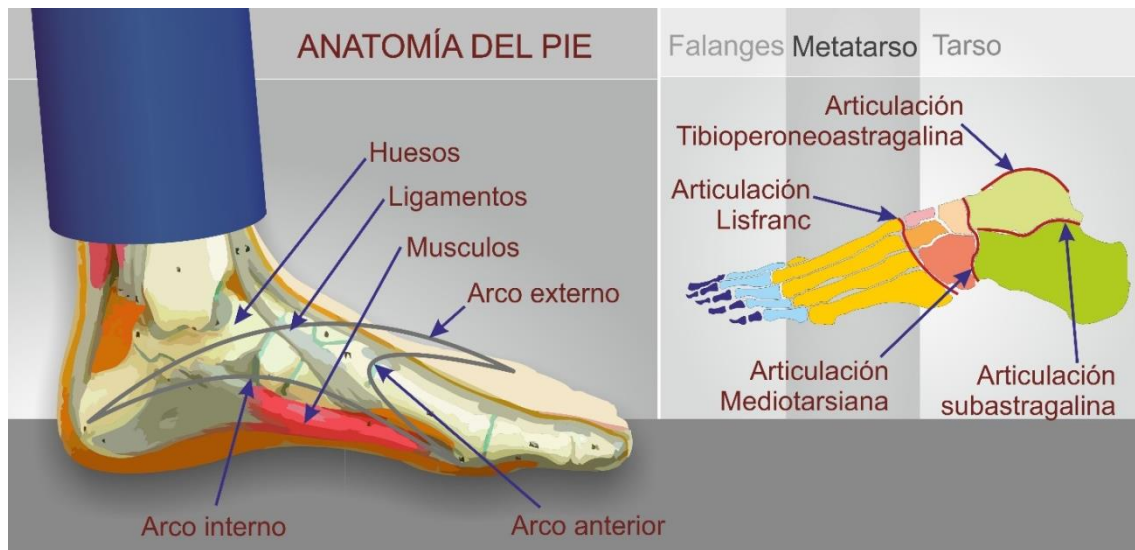
<sup>32</sup> Goonetilleke, 2003. Op. Cit.

<sup>33</sup> Barretto. Op. Cit.

<sup>34</sup> Nuñez , Pizarroso, & Llanos Alcázar. Op. Cit.

La estructura del pie posee una forma arqueada, conformada de arcos longitudinales y transversales, llamada bóveda plantar que da forma al pie, brinda flexibilidad, da estabilidad y soporta fuerzas de compresión, además ayuda al pie a adaptarse por diferentes tipos de suelo y funciona como amortiguador. Esta bóveda posee dos movimientos invertidos: la pronación (cuando gira el retropié) y la supinación (cuando gira el antepié). En conclusión se puede decir que la bóveda plantar es la base de toda la estructura humana (Ilustración 6)<sup>35</sup>.

**Ilustración 6. Anatomía del pie.**



**b. Tipos de pie**

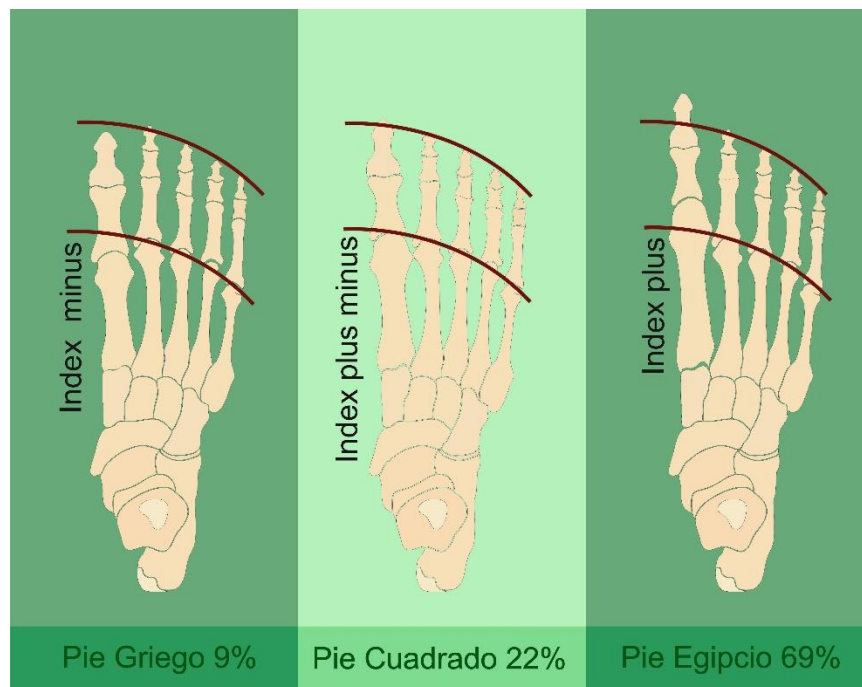
*Según la forma del antepié del pie*

Según la longitud relativa de los dedos se puede clasificar en tres tipos: el pie cuadrado, el pie griego y el pie egipcio. Para el caso del pie cuadrado los dedos están casi a la misma altura, mas no en niveles (ni ascendentes, ni descendentes). Para las personas con este tipo de pie se recomiendan zapatos espaciosos

<sup>35</sup> Ibid.

adelante, para lograr que los dedos tengan espacio y no se ocasionen callosidades, dolores y deformaciones. El pie griego es contrario al anterior, en este tipo de pie el segundo dedo es más largo que el dedo gordo o los demás dedos y generalmente se generan dolores y problemas debido a la gran separación entre estos dos dedos. Se recomienda el uso de zapato de horma alargada y amplia. Por último el pie egipcio, morfológicamente este se adecúa a diferentes actividades. En este caso, el segundo dedo es más corto que el anular o dedo gordo y los demás dedos van decreciendo en orden, es la forma de pie más habitual y se recomienda el uso de zapatos de horma amplia y punta redonda<sup>36</sup> (Ilustración 7).

**Ilustración 7. Tipos de pies. (Barretto , 2006)**

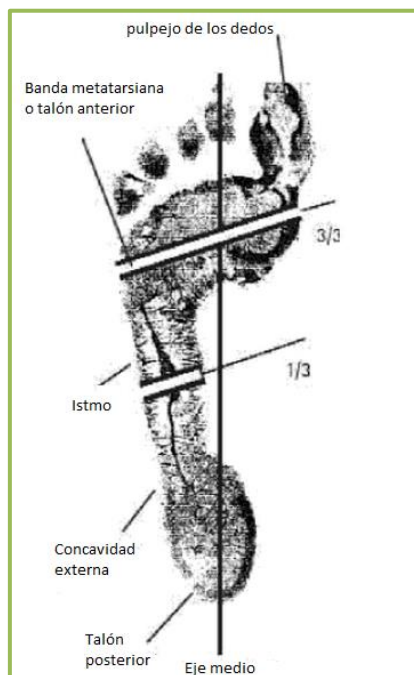


<sup>36</sup> Cuáles son los tipos de pie y porque su importancia. Disponible en: [www.biomec.com.co/Tipos-de-pie-y-su-importancia](http://www.biomec.com.co/Tipos-de-pie-y-su-importancia)

*Según el tipo de pisada.*

La huella plantar es un registro de la pisada, sobre su impresión se pueden practicar medidas y visualizar presiones. Esta presenta diferentes características, cada pulpejo de los dedos configura una imagen redonda u ovalada, separada de la zona metatarsiana por un espacio libre, el talón anterior presenta un límite anterior regular en forma de arco y la zona ancha de apoyo del pie se sitúa al nivel de las articulaciones metatarsofalángicas. Luego se ubica el istmo que es una zona de apoyo correspondiente al arco externo del pie, su anchura mide alrededor de un tercio de la medida del antepié, su borde externo es cóncavo hacia el exterior, en esta zona el apoyo es débil. Después está el apoyo del talón posterior que tiene forma oval, es una zona de apoyo fuerte. En la huella plantar se traza un eje medio que pasa por el segundo dedo y el eje del talón. (Ilustración 8).<sup>37</sup>

**Ilustración 8. Huella del pie, tomada de: (Barreto, 2006).**



<sup>37</sup> Barreto. Op. Cit.

Con el estudio de la huella plantar se ha podido identificar tres tipos de pisada producidas por la altura del arco del pie, con las cuales se clasifican los usuarios así: Las personas con los pies planos o arcos muy bajos, tienden a pronar induciendo a una caída del pie hacia la zona interna, los tobillos giran hacia dentro, y se produce una amortiguación natural del cuerpo, para adaptarse a la irregularidades del terreno; el pie disipa parte de la carga que recibe en cada paso, si no fuera por ese movimiento de pronación los pies se lesionarían continuamente.

Por otra parte, las personas con arcos altos que hacen lo contrario, es decir supinan, esto se debe a una disminución del efecto pronatorio fisiológico. El apoyo es por la parte externa del pie, es un pie muy estructurado y con poca movilidad, con una bóveda plantar y el tobillo hacia fuera, a menudo se confunde con el deterioro excesivo de la zona externa del talón, los supinadores comprimen y desgastan su calzado a todo lo largo de los bordes externos y la zona del talón.

Por último están las personas con el arco normal, significa que tiene pronación normal, los tobillos no giran ni hacia el interior o el exterior del pie, el apoyo inicia por la parte externa del tobillo realizando una cautelosa pronación por parte del mediopié y despegando el antepié entre el primer y segundo metatarsiano<sup>38, 39, 40</sup> (Ilustración 9).

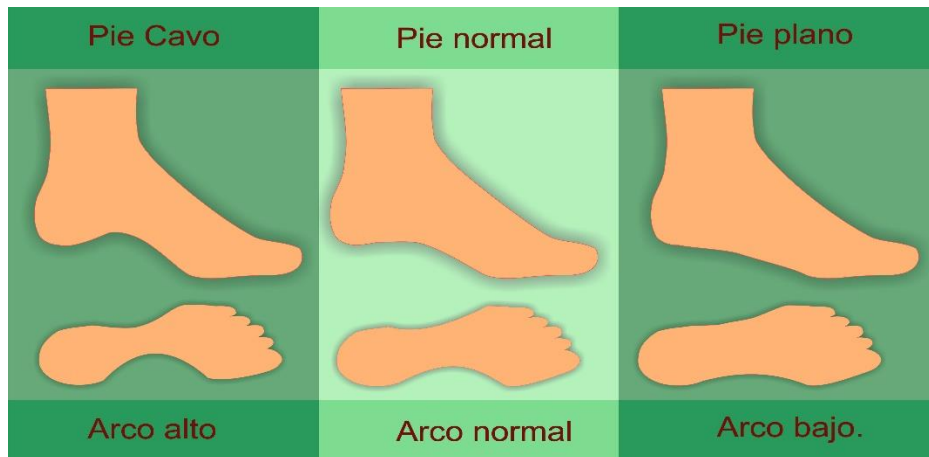
---

<sup>38</sup> Tipos de pisada – Sobrepronador, Neutral o Supinador. Disponible en: [www.runmx.com/tipos-de-pisada/](http://www.runmx.com/tipos-de-pisada/)

<sup>39</sup> García Fontecha, D. G. Pie plano flexible. Actualizado marzo 2012. Disponible en: [www.traumatologiainfantil.com/es/pie/pies\\_planos](http://www.traumatologiainfantil.com/es/pie/pies_planos)

<sup>40</sup> Segunda sección. Patología ortopédica. Patología ortopédica del pie. Disponible en: [www.escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau\\_Secc02/Trau\\_Sec02\\_10.html](http://www.escuela.med.puc.cl/publ/OrtopediaTraumatologia/Trau_Secc02/Trau_Sec02_10.html)

**Ilustración 9. Tipo de pisada según la altura del arco del pie.**



### **c. Antropometría del pie**

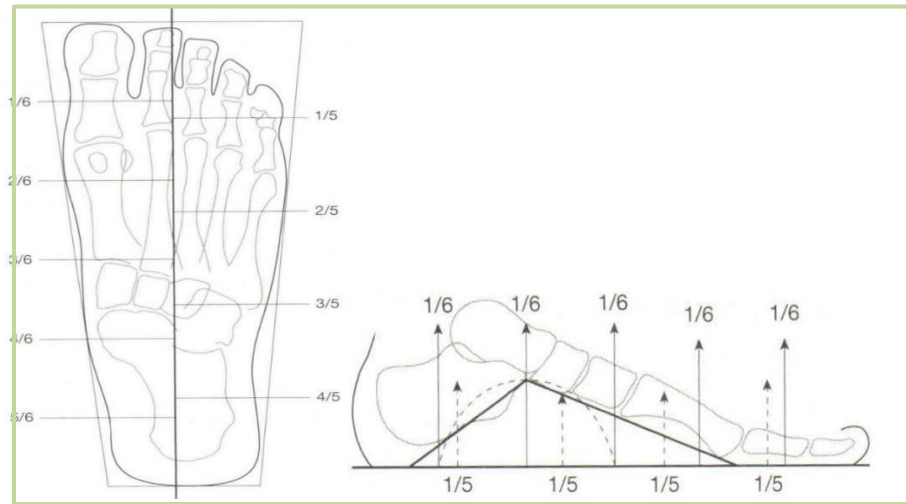
La antropometría nació debido al interés de conocer las proporciones y medidas del cuerpo humano, es decir, “esta ciencia permite medir longitudes, anchos, grosores, circunferencias, volúmenes, centros de gravedad y masas de diversas partes del cuerpo”<sup>41</sup> para diversas aplicaciones<sup>42</sup>. En el pie se puede medir la longitud, anchura, altura, volumen, peso y contenido graso de sus estructuras, para obtener los datos antropométricos se debe inscribir el pie en un polígono cuyos lados mayores son tangentes a los borde interno y externo, y los menores unas paralelas en los puntos externos anterior y posterior del pie, la limitaciones son que esto solo se puede hacer en dos planos espaciales (Ilustración 10). Estas divisiones son claves para localizar otras medidas, como: el arco longitudinal interno y el arco longitudinal externo, la anchura máxima del antepié, la anchura máxima del retropie o datos de interés porcentual<sup>43</sup>.

<sup>41</sup> Carranza B., Alexandra. Ergonomía ocupacional. El uso de las tablas antropométricas. [www.ergocupacional.com/4910/35922.html](http://www.ergocupacional.com/4910/35922.html)

<sup>42</sup> Ibid

<sup>43</sup> Moreno de la Fuente, J. L. Podología general y Biomecánica. Barcelona: Elsevier Masson. 2009. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=xSCX5AZ6nd8C&printsec=frontcover&dq=biomecanica+del+pie&hl=en&sa=X&ei=cGRmVNfuAoOrgwSmpYCwDw&ved=0CFUQ6AEwBw#v=onepage&q=biomecanica%20del%20pie&f=false>

**Ilustración 10. Antropometría del pie, medidas en sentido anteroposterior y transversal.**



Fuente: Moreno de la Fuente, J. L. *Podología general y Biomecánica*. Barcelona: Elsevier Masson. 2009. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=xSCX5AZ6nd8C&printsec=frontcover&dq=biomecanica+del+pie&hl=en&sa=X&ei=cGRmVNfuAoOrgwSmpYCWdw&ved=0CFUQ6AEwBw#v=onepage&q=biomecanica%20del%20pie&f=false>

En un estudio antropométrico de la población femenina Bumanguesa se consideró que la longitud normal del pie está en un rango de 21,69 cm a 25,85 cm, con un promedio de 23,77 y el perímetro de la articulación metatarsofalángica en promedio 9,1. Adicional a esto se verificó una relación directa entre la estatura y el largo del pie<sup>44</sup>. Por otra parte, al analizar el índice de masa corporal respecto a la longitud del pie, se determinó que es necesario tener en cuenta diferentes perímetros a la hora de establecer el nuevo sistema de tallaje, ya que la relación directa de estas dos medidas evidencia que las personas con sobrepeso tienen un mayor perímetro que las personas con delgadez, con el estudio de esta medida se comprobó que el pie de la población femenina bumanguesa es más ancho que la

<sup>44</sup> Parada Gamboa, A. Tesis de grado: Estudio antropométrico del pie femenino para su aplicación en la estandarización de medidas conucentes a la elaboracion de hormas para el calzado urbano. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2014

medida con la que fabrican el calzado, esto quiere decir que gran parte de la población calza una talla más que la que debería usar.<sup>45</sup>

Otra característica importante a mencionar es la diferencia de longitud de los dos pies de una misma persona, se encontró que un 13% de la población tiene aproximadamente 6 mm de diferencia entre un pie y otro, en un 63% de los usuarios el pie izquierdo es más largo que el derecho. Otra medida analizada es el largo de los dedos del pie, donde el 59% de los usuarios tiene pie tipo egipcio, el 25% griegos y el 17% restantes tienen pies cuadrados. Adicional a esto se evidenció una diferencia en la altura del arco plantar transversal del pie ya que el 62% de los usuarios poseen pies con arco normal, pero el 38% tiene arco cavo o arco plano. Esta medidas se relacionó al índice de masa corporal IMC y se determinó que no existe una diferencia marcada por algún rango de peso<sup>46</sup>.

#### ***d. Fisiología del pie***

La fisiología es la ciencia que estudia las funciones de los seres vivos, para este caso nos centraremos en la fisiología del pie. Durante la vida los pies golpean en promedio, 10 millones de veces el suelo en un actividad habitual y por tanto se ejerce una fuerza o presión. También los pies resisten de 3 a 4 veces el peso del cuerpo, es decir, el pie gestiona los contactos estáticos y dinámicos del cuerpo con el suelo además de cumplir con diferentes funciones<sup>47</sup>.

Las funciones estáticas como la plasticidad, es la adaptación del pie al relieve del suelo para que pueda amoldarse a una superficie desigual o no horizontal. También está la firmeza, ya que una vez se pone el pie en el suelo se acopla a la

---

<sup>45</sup> Ibid

<sup>46</sup> Ibid

<sup>47</sup> Martínez López, R. El pie en la evolución del ser humano: desarrollo, trastornos y prevención. Madrid: Visión Net. 2007. Obtenido de [http://books.google.com.co/books?id=\\_4A17X98KRgC&pg=PA51&lpg=PA51&dq=fisiologia+del+pie&source=bl&ots=kVFUDmpnAy&sig=nZKedRGonzAxlh8WGLaSdbCwh8&hl=es-419&sa=X&ei=8LVnVPnMFcmkgwTy9oHwBg&ved=0CFIQ6AEwCg#v=onepage&q=fisiologia%20del%20pie&f=false](http://books.google.com.co/books?id=_4A17X98KRgC&pg=PA51&lpg=PA51&dq=fisiologia+del+pie&source=bl&ots=kVFUDmpnAy&sig=nZKedRGonzAxlh8WGLaSdbCwh8&hl=es-419&sa=X&ei=8LVnVPnMFcmkgwTy9oHwBg&ved=0CFIQ6AEwCg#v=onepage&q=fisiologia%20del%20pie&f=false)

superficie y mantiene el apoyo estabilizándose. La función dinámica como la amortiguación, brinda estabilidad al resto del cuerpo a partir del soporte del peso y la distribución de las fuerzas recibidas, también aporta eficiencia para impulsar el cuerpo hacia adelante. Otra función es la recepción, que influye en la capacidad del pie para responder a la amortiguación cuando se apoya el pie al suelo, más o menos rápido. La propulsión, que es la restitución de la energía acumulada en el momento de la recepción o de una definitiva aceleración en un impulso<sup>48</sup>. Con base en lo anterior la tabla 1 describe la función principal de los elementos fundamentales de pie y de sus articulaciones:

**Tabla 1. Funciones de los elementos principales del pie y de sus articulaciones**

Elemento del pie y articulaciones	Funciones
<b>Apoyo posterior o talón.</b>	Mantiene al pie en equilibrio, su función es estabilizadora.
<b>Apoyo anterior o antepié.</b>	Función dinámica.
<b>Bóveda plantar o parte media.</b>	Amortiguador del pie, función rítmica (los huesos actúan de forma sincrónica).
<b>Articulación Subastragalina y articulación de Chopart.</b>	Articulaciones de acomodación: tienen como misión amortiguar el choque del pie con el hueso y adaptarlo a las irregularidades del terreno (figura 6).
<b>Articulación de tobillo y articulación Metatarsofalángicas.</b>	Articulaciones de movimiento: su función principalmente es dinámica y son fundamentales para la marcha (figura 6).

Fuente: Álvarez Camarena, C., & Palma Villegas, W. Desarrollo y Biomecanica del arco plantar. *Revista Ortho-Tips*, 215-222. 2010. Obtenido de [www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031](http://www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031)

<sup>48</sup> Álvarez Camarena, C., & Palma Villegas, W. Desarrollo y Biomecanica del arco plantar. *Revista Ortho-Tips*, 215-222. 2010. Obtenido de [www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031](http://www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031)

### ***e. Biomecánica del pie***

La biomecánica es la ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica (física) en las estructuras y órganos de los seres vivos. Ciertamente los pies son un elemento fundamental en la actividad humana y del aparato locomotor, ya que los músculos, arterias, venas, ligamentos y huesos, intervienen con sus funciones, movimiento, formas y proporciones específicas para que los pies puedan cumplir sus funciones. Para analizar el pie se tienen en cuenta tres partes fundamentales que permiten cumplir con sus funciones principales: la bóveda plantar, su apoyo posterior o talón y su apoyo anterior o antepié, como también los rangos de movimiento naturales del pie (Anexo A) y el movimiento que se realiza cada segmento del pie (Anexo B).

Desde una óptica estática, el ser humano logra conservar su equilibrio sobre una o las dos extremidades inferiores sin tener que cambiar la posición del pie. El equilibrio ocasiona el reflejo de colocación, proceso donde los segmentos del cuerpo toman una posición adecuada como resultado de la intervención de los músculos, como también resulta una reacción tónica de sostén por efecto de la gravedad cuando los segmentos se encuentren alineados de modo que no vuelvan a plegarse sobre sí mismos, obteniendo un sistema de equilibrio. Dicho sistema de equilibrio es necesario para mantener la actitud de bipedestación.

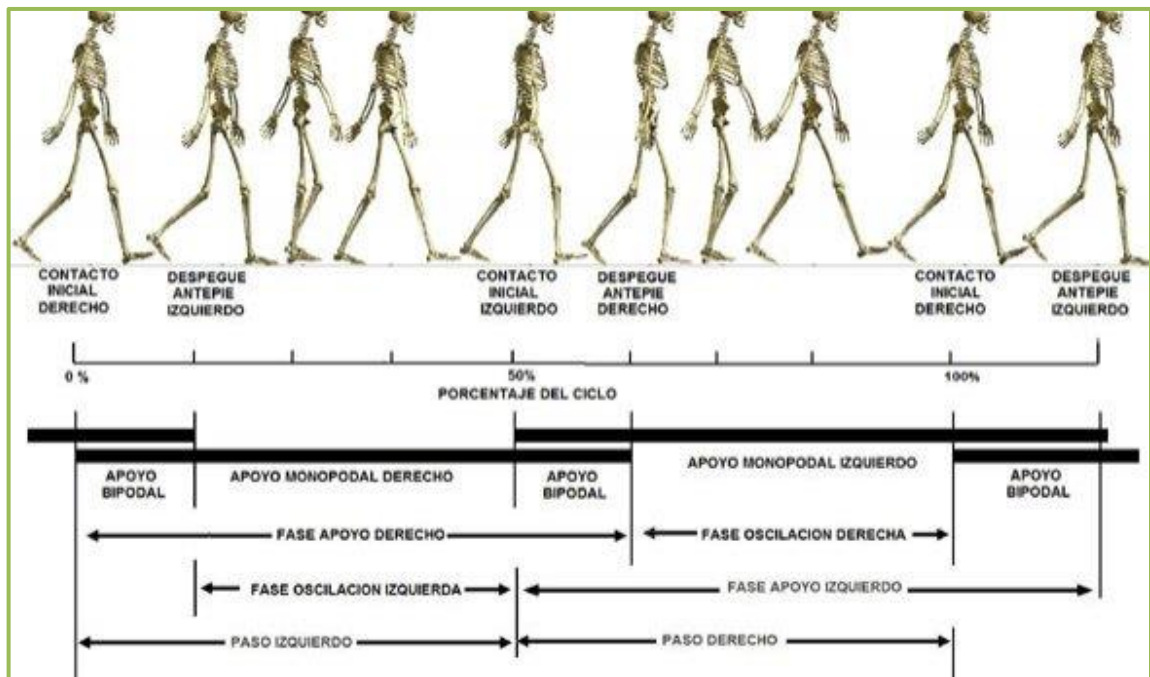
Por otra parte, desde una óptica dinámica los pies son parte fundamental en el proceso de locomoción, conocido como la marcha (Ilustración 11), la cual es una sucesión de impulsos y frenados en los que el motor o el impulso se sitúan a nivel de la parte posterior del pie o retropié y el frenado en el anterior o antepié. La carga generada por el peso del cuerpo que recibe el pie, se duplica o triplica con el impulso de la marcha<sup>49, 50</sup>.

---

<sup>49</sup> Viladot Pericé, A. Significado de la postura y de la marcha humana. Madrid: Complutense. 1996. Obtenido de <http://books.google.com.co/books?id=4xAnp75QwksC&pg=PA204&dq=pie+y+calzado&hl=es-419&sa=X&ei=vPxnVnKpMYaYgwSVwYKYAg&ved=0CDUQ6AEwBTgK#v=onepage&q=pie%20y%20calzado&f=false>

Durante la marcha normal, toda la extremidad inferior rota medialmente, luego cuando se logra el contacto del talón y consecutivamente de la planta de pie, las articulaciones subtalares se mueven hacia la eversión, el pie hacia la pronación, y el antepié se vuelve flexible para absorber el impacto y adaptarse a las irregularidades en la superficie del suelo. Luego, en la mitad de la fase portante y en el despegue el pie empieza a cambiar el movimiento y rotar lateralmente (supina) a medida que la articulación subtalar realiza una inversión; transformando el pie en una estructura rígida capaz de propulsar<sup>51</sup>.

**Ilustración 11. La marcha humana, ciclo, porcentajes y fases.**



Fuente: Control muscular. Disponible en: [www.marchakine.blogspot.com/](http://www.marchakine.blogspot.com/)

<sup>50</sup> Viladot Voegeli, A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Revista Española de Reumatología, 469- 488. 2003. Obtenido de file:///D:/SEMESTRES%202014-2/proyecto%20de%20grado%20I/para%20marco%20referencial/Anatomia%20funcional%20y%20biomecánica%20del%20tobillo%20y%20el%20pie.pdf

<sup>51</sup> Disponible en: [www.indernet/Provincias/hlg/documentos/texto/BIOMECANICA/Biomec%C3.PDF](http://www.indernet/Provincias/hlg/documentos/texto/BIOMECANICA/Biomec%C3.PDF)

Finalmente desde una óptica cinética, en posición bipodal, el peso del cuerpo es transmitido por la pelvis al suelo a través de las extremidades inferiores, entonces, cada pie soporta la mitad del peso corporal. Así durante la marcha el 60% de las fuerzas se dirige al calcáneo y el 40% al antepié, sin embargo al levantar el talón del suelo esta proporción varía, aumentando la carga en el antepié, logrando que las fuerzas pico verticales alcanzan el 120% del peso corporal durante la marcha y se aproximan al 275% durante la carrera. Con mayor detalle, sucede que al llegar al pie al suelo, las fuerzas se encuentran primero con el astrágalo, cuya principal función cinética es distribuir las fuerzas hacia los diferentes puntos de apoyo.

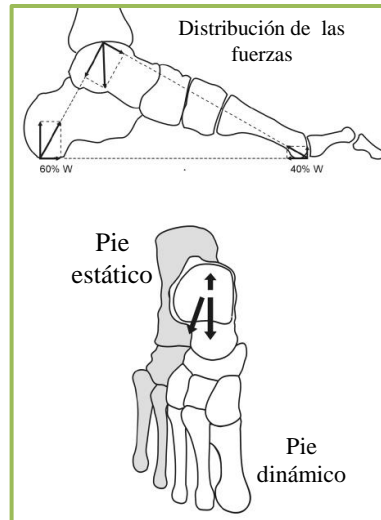
Debido a las fuerzas que soporta el pie se puede dividir en: pie dinámico y pie estático. El pie dinámico, cuando el talón cumple con la función de distribuidor de cargas llevando hacia atrás la mayor parte de la carga a través del calcáneo y hacia adelante el resto de la carga por las cuñas y los tres primeros metatarsianos. El pie estático, cuando por el lateral externo las fuerzas llegan al suelo a través del cuboides y metatarsianos.<sup>52, 53</sup> (Ilustración 12).

---

<sup>52</sup> Disponible en: [www.dc731.4shared.com/doc/VWtrKfMFU/preview.html](http://www.dc731.4shared.com/doc/VWtrKfMFU/preview.html)

<sup>53</sup> Viladot Voegeli, 2003. Op. Cit.

## Ilustración 12. Distribución de las fuerzas (A) Pie dinámico y estático (B).



Fuente: Viladot Voegeli, A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. Revista Española de Reumatología, 469- 488. 2003. Obtenido de file:///D:/SEMESTRES%202014-2/proyecto%20de%20grado%20I/para%20marco%20referencial/Anatomia%20funcional%20y%20biomecánica%20del%20tobillo%20y%20el%20pie.pdf

### **f. Conclusiones relacionadas con el calzado**

Para llegar a un sistema de tallaje centrado en el usuario es indispensable tener en cuenta la comodidad en todo sentido tanto psicológico como físico, para ello se ha centrado el estudio del calzado en cada una de las áreas o partes que lo conforman. Se tuvo en cuenta la interacción del pie con el calzado, es decir de las características y funciones del pie, como de las interacción del calzado y el entorno. Se encontraron los factores claves para lograr la comodidad de pie en el calzado, siendo de gran importancia el análisis detallado de cada uno:

- Anatómicamente el pie presenta diversas variaciones como: las diferentes longitudes de sus dedos, la altura de la bóveda plantar y la longitud del pie entre otras, las cuales determinan el ajuste ideal para que el usuario logre la comodidad total al usar el calzado. Dichas características se podrían relacionar entre sí para determinar grupos de población con característica del pie similares.

- Se encontró una relación directa entre la estatura y la longitud del pie; resaltando que entre personas de la misma talla el perímetro de la articulación metatarsofalángica varía.
- Es importante comparar aspectos como el índice de masa corporal IMC respecto a características claves del pie (el largo o la medida de la altura del arco medial transversal) para determinar diferencias o relaciones entre estos.
- Se encontraron aspectos que contribuyen a la estabilidad, la firmeza, la plasticidad y el apoyo que requiere el pie estáticamente, los cuales deben ser tenidos en cuenta para el análisis de características como la amortiguación y la estabilidad del calzado.
- En el proceso de locomoción el pie es sincronizado, el retropié actúa impulsando y al mismo tiempo distribuye las fuerzas siendo de vital importancia que la parte del calzado que lo contiene sea firme y estable en la parte posterior (contrafuerte). Por otro lado el antepié actúa como freno, siendo flexible para absorber el impacto y adaptarse a las irregularidades del terreno, por eso en esta zona el calzado debe permitir los movimientos naturales del pie, tanto el movimiento de la articulación como el movimiento de las falanges.

## **5.2 ASPECTOS ANATÓMICOS, FUNCIONALES Y BIOMECÁNICOS QUE CONTRIBUYEN A LA COMODIDAD E INCOMODIDAD**

Por años “*se ha discutido sobre la influencia del calzado en la postura y en la patología del pie, evidentemente cierto calzado es perjudicial, pero no todos*”<sup>54</sup>. Se conoce que a través de los nervios sensitivos se transmiten al cerebro todas las informaciones recogidas por los pies (por la piel, los tendones y las articulaciones) y que durante la posición estática, las estructuras óseas y musculares aseguran a los pies un papel estático ideal. Es por esto que un trastorno estático del pie

---

<sup>54</sup> Viladot Pericé, 1996. Op. Cit.

modificaría esta condición y provocaría una patología de sobrecarga más o menos localizada; por ejemplo los zapatos de mujer de puntera muy estrecha, que si se usan un número inferior al adecuado, modificaran la distribución normal de las fuerzas del pie, sobrecargando el antepié, los dedos estarán comprimidos apareciendo con el tiempo problemas como el juanete, dedos de martillo, uñas encarnadas o metatarsalgias<sup>55</sup>.

Asimismo cuando entre más elevado está el talón (debido al tacón) más carga se desplaza hacia el antepié, generando una sobrecarga y provocando patologías no deseadas. Además, en otros estudios realizados en la Universidad de Calgary en Alberta, Canadá, se determinó que la distribución de las presiones plantares cambia con el calzado, este reduce la presión pico del talón, produciendo una distribución de presión más uniforme. Por tanto cuando se portan zapatos, la distribución de la carga del antepié se desplaza medialmente con la máxima presión bajo las cabezas del primer y segundo metatarsiano y las presiones bajo los dedos también se incrementan.

La historia de los avances con relación al calzado han sido pocos, la estandarización del mercado no ha dejado entender que es necesario analizar y establecer los diferentes aspectos que permiten la comodidad del calzado para lograr una relación adecuada entre el pie y el calzado<sup>56, 57</sup>.

#### **a. Comodidad entre el pie y el calzado.**

La comodidad es una “*percepción individual siempre cambiante influenciado por factores mecánicos, neurofisiológicos, y psicológicos*” (Slater, 1985). Basados en diversos estudios se ha demostrado que existen diferencias en las dimensiones de las escalas de comodidad, en el pie la comodidad se percibe según las áreas del pie (por ejemplo, el talón, arco medial / lateral, y la parte delantera del pie) o

---

<sup>55</sup> Ibid

<sup>56</sup> Barretto. Op. Cit.

<sup>57</sup> Goonetilleke, & Luximon. Op. Cit.

características del calzado (por ejemplo, la longitud, el volumen, la amortiguación, y apoyo) (tabla 2).<sup>58</sup>

**Tabla 2. Aspectos más relevantes del calzado en relación a la comodidad**

Aspecto	Características del calzado
<b>Ajuste al pie</b>	La forma de volumen interno debe adaptarse adecuadamente al volumen del pie de cada usuario, para lograr una distribución adecuada de presiones.
<b>Fricción</b>	Está comprobado que dependiendo de la fricción percibida al hacer contacto con el suelo, los humanos adaptan su patrón de marcha. Según el material del calzado se generan esfuerzos mecánicos sobre la piel y tejido interno de la planta del pie que en ocasiones causan lesiones.
<b>Movimiento del pie</b>	La flexibilidad y rigidez adecuada a cada parte del calzado, que no impida al pie realizar sus funciones. Según estudios el calzado tiene una influencia significativa en la pronación y en la carga del pie.
<b>Absorción de impactos y amortiguación</b>	El material de las suelas, contrasuela y plantillas cuando son duras o muy blandas que impiden la absorción de impactos o permiten una excesiva atenuación de las fuerzas de reacción del suelo. Como también que influyan en una excesiva amortiguación.
<b>Rendimiento y fatiga</b>	El peso del calzado es importante para obtener confort, un calzado pesado aumenta la incomodidad.
<b>Aspectos climáticos</b>	El material debe tener características térmicas adecuadas que permitan el aislamiento y la transpirabilidad.
<b>Estética y moda</b>	Los colores, las formas y en general la estética del calzado afecta al usuario psicológicamente, causando estrés, falta de concentración, etc.

Fuente: adaptada de: (Slater, 1985).

Los estudios realizados por diferentes Universidades alrededor del mundo demostraron que mediante pruebas de desgaste y físicas se concluyó que la percepción de comodidad está definida por los aspectos psicológicos, como la sensación de bienestar y placer, en cambio la incomodidad se percibe por aspectos físicos, debido al dolor o las sensaciones que generan incertidumbre o desasosiego. Debido a esto se puede establecer una relación directa con los

<sup>58</sup> Mills, Blanch , & Vicenzino. Op. Cit.

distintos aspectos del calzado, donde la comodidad este definida por los aspecto psicológicos y la incomodidad por los aspectos físicos (Tabla 3). Estos pueden ser evaluados y analizados por separado o en conjunto mediante diferentes métodos<sup>59, 60, 61, 62</sup>.

**Tabla 3. Comodidad e incomodidad relacionada con los aspectos del calzado**



Es importante reconocer que en un intento por mejorar la relación del calzado, se podrían generar la falsa sensación de seguridad, aumentando así el daño al usuario, por ejemplo: un buen soporte indica estabilidad pero puede producir una amortiguación excesiva que dificulte tareas como caminar o correr, por eso es indispensable evaluar cada área teniendo en cuenta su función y su respectiva interacción con las demás partes<sup>63, 64, 65, 66</sup>.

<sup>59</sup> Goonetilleke, & Luximon. Op. Cit.

<sup>60</sup> Mills, Blanch , & Vicenzino. Op. Cit.

<sup>61</sup> Slater. Op. Cit.

<sup>62</sup> Goonetilleke. Op. Cit.

<sup>63</sup> Goonetilleke, & Luximon. 2001. Op. Cit.

<sup>64</sup> Mills, Blanch , & Vicenzino, Op. Cit.

<sup>65</sup> Slater. Op. Cit.

<sup>66</sup> Goonetilleke. Op. Cit.

Teniendo en claro que la comodidad proporciona la sensación de bienestar y evita producir dolor<sup>67</sup>, se puede establecer una relación con los diferentes aspectos anatómicos, funcionales y biomecánicos del pie que contribuyen a la comodidad y encontrar métodos que permitan poder evaluarlos adecuadamente.

***b. Aspectos anatómicos que influyen en la comodidad del pie en el calzado.***

En la siguiente tabla (Tabla 4) se mencionan los diferentes aspectos anatómicos del pie que influyen en la comodidad cuando se hace uso del calzado, la información se recopiló de las diferentes fuentes, para lograr una descripción más detallada de la función y características de cada aspecto anatómico del pie.

Cabe aclarar que los aspectos anatómicos se relacionan principalmente con la forma externa del pie.

**Tabla 4. Aspectos anatómicos del pie que influyen en la comodidad.**

ASPECTOS ANATÓMICOS DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD
<b>Bóveda plantar</b>	Material	Mantener la flexibilidad. Evita cargas excesivas, si material es liviano <sup>68</sup> .
	Suela	Lograr la estabilidad que el pie requiere. Ayudar a soportar las fuerzas de compresión <sup>69</sup>
<b>Forma del pie (sin carga)</b>	Dimensiones del calzado	Lograr el ajuste en descarga, es decir que el calzado acoge a plenitud el pie, sin ocasionar lesiones, excesos de temperatura o humedad.
<b>Ajuste</b>	Ajuste entre ejes de flexión	Dimensiones del calzado Elasticidad del material
	Ajuste de falanges	Alinear y mantener el movimiento de los ejes de flexión del calzado a la articulación Metatarsofalángicas es fundamental para el confort.

<sup>67</sup> Goonetilleke, & Luximon. 2001. Op. Cit.

<sup>68</sup> Garcia , A., Dura , J., Ramiro, J., Hoyos J.V, & Vera, P. Dynamic study of insole materials simulating real loads. Foot and Ankle. 1994

<sup>69</sup> Goonetilleke, & Luximon. 2001. Op. Cit.

Tabla 4. (Continuación)

ASPECTOS ANATÓMICOS DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD
Ajuste	Ajuste general	Dimensiones de la parte delantera del pie (puntera) Debe permitir el movimiento natural de los dedos <sup>70</sup> .
		Altura del tacón Afecta el ajuste del calzado, ya que una altura excesiva impide los movimientos naturales del pie y resbala el pie hacia el frente generando presión en las falanges <sup>71</sup> .
	Ajuste entre ejes de flexión	Perímetro de entrada del pie (caña) Interviene en el ajuste y permite los movimientos naturales del tobillo cuando es ubicado por debajo de este (ubicación ideal).
		Elasticidad del material Guía de recomendaciones para el diseño del calzado del IBV <sup>72</sup>
	Ajuste de falanges	Dimensiones de la parte delantera del pie (puntera) Debe permitir el movimiento natural de los dedos <sup>72</sup> .
		Altura del tacón Afecta el ajuste del calzado, ya que una altura excesiva impide los movimientos naturales del pie y resbala el pie hacia el frente generando presión en las falanges <sup>73</sup> .
	Ajuste general	Perímetro de entrada del pie (caña) Interviene en el ajuste y permite los movimientos naturales del tobillo cuando es ubicado por debajo de este (ubicación ideal). Guía de recomendaciones para el diseño del calzado del IBV <sup>73</sup>

### ***c. Aspectos funcionales que influyen en la comodidad***

Se revisó la bibliografía para establecer la relación entre los aspectos funcionales y la comodidad, para esto las funciones del pie se dividieron en funciones estáticas y dinámicas; las primeras se relacionan con las función de soporte y sostén del cuerpo que realiza el pie y las funciones dinámicas abarcan los movimientos o los desplazamientos (como la marcha) que realiza el pie. Con

<sup>70</sup> Stefanyshyn, D., Liu, W., Miller, J., Nigg, B., & Nurse, M. Influence of foot, leg and shoe characteristics on subjective comfort. *Foot & Ankle International*, 21. 2000

<sup>71</sup> Goonetilleke, 2003. Op. Cit.

<sup>72</sup> Stefanyshyn, Liu, Miller, Nigg, & Nurse. Op. Cit.

<sup>73</sup> Goonetilleke, 2003. Op. Cit.

dichas funciones se establecieron los aspectos que intervienen en éstas, los cuales se denominaron como aspectos funcionales y están descritos en la tabla 5:

**Tabla 5. Aspectos funcionales del pie que influyen en la comodidad.**

ASPECTOS FUNCIONALES DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD	
Funciones estáticas	La plasticidad del pie	Suela - Material	Acoplarse a una superficie desigual o no horizontal, como lo haría el pie. Esta característica contribuye a la comodidad, teniendo en cuenta que el área de planta del pie no es uniforme y cada sección cumple con una función diferente, por eso es indispensable evaluar las propiedades de los materiales con los que se fabrica el calzado. <sup>74,75</sup>
	Firmeza del pie	Suela -estabilidad	Mantener el apoyo estabilizándose, tomando en cuenta los tres puntos de apoyo importantes (talón, primer y quinto metatarsiano), ya que una amortiguación o rigidez excesivas contribuirán a la incomodidad. Guía de recomendaciones para el diseño del calzado del IBV" (1995).
		Suela - Amortiguación	
Funciones dinámicas	Talón	Suela - material	Distribuir los impactos recibidos y soporta el peso del cuerpo. Según el IBV (Instituto Biomecánico de Valencia), las suelas con materiales como el caucho, corcho, o poliuretanos (con el espesor adecuado) han demostrado su capacidad para amortiguar impactos.
			La amortiguación adecuada en el talón brinda estabilidad al pie. <sup>76</sup>
		Suela - Amortiguación	Maximizar su capacidad amortiguadora, potenciando el mecanismo natural del talón. <sup>77,78</sup>
		Aportar eficiencia para impulsar el cuerpo hacia adelante y evitando las presiones plantares	
		Potenciar el mecanismo natural del talón respetando su forma <sup>79</sup> .	
Apoyo del pie	Suela	Reducir las fuerzas de impacto y las ondas de choque durante la marcha <sup>80</sup> .	
	Material	Mantener las zonas flexibles	
	Material - contrafuerte	Limitar el movimiento en las zonas de apoyo	
	Elevación de la puntera		

<sup>74</sup> Kaufman, Brodine, Shaffer, Johnson., & Cullison Op. Cit.

<sup>75</sup> Razeghi, M., & Batt, M. E. Foot type classification: a critical review of corrent methods. Gait and Posture 15, 282-291. 2002

<sup>76</sup> Yung & Wei. Op. Cit.

<sup>77</sup> Slater. Op. Cit.

<sup>78</sup> Goonetilleke, & Luximon. Op. Cit.

<sup>79</sup> Jorgensen, U., Larse E., & Vamarken , J. The HPC: Device: A method to quantify the heel pad shock absorbency. Foot Ankle International, 10(2). 1989

<sup>80</sup> Stefanyshyn, Liu, Miller , Nigg , & Nurse.

Tabla 5. (Continuación)

ASPECTOS FUNCIONALES DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD	
Antepié	Dimensiones de la parte delantera del pie (puntera)		La restitución de la energía acumulada (propulsión) después del momento de la recepción para una definitiva aceleración en el impulso. <sup>81</sup>
Empeine	Sistema de cierre		Disminuir esfuerzos en el despegue.
			La altura del empeine es directamente proporcional al ajuste <sup>82</sup> . Contribuir a que el pie no se deslice hacia adelante, además un excesivo ajuste ocasiona lesiones y dolor. <sup>83</sup> ,
Planta del pie	Agarre de la suela		Fricción necesaria para permitir el impulso y no dificultar el movimiento, teniendo en cuenta factores como la velocidad y la fuerza normal a la superficie, evitando el desgaste excesivo de la suela. <sup>84,85</sup>
	Área de contacto al pie		
	Elevación de la puntera		
	Centro de gravedad del calzado		
	Forma y geometría de la suela		Fricción adecuada entre el pie y el calzado, evitando esfuerzos mecánicos sobre la piel y tejido interno. <sup>86</sup>
Articulación metatarsofalángica	Altura del tacón		Introducir una pre-flexión en la articulación metatarsofalángica, limitando el rango de flexión de la articulación, y lograr evitar los excesivos esfuerzos. <sup>87</sup>
	Elevación de la puntera		

#### ***d. Aspectos biomecánicos que influyen en la comodidad***

Con la información obtenida hasta el momento se puede determinar que los aspectos biomecánicos hacen referencia a la interacción del pie con el calzado y del calzado con el entorno. Así para lograr abarcar cada aspecto se estudiaron las

<sup>81</sup> Álvarez Camarena, & Palma Villegas. Op. Cit.

<sup>82</sup> Goonetilleke. 2001. Op. Cit.

<sup>83</sup> Goonetilleke. 2003. Op. Cit.

<sup>84</sup> Zamora, T., Alcantara, E., Paya, F., Portoles, J., & Algora, E. Optimum friction level for walking over a floor. Contemporary ergonomics. (T. E. Loughborough., Ed.) Loughborough.: Bust, P.D. (Ed.) 2008

<sup>85</sup> Alcantara, E., Dura, J., Zamora, T., Balaguer, E., & Rosa, D. Identification of floor friction safety level of public buildings considering mobility disabled people needs. Safety Science. 2005

<sup>86</sup> Stefanyshyn, Liu, Miller, Nigg, & Nurse. Op. Cit.

<sup>87</sup> Álvarez Camarena, & Palma Villegas. Op. Cit.

tres posibles interacciones que el pie tiene: la interacción estática, la interacción dinámica y la interacción cinética. De cada una de estas se analizaron los diferentes aspectos que intervienen denominándolos aspectos biomecánicos, los cuales se describen con mayor detalle en la tabla 6:

**Tabla 6. Aspectos biomecánicos del pie que influyen en la comodidad.**

ASPECTOS BIOMECÁNICOS DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD
Interacción Estática	Aspectos climáticos	Aislamiento térmico El ajuste térmico depende de las condiciones climáticas. En clima cálido el pie se dilata de 7-8%. En clima frío se contrae. Debido a la fatiga o exceso de actividad, se dilata 5% en el transcurso del día.
		Transpirabilidad La dilatación y transpiración del pie logra la degradación de tejidos y provoca dolor. <sup>88</sup>
	Apoyo del pie	suela Una superficie muy blanda, proporciona amortiguación y excesiva inestabilidad.
		Tacón Un área menor a la del talón proporciona inestabilidad. Guía de recomendaciones para el diseño del calzado del IBV <sup>89</sup> (1995).
		contrafuerte Es indispensable una sujeción posterior (contrafuerte) que limite el movimiento y logre la estabilidad, este debe guardar la forma del talón, ser firme en la parte inferior, y estrecho en la parte superior para ayudar al calce y facilitar el despegue. <sup>89</sup>
	Antepié, mediopié y retropié	Ajuste general Debe haber una adecuada distribución de cargas, que puede ser mayor en la zona trasera que delantera (proporción 5:3), o igual en la zona trasera y delantera (Proporción de (50/50), pero ambas superiores a la zona media. <sup>90</sup>

<sup>88</sup> Kawabata, A., & Tokura, H. Effects of two kinds of sport shoes with different structure on termoregulatory responses. *Annals of Physical Anthropology*, 12. 1993

<sup>89</sup> Instituto de Biomecánica. Guía de recomendaciones para el diseño de calzado. Valencia: IBV. 1995

<sup>90</sup> Hutton, W., Scott, J., & Stokes, I. The mechanics of the foot. In: *The foot and his disorders*. Blackwell. Oxford, UK: Klenerman L. 1976

Tabla 6. (Continuación)

ASPECTOS BIOMECÁNICOS DEL PIE		CARACTERÍSTICA DEL CALZADO QUE INFLUYE EN LA COMODIDAD	
interacción dinámicas	Antepié	Elevación de la puntera	Mejora la eficiencia de la marcha durante las fases de propulsión y despegue. Logra el rendimiento funcional del calzado, dando eficiencia al paso y disminuyendo la necesidad de flexión en la articulación metatarsofalángica. <sup>91</sup>
		Material	Debe permitir la flexión de los dedos para lograr un balanceo y propulsión óptima. El calzado muy rígido, producirá un mayor consumo energético, ya que se produce mayor fuerza de reacción del suelo durante la fase del despegue.
	Articulaciones de movimiento	Permitir los movimientos naturales del pie al caminar. <sup>92</sup>	
	Ajuste longitudinal	Largo del calzado	Debe ser lo suficientemente largo para permitir los cambios de longitud del pie al caminar o correr.
	Interacción cinética	Retropié	Tacón
Planta del pie		Material Zona de apoyo	Por el lateral externo la fuerzas llegan al suelo a través del cuboides y metatarsianos, siendo importante los apoyos estables en dichos puntos para restituir la energía Guía de recomendaciones para el diseño del calzado del IBV" (1995).

Hay otros aspectos que se relacionan con la comodidad, como es el sistema de fabricación del calzado, ya que, dependiendo del diseño, del proceso de fabricación y del tratamiento de materiales, entre otros, se logra el ajuste correcto, la rigidez, la conformabilidad y estabilidad dimensional.

<sup>91</sup> Álvarez Camarena, & Palma Villegas. 2010. Op. Cit.

<sup>92</sup> Stefanyshyn, Liu, Miller, Nigg, & Nurse. Op. Cit.

<sup>93</sup> Álvarez Camarena, & Palma Villegas. 2010. Op. Cit.

### 5.3 REVISIÓN SOBRE LOS MÉTODOS O HERRAMIENTAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INCOMODIDAD

Algunos autores hablan de la comodidad como una sensación subjetiva que depende de las diferencias de cada persona y por esto, no puede ser medido directamente<sup>94, 95</sup>. Sin embargo, existen diferentes técnicas basadas en pruebas subjetivas, donde se analizan las preferencias, las sensaciones que percibe y las opiniones de los usuarios. Estas pruebas generan criterios ergonómicos aplicables al diseño de productos, generalmente se utilizan en diseño de muebles<sup>96</sup>, el resultado se obtiene mediante la cuantificación de las escalas utilizadas en los test, llamadas escalas globales de incomodidad<sup>97</sup>. En la ilustración 13 se exponen las distintas pruebas subjetivas, llamadas también pruebas de incomodidad que se podrían utilizar para la evaluación del diseño de calzado en este proyecto:

---

<sup>94</sup> Slater. Op. Cit.

<sup>95</sup> Álvarez Camarena, & Palma Villegas. 2010. Op. Cit.

<sup>96</sup> Chusman, W., & Rosenberg, D. Human factor in product design. Elsevier Amsterdam. 1991

<sup>97</sup> Shackel, B., Chidsey, K., & Shipley, P. The Assessment of chair comfort. Ergonomics. 1969

### Ilustración 13. Pruebas de incomodidad.

TEST DE INCOMODIDAD GENERAL	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se cuantifica mediante una escala de once grados que abarca desde el máximo relax al dolor insoportable.</li><li>• La sección dura de 1 a 3 horas donde el usuario interactúa con el producto, donde se completa el test cada cierto intervalo de tiempo. (W. Chusman y D. Rosenberg, 1991)</li></ul>
TEST DE DOLOR EN PARTES DEL PIE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se cuantifica mediante preguntas sobre el índice de molestias o dolor.</li><li>• La sección dura de 1 a 3 horas, donde la persona en un mapa o gráfico del pie (con variaciones establecidas) registra el dolor en la zona del pie donde lo percibe; las molestias son relacionadas con las características de la tarea o función que cumple el producto y sus características en sí (B. Shackel , K. Chidsey y P. Shipley, 1969).</li></ul>
PRUEBAS DE AJUSTE	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se seleccionan parámetros de diseño a partir de las preferencias del usuario.</li><li>• En este test se usas el prototipo del producto, ajustándolo hasta conseguir la configuración preferida, para analizar los datos se relacionan las características antropométricas con las preferencias seleccionadas (M. P. Wilson y P. Perkins, 1983).</li></ul>

Otro tipo de pruebas son las objetivas, las cuales tratan el análisis de los parámetros postulares, biomecánicos y fisiológicos. Para relacionarlas con la incomodidad se podrían tener en cuenta diferentes métodos para evaluar cada uno de los aspectos anatómicos, biomecánicos y funcionales del pie que influyen cuando se usa el calzado (Tabla 7).

**Tabla 7. Pruebas Objetivas.**

Pruebas Objetivas.		
<b>Flexibilidad</b>	Análisis de movimientos	Por medio de cámaras y puntos flectantes, posteriormente digitalizados y parametrizados.
	Goniometría	Se mide los ángulos con goniómetros.
	Test con máquina	Sigue la norma: ASTM F911 -85, para zapatos de correr.
		Aplica al calzado un ángulo de flexión constante. Aplica una fuerza constante de flexión.
<b>Confort térmico</b>	Test de materiales del calzado	Examina las características físicas de los materiales como: conductividad térmica (norma EN344, 1992), permeabilidad al vapor de agua (normas ASTM D5052-2005 y ASTM D2322-2005) y absorción de agua (ASTMD 6014, 2005).
	Test del calzado completo	Complementan los resultados obtenidos de los test de materiales, ya que para estos se simula con modelos de pies calentados eléctricamente, o con modelos (maniquís) más completos que simulan la sudoración y el intercambio de aire.
<b>Fricción</b>	Plataforma de fuerzas	Mide las fuerzas a lo largo del ciclo de marcha y el coeficiente de carga, de este test resulta un coeficiente de deslizamiento. <sup>98</sup>
	Test con máquina	Máquina de ensayo que consta de plataforma superficial, donde se sujeta el calzado a un pie artificial y es presionado a la superficie con una carga determinada, se obtiene la fuerza con un dinamómetro y se calcula el coeficiente dinámico de fricción, norma: (ENV 13287, 2004).
<b>Absorción de impactos</b>	Acelerometría	Se mide la aceleración que llega a la tibia, midiendo las ondas de choque.
	Test con máquina	Sigue la norma: ISO 4651, 1998, trata del drop test que define la absorción de impactos como la reducción de la fuerza de impacto con respecto a la fuerza máxima registrada.
	Aplicación de fuerzas	Las variables de medida se basan en la fuerza aplicada y la deformación sufrida por el calzado.

<sup>98</sup> Wilson , M., & Perkins, P. (s.f.).

Tabla 7. (Continuación)

Pruebas Objetivas.		
<b>Distribución de presiones</b>	Test con usuarios	Se realiza a través de unas plantillas que tiene una matriz de sensores que permite medir la distribución de las presiones de manera dinámica.
	Test con maquinaria	En el Instituto Biomecánico de Valencia se usa una maquina universal de ensayos INSTRON 8501, consiste en la aplicación de una fuerza de magnitud y velocidad determinadas para obtener la reacción del material.
	Test para el ajuste con usuarios	Se evalúa haciendo uso del calzado (prueba de calce), mediante una escala que va desde el confort hasta cierto umbral de dolor
	Test para el ajuste con maquina	Norma: (ASTM F539 – 01, 2007), se basa en las medidas del perímetro de la zona metatarsal (máxima anchura), los dedos y el largo del pie.

Las pruebas objetivas y subjetivas se complementan, ya que una vez identificados los factores que mitigan la incomodidad del calzado, se pueden establecer diferentes métodos (objetivos) para evaluar cada factor y complementarlos con los análisis subjetivos proporcionando información más confiable teniendo en cuenta las preferencias del usuario<sup>99</sup>.

#### 5.4 MODA Y TENDENCIAS DEL CALZADO -CONFORT PSICOLÓGICO

Al sentir dolor repetitivamente se pierde la atención y se genera estrés, esto podría ocurrir debido a situaciones extremas como el calor en exceso. Razón por la cual se ha determinado que el disconfort mecánico y fisiológico puede llevar a un disconfort psicológico (Slater, 1985). A esto se suman los prejuicios sociales

<sup>99</sup> Stefanyshyn, Liu, Miller, Nigg, & Nurse. Op. Cit.

relacionados con la moda y tendencias actuales, concluyendo que los aspectos del calzado podrían afectar tanto mecánica, fisiológica y psicológicamente, sin embargo muchas ocasiones el confort psicológico se obtiene, sin importar que se sacrifique el confort biomecánico y fisiológico debido a la cultura, la moda y otros aspectos.

Por otra parte, se conoce que a cada instante surgen fenómenos novedosos, los cuales parten de cero o toman como base otros previos y logran ser percibidos como diferentes. Cuando una novedad comienza a ser adoptada por una masa crítica de consumidores capaces de generar dicha sensación, entonces hablamos de tendencia. Si bien, se define como tendencia a la inclinación, propensión o dirección que toman los mercados, además se dice que la tendencia es la antesala de la moda, y son la mayoría los que definen cuando algo es moda o no. Ciertamente son la celebridades y la alta sociedad los que a lo largo de la historia han impuesto las tendencias, conduciendo la moda en las calles y grupos de medio o bajo nivel económico- cultural.

Existen diferentes fuentes que muestran tendencias emergentes en el mundo de la moda expuestas en la red, llamados cuadernos de tendencias como: Promostyl, Peclers, Mudpie y las más recientes WGSN, Trendstop y Stylesight, INEXMODA.

Para el calzado la moda se divide en dos temporadas: primavera-verano y otoño – invierno. En Colombia el Acicam (Asociación Colombiana de industriales del calzado, el cuero y sus manufacturas) creó una red de conceptos de moda, donde comparten la información de las futuras tendencias para la moda en un catálogo que muestra materiales, ejemplos de diseños, accesorios, paleta de colores<sup>100</sup> (Ilustración 14).

---

<sup>100</sup> Transformación productiva de ACICAM organizó misión exploratoria a la Feria Simac Tanning TECH Febrero 2016-Milán. Disponible en: [www.acicam.org](http://www.acicam.org)

**Ilustración 14. Tendencia de moda primavera- verano 2016 por el Acicam.**



## **5.5 REVISIÓN TECNOLÓGICA SOBRE EL CALZADO**

Con el creciente interés de buscar la innovación como impacto en la comercialización de los productos, como también lograr el bienestar y salud de las personas, se han hecho alrededor del mundo estudios que pretenden identificar las características del calzado que contribuyen a la comodidad del pie. A nivel nacional la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) realizó un análisis de la información existente de patentes relacionadas con antropometría y diseño de hormas para calzado a través de un software de la compañía Search Technology para conocer el panorama de la investigación y los avances a nivel mundial. Encontraron 1763 invenciones en 6400 solicitudes de patentes, que confirma que

la evolución de la tecnología se encuentra en crecimiento. Los países solicitantes líderes son Estados Unidos con 288 invenciones en 1397 solicitudes, le sigue Japón con 259 invenciones en 377 solicitudes, Alemania con 249 invenciones en 753 solicitudes e Italia con 108 invenciones en 537 solicitudes. Con un análisis de los códigos de clasificación de patentes, palabras claves y uso de técnicas bibliométricas la SIC, estableció las principales tendencias tecnológicas sobre antropometría y diseño de hormas para calzado (Ilustración 15)<sup>101</sup>.

**Ilustración 15. Principales tendencias tecnológicas en el sector del calzado.**



Fuente: Adaptada del informe de patentes existentes de la superintendencia de industria y comercio de Colombia.

Según el boletín tecnológico de la SIC dedicado al sector del calzado, Colombia tiene una economía creciente donde el sector del calzado es considerado como una industria de gran importancia en el panorama productivo del país. Actualmente en Colombia, diferentes instituciones lideran investigaciones con el

<sup>101</sup> ACICAM, FEDECUERO, COELHO. Plan de negocios del sector del cuero , calzado y marroquinería: una respuesta para la transformación productiva. Bucaramanga. 2013

propósito de obtener un método formal que permita determinar las características de los pies de la población colombiana en las diferentes regiones del país, sin embargo, estos estudios no han arrojado datos que permitan sistematizar la información<sup>102</sup>.

Cabe agregar que en el país se encuentra registradas siete solicitudes de patente, cuatro fueron concebidas a solicitantes extranjeros y las tres restantes son del dominio público. Esto refleja que aunque en la industria colombiana se innove mucho, estos desarrollos poco se ven materializados en solicitudes, una de las razones serían los cortos ciclo de moda del calzado<sup>103</sup>. Concluyendo se podría decir que todas las investigaciones tienen en común como centro de estudio la importancia del pie, contemplando su comportamiento, para la creación de calzado con atributos integrales que conllevan a la comodidad, como también la implementación de nuevos sistemas de fabricación con significantes avances tecnológicos.

### **a. Sistemas de Tallaje existentes**

La numeración del calzado inicio propiamente con la fabricación en serie después de la revolución industrial donde los artesanos aplicaron las escalas numéricas según su saber. Así, hoy en día se conocen varios sistemas de numeración del calzado, entre las más comunes figuran: el sistema francés conocido como Punto francés, el sistema inglés conocido como Size, el sistema Norteamericano, el sistema alemán y el sistema métrico en el cual se basa el sistema Mondopoint (tabla 8). Cabe aclarar que la medida del calzado no constituye un valor fijo que guarde relación invariable con el largo del pie, dado que la diferencia entre el largo del calzado y del pie dependen tanto de la forma de la horma (que varía en función

---

<sup>102</sup> SIC. Boletín tecnológico: antropometría y diseño de hormas para calzado. Colombia: Banco de patentes SIC. 2014

<sup>103</sup> Silvia Rubio, L., Bermudez Huertas , A., & Almario Mayor , F. Boletín tecnológico: Antropometría y diseño de hormas para calzado, Banco de patentes SIC. Colombia: Superintendencia de industria y comercio, Universidad Pontificia Javeriana. 2014. Obtenido de [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/documentos/publicaciones/Boletin\\_calzado.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/publicaciones/Boletin_calzado.pdf)

de la moda) como de las distintas exigencias funcionales que plantea el calzado<sup>104</sup>.

**Tabla 8. Sistemas de tallaje existentes**

Tallaje existente	Unidad de medida	Características
<b>Sistema francés</b>	1 punto: 2/3 cm	Se dividieron 2cm en tres, ya que se consideraba la medida en centímetro inexacta. Desde 15 puntos: 10 cm a 50 puntos: 33,33 cm para el largo. Para el ancho va de 1 a 10 unidades, 1 unidad: 4 mm.
<b>Sistema Ingles o Size</b>	1 size: 1/3 pulgada	Punto cero se sitúa en 4 pulgadas. 1 pulgada: 2.54 cm: 3 size 1 size: 1/3 pulgada: 8,46 mm 1 size es la graduación entre tallas. ½ size se introdujo para lograr mejor ajuste del calzado. El ancho se identifica con letras: AA- A-B-C-D-E-F-G-H, de 5,2 mm
<b>Sistema Norteamericano</b>	Escala adelantada 1.116 mm	Basado del sistema inglés. Su punto cero se sitúa en 3 11/12 pulgadas. Se corrió el size: 1,5 para hombre y 1 para mujeres. El ancho se identifica con letras: AA- A-B-C-D-E-F-G-H, de 6,3 mm.
<b>Sistema Alemán</b>	1 cm	Se mide a lo largo del pie para buscar el zapato adecuado.
<b>Sistema Métrico / Mondopoint</b>	Largo/ ancho	Según las medidas del pie. Ejm: 240/95, 240mm identifica el largo del pie y 95% de 240mm es el ancho del pie (contorno a la altura del metatarso)

Fuente: Barretto , S. *Diseño del calzado urbano*. Buenos Aires: Nobuko. 2006. Obtenido de [www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+nu+meracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5\\_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false](http://www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+nu+meracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false)

<sup>104</sup> Barretto. Op. Cit.

En general, nos damos cuenta que los sistemas de tallaje actuales han evolucionado poco, la mayoría toman en cuenta la longitud del pie como medida primordial para determinar la talla del calzado y algunos complementan con el perímetro a la altura de la articulación metatarsofalángica, para determinar el ancho del calzado. Aunque estas medidas son primordiales para determinar la talla, siendo el calzado el principal elemento de protección de nuestros pies, este debe ser mucho más que una carcasa para ayudar a que el pie mantenga sus movimientos y funciones naturales. Cabe aclarar que hasta el momento ninguno sistema de tallaje tiene en cuenta la altura del arco medial, medida vital para preservar la comodidad del pie.

## **6. ANÁLISIS DEL CALZADO COMO PRODUCTO**

### **6.1 ANÁLISIS FUNCIONAL A TRAVÉS DEL MÉTODO FAST**

En el anexo 5 se puede visualizar el diagrama FAST que permite determinar la importancia de cada elemento en el calzado, se estudió y analizó su función; con el fin de priorizar, relacionar y jerarquizar las funciones. El calzado está compuesto por diferentes elementos que en conjunto cumplen con distintas funciones como proteger el pie, adaptándolo (plasticidad del pie) y acoplándolo (firmeza del pie) a diferentes superficies, ayudan a mantener el apoyo, dan estabilidad obteniendo un sistema de equilibrio, permiten los movimientos del pie, la flexibilidad, la amortiguación, ayudan a distribuir las cargas a las que los pies se exponen, y aportan eficiencia para realizar funciones como la marcha, en la Ilustración 16 se pueden observar los elementos que componen el calzado e interactúan con el pie.

## Ilustración 16. Elementos del calzado.



La interacción del calzado inicia desde que el usuario aplica una fuerza al incorporar el pie en el calzado, el perímetro de entrada (característica de la caña) facilita el acceso generando una pequeña fricción que permite el calce, inmediatamente el sistema de cierre permite un fácil ajuste, manteniéndolo. Además limita los espacios necesarios entre el pie y el calzado, logrando disminuir los esfuerzos, distribuir las presiones y evitando compresiones principalmente en el empeine. Cada zona del calzado complementa el ajuste necesario con la amortiguación requerida, logrando absorber los impactos para restituir la energía.

Una vez dentro, el calzado y el pie adoptan sus formas, sobretodo la planta del pie a la suela, manteniendo la flexibilidad en las diferentes zonas donde se acoplan las articulaciones del pie permitiendo el movimiento. Luego cuando el usuario apoya el pie en el suelo se atenúa la fricción gracias a las características de la suela, evitando la abrasión y desgaste excesivo del material. Al mismo tiempo

desde cuando el zapato acoge el pie, mantiene una adecuada temperatura debido a las propiedades de los materiales, evitando la humedad.

Debido al espacio limitado del pie dentro del zapato, los movimientos se controlan sobretodo en la parte posterior del calzado donde se sitúa el contrafuerte que en conjunto con la suela buscan mantener la estabilidad, como también en las otras zonas, manteniendo los rangos de movilidad; con esto se contribuye al despegue, permitiendo transmitir el impulso adecuado en el proceso de la marcha para cumplir el ciclo y evitando la fatiga para facilitar los movimientos. Finalmente generar el confort del pie con el calzado y proteger el pie.

En conclusión las funciones requeridas en el zapato son proporcionar comodidad, potenciar los mecanismos naturales y limitar el área. Por otra parte se determinaron que las funciones permanentes son: contener las partes, dar información y dar eficiencia al paso, siendo la función primaria la de aplicar fuerza para introducir el pie en el calzado para lograr proteger el pie en todo momento.

## **6.2 ANÁLISIS DE PRESTACIONES DEL PRODUCTO A TRAVÉS DEL MÉTODO KANO**

Para otorgarle a cada requerimiento el valor de importancias correspondiente se utilizó la metodología estructurada de preguntas: el modelo KANO. Se evaluaron 12 características, para cada una se realizó dos preguntas, una funcional y otra no funcional. Luego se distribuyeron en 4 cuestionarios diferentes, es decir, cada uno de 6 preguntas; los cuestionarios fueron resueltos por 10 personas cada uno, para una muestra total de 40 personas entrevistadas.

Se realizó un diagrama de resultados con los atributos modelo KANO, teniendo en cuenta las siguientes categorizaciones: Indispensable (**E**), requeridos (**A**), atractivos (**I**), indiferente (**N**), cuestionable (**C**), invertidos-inconsciente (**R**).

**Tabla 9. Resultado de encuestas obtenidas a partir del método Kano y organizadas según la importancia obtenida (N=40).**

ELEMENTO O CARACTERÍSTICA		R	C	N	I	A	E
1	Protege su pie						
2	Eficiente al paso						
3	Información de uso						
4	Adaptabilidad al pie						
5	Contrafuerte						
6	Tiene tacón						
7	Permitir calce						
8	Costuras						
9	Sistema de cierre						
10	Transpirable						
11	La puntera estrecha y rígida						
12	La suela						

Desde la experiencia de los usuarios, las características indispensables para el calzado son la protección del pie y la eficiencia del paso. Además las características requeridas son: la adaptabilidad al pie y la información de uso suministrada por el calzado; coincidiendo en gran medida con los resultados obtenidos por el análisis de funciones mediante el diagrama FAST.

Por otra parte, características como la transpirabilidad, la puntera y la suela se hacen cuestionables o innecesarias según la mayoría de los entrevistados.

## 7. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO PARA EL CALZADO

Con la información recolectada y analizada sobre el pie, el calzado y la interacción entre estos y el entorno, se establecieron los siguientes requerimientos a los cuales se les asignó una escala de importancia en necesarios (N), importantes (I), deseables (D). Luego se inició la segunda etapa, el diseño conceptual.

### 7.1 REQUERIMIENTOS DE USO

**Tabla 10. Requerimientos de uso**

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Perímetro de entrada</b>	Debe tener una entrada suficientemente amplia para el pie sin generar esfuerzos al usuario. (N)	Medida $\geq$ al contorno del tobillo del usuario. <sup>105</sup>
	Es necesario mantener el rango de movilidad de la articulación del tobillo (N).	Flexión de la articulación del tobillo entre 0° a 45°. Extensión: 0° a 20°. Criterio obtenido de: (ver anexo A)
<b>Sistema de cierre</b>	Debe tener un lenguaje de uso muy claro y estar compuesto por la menor cantidad de elementos. (N)	Máximo número de elementos del sistema del cierre: 2. Criterio obtenido de: <sup>106</sup>
	Debería facilitar la entrada del pie en el calzado (calce). (I)	
<b>Ajuste</b>	Es necesario el apoyo para el arco medial transversal. (N)	Distancia entre el arco plantar y la plantilla: 0 (nulo). Criterio obtenido de: <sup>107</sup>
	Debe coincidir la parte más ancha del calzado con la del pie.	Perímetro o contorno alrededor de la articulación metatarsofalángica.

<sup>105</sup> Barretto . Op. Cit.

<sup>106</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>107</sup> Ibid

Tabla 10. (Continuación)

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Suela</b>	Es necesario tener la fricción adecuada entre el suelo y el calzado. (N)	Coefficiente de rozamiento para calzado de caminar entre 0,3 a 0,5. Criterio obtenido de: <sup>108</sup>
	Se podría conservar el área de apoyo del talón para que el calzado sea estable. (D)	.Textura del material de la suela: caucho, hule, PVC, PU, EVA, cuero.
	Sería deseable que la suela sea antideslizante. (D)	Área de apoyo del talón $\leq$ al área del tacón.  Altura de los tacos <sup>109</sup> entre 5 y 20 mm. Canales entre tacos de 2mm. Criterio obtenido de: (Instituto de Biomecánica, 1995)
<b>Contrafuerte</b>	Debería estar por debajo del tobillo. (I)	Altura del contrafuerte: talla más 30mm. Criterio obtenido de: <sup>110</sup>
<b>Puntera</b>	Se podría lograr que la puntera sea rígida manteniendo la forma y protegiendo los dedos. (D)	Material de la puntera: cuero, sintético. Criterio obtenido de: <sup>111</sup>
	Sería deseable que le usuario pueda limpiar el calzado tanto externa como internamente (D)	Limpieza del material del calzado: Cuero con soda, betún, polvos. Sintéticos: betún, paño húmedo. Material de forro que mantenga la asepsia interna: mallas, carnaza, tela, sintéticos. <sup>112</sup>
<b>Mantenimiento</b>		

<sup>108</sup> Barretto . Op. Cit.

<sup>109</sup> Tacos: elementos en la suela que prolongan la vida útil del calzado (textura de la suela) y ayudan a la dispersión de contaminantes del suelo (Instituto de Biomecánica, 1995).

<sup>110</sup> Parra Moreno, H. Principios de modelado de calzado. Bucaramanga: UIS. 2004

<sup>111</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>112</sup> Barretto . Op. Cit.

## 7.2 REQUERIMIENTOS ERGONÓMICOS

**Tabla 11. Requerimientos ergonómicos**

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Ajuste</b>	Es necesario mantener controlado el rango de movilidad de las articulaciones. (N)	Flexión de la articulación metatarsofalángica entre 0° a 45°. Flexión de la articulación del tobillo entre 0° a 45°. Extensión del tobillo: 0° a 20°. Inversión del pie: 0° a 35°. Eversión del pie: 0° a 25° Criterios obtenidos de: (ver anexo A)
	Debe mantener la temperatura interna adecuada. (N)	Elasticidad del material del cuerpo del calzado. Material de la plantilla: polímeros, cuero. Material del forro interno: mallas, carnaza, tela, sintéticos. Mantener temperatura ambiente. Obtenido de: <sup>113</sup>
<b>Parte interna del calzado</b>	Debe evitar la entrada de agentes externos que lastimen el pie. (N)	Transpirabilidad y capacidad de asilamiento del forro y la plantilla. Permeabilidad al vapor del agua $\geq 0.6$ mg/cm <sup>2</sup> , obtenido de: NTC- ISO 5403.
	Se hace necesario permitir el ajuste interno cuando el pie se dilata debido al clima o la actividad física. (N)	En clima cálido el pie se dilata de 7 a 8 %; debido a la actividad física se dilata aprox. 5%. Espesor de la plantilla. Obtenido de : <sup>114</sup>

<sup>113</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>114</sup> Ibid

Tabla 11. (Continuación)

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Suela</b>	Sería deseable que no se deteriorara rápidamente y evitar el desgaste por fatiga.	Dureza del material. Abrasión del material.
	Debe adaptarse a las irregularidades del territorio.	
<b>Peso</b>	Debería ser liviano y mantener la forma antes, durante y después del uso. (I)	Peso general del zapato debe ser máximo de 0.5 libra. Material del calzado.

### 7.3 REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN

Tabla 12. Requerimientos de función

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Cuerpo del zapato</b>	Debe permitir que los materiales protejan el pie.	
<b>Sistema de cierre</b>	Debería permitir el ajuste de la zona del empeine. (I)	Contorno del empeine (medida exacta).
<b>Ajuste</b>	Debería mantener el espacio adecuado para permitir la movilidad de los dedos del pie. (I)	Holgura de la puntera mínima de 10mm adicionales a la altura de los dedos. Obtenido de : <sup>115</sup>
	Debe mantener las dimensiones, holgura y ajuste en todo momento. (N)	Dimensiones del pie: largos, anchos, ángulos y puntos claves. <sup>116</sup> Deformación del material por procesos de fabricación o por propiedad física.

<sup>115</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>116</sup> Ibid

Tabla 12. (Continuación)

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Parte interna del calzado</b>	Debe permitir una fricción casi nula entre el forro interno y la piel del pie. (N)	Coefficiente de rozamiento de 0,03 a 0,1. Criterio obtenido de: <sup>117</sup>
<b>Suela</b>	Debería mantener la distribución de las cargas por el pie. (I)	Cargas en retropié $\geq$ antepié (proporción 5:3 o proporción 50 /50); retropié y antepié > mediopié. Obtenido de: <sup>118</sup>
	Si la suela fuera flexible en el enfranque se lograría el ajusté en el arco plantar. (D)	Material de la suela: caucho, hule, PVC, PU, EVA, cuero. Cambio de dureza después de un periodo de envejecimiento. Obtenido de: SIC, norma NTC 5353.
	Debe mantener el agarre interno del pie, como asegurar la tracción. (N)	Dureza de la suela (durabilidad), Obtenido de: SIC, norma NTC 1082.
	Debe tener elementos que ayuden a absorber y amortiguar impactos. (N)	Material de la entresuela. Obtenido de: <sup>119</sup>
<b>Contrafuerte</b>	Debería mantener la posición centrada en el calzado. (I)	Centro de gravedad del zapato. . Obtenido de : <sup>120</sup>
	Debe evitar los movimientos excesivos del talón. (N)	Rotación lateral y medial sobre el eje del hueso aprox.: 0. (ver anexo A)
	Debería mantener la forma del talón, siendo firme en la parte inferior para mantener la estabilidad y estrecho en la parte superior para el ajuste adecuado. (I)	Materiales: Cuero, tela, polímero. Estructura del contrafuerte: combinación de dos elementos. Obtenido de : <sup>121</sup>

<sup>117</sup> Barretto. Op. Cit.

<sup>118</sup> Hutton , Scott , & Stokes. Op. Cit.

<sup>119</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>120</sup> Ibid

<sup>121</sup> Ibid

Tabla 12. (Continuación)

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Puntera</b>	Debería disminuir el Angulo de flexión de la articulación metatarsalángica. (I)	Angulo de la puntera entre 0° a 60°. Criterio obtenido de: <sup>122</sup>
<b>Elementos del calzado</b>	Sería deseable que los elementos del calzado generaran la sensación de estabilidad y protección para lograr confiabilidad. (D)	Unión de los elementos: pegante, costuras.
	Debe mantener la forma sin importar si es sometido a cargas externas. (N)	Materiales de la capellada: cuero, sintético, tela, mallas, resistente a. Obtenido de : <sup>123</sup>
	Debería mantener los elementos unidos, evitando la ruptura. (I)	Resistencia de la costura (hilos) soportando fuerzas de mínimo 200N. Obtenido de: SIC, norma NTC 1981.
<b>Acabados</b>	Debería dar información de uso debido a sus formas, material y texturas. (I)	Material del calzado: cuero, polímero, caucho. UHT, EVA. Obtenido de : <sup>124</sup>
	Debe tener en cuenta la forma de los elementos para evitar gasto del material o prolongar procesos. (N)	No ángulos agudos y curvas cerradas de los elementos para proceso de corte, doblado (5mm) y cocido. Obtenido de: <sup>125</sup>
	Debería mantener los acabados y las dimensiones de los materiales (N)	Resistencia del material a las arrugas 100.000 min/ciclos; elongación longitudinal: 30%, elongación transversal: 80%. Resistencia ala rasgadura 60N aprox. Obtenido de: NTMD 0093-A5

<sup>122</sup> Ibid

<sup>123</sup> Ibid

<sup>124</sup> Ibid

<sup>125</sup> Barretto. Op. Cit.

## 7.4 REQUERIMIENTOS DE TÉCNICOS PRODUCTIVOS

**Tabla 13. Requerimientos de técnicos productivos**

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
<b>Estandarización de los elementos</b>	Debería facilitar el proceso de doblado y armado del calzado. (I)	Marca (4mm) para arma el calzado. Borde de doblado (5mm). Criterio obtenido de: <sup>126</sup>
	Debe tener cierta cantidad de elementos que conforman el calzado. (N)	Máximo de piezas de armado por par de zapatos: 12
	Debe tener grabado antideslizante en la suela y el tacón. (N)	Altura de los tacos entre 5 y 20 mm. Canales entre tacos de 2mm. Criterio obtenido de: <sup>127</sup>
	Deben tener acabados lisos y pulidos para el borde de la suela y el tacón. Debe tener suela enteriza y compacta. (N)	Grueso de la suela mínimo: 10 mm. Obtenido de: SIC, norma NTC 5353.
	Debe tener costuras uniformes, continuas, sin hilos flojos, sin protuberancias, pliegues y resto de material que causen molestias. (N)	Número de puntadas por pulgada: $9\pm 1$ uniformemente distribuidas. Obtenido de: SIC, norma NTC 5352.

<sup>126</sup> Instituto de Biomecánica. Op. Cit.

<sup>127</sup> Ibid

Tabla 13. (Continuación)

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Normalización	Debe seguir las normas de etiquetado del calzado. (N)	NIT o Número de registro ante la SIC; País de origen; información de los materiales de la capellada, forro y suela. Obtenido de : <sup>128</sup>
	Debe permitir que los materiales para los forros de capellada, talón y plantilla tengan un tratamiento antibacterial. (N)	Materiales con tratamiento antibacterial bajo la norma AATCC- 147 y el organismo de prueba ATCC -6538.
	Debe permitir que los adhesivos para la unión de la suela a la plantilla y a la capellada sean resistente y duradero. (N)	Pegante de dispersión acuosa y reactivados al calor. Obtenido de: NTMD 0093-A5

## 7.5 REQUERIMIENTOS DE FORMALES

Tabla 14. Requerimientos de formales

REQUERIMIENTOS	DETERMINANTE	PARÁMETRO
Apariencia general	Debe seguir las tendencias del mercado actual del calzado. (N)	Se seguirán las cuatro tendencias estéticas de la temporada primavera verano 2016 sugeridas por ACICAM.
Sistema de integración	Debería lograr que todos los elementos del calzado se integren logrando ser una unidad. (I)	La unión entre los elementos que conforman el zapato podría variar para permitir un adecuado funcionamiento. <sup>129</sup>
	Debería proporcionar énfasis y contrastes que conecte al usuario con sus experiencias. (I)	Los factores afectivos despierta el interés hacia el producto. <sup>130</sup>
	Si el calzado tuviera formas claras, comprensibles y coherentes lograría una estabilidad visual. (D)	

<sup>128</sup> SIC. Reglamento técnico sobre etiquetado del calzado y marroquinería. Colombia: SIC. 2013

<sup>129</sup> Solozabal Basañez, J. El diseño industrial como integrante diferenciador de los productos de consumo. España: Universidad de Coruña. 2009

<sup>130</sup> Ibid

## 8. PROCESO DE DISEÑO

Según el DANE con base al censo del 2005, Santander registro una población proyectada al 2012 de 2.030.775 habitantes, de los cuales 1.169.456 habitantes están ubicados en los municipios de Girón, Floridablanca, Piedecuesta y Bucaramanga, correspondientes al 57,6% de la población del departamento. La distribución por sexos sigue a la tendencia nacional, ya que 50.6% son mujeres y 49,4% son hombres; además, teniendo en cuenta los rangos de edad se halló que la mayor proporción de la población está en edad de productiva (19 a 64 años de edad) representada por el 60.5% del total.

Adicional a esto, según el Ministerio de Industria y Comercio, ACICAM y FENALCO alrededor de un 65% población Santandereana de entre 18 a 35 años de edad son los compradores más frecuentes de calzado, en promedio compran de 3 a 4 pares anualmente. También es la población que mayor actividad física realiza, debido a sus actividades diarias, lo que permite concluir que este rango de edad tiene mayor experiencia con el uso del calzado. Con base en lo anterior, para el proyecto se consideró que la muestra poblacional debe estar conformada por hombres y mujeres de 18 a 35 años de edad que vivan en Bucaramanga o su área metropolitana. Por las anteriores razones los datos analizados fueron tomados de la base de datos del grupo de investigación GEPS de la escuela de Diseño Industrial de la Universidad Industrial de Santander, dicha muestra tiene datos de 276 hombres y 291 mujeres de 18 años a 30 años de edad, que contiene las medidas del pie izquierdo y derecho del pie tomados con un escáner 3D de pies (Easy Foot Scan, marca: Ortho Baltic, software: Foot 3d), registrando los datos en una hoja de Excel para ser manipulados y analizados.

## 8.1 ANÁLISIS DE LOS DATOS SEGÚN EL TIPO DE PIE.

De los datos analizados tanto de mujeres como de hombres se halló que el tipo de pie (según la forma del antepié) más común es el pie Egipcio con un porcentaje de 57% en mujeres y 45% de hombres (ver tabla 10), seguido del pie griego y por último el cuadrado. Estos porcentajes nos permiten tener una clara idea de cómo debería ser la forma de la puntera ya que aunque los pies egipcios representa casi la mayoría, el porcentaje de los otros tipos de antepié son significativos y requieren ser incluidos para lograr el ajuste ideal en esta zona.

**Tabla 15. Resultado de datos según tipo de pie.**

SEGÚN LOS TIPOS DE PIES			
HOMBRES (N=276)		MUJERES (N=291)	
Egipcio	45%	Egipcio	57%
Griego	32%	Griego	25%
Cuadrado	23%	Cuadrado	18%

## 8.2 ANÁLISIS DE LOS DATOS A PARTIR LA CORRELACIÓN DE PEARSON.

Por otra parte, de los datos obtenidos de la Correlación de Pearson para las mujeres y los hombres resultaron diferentes relaciones lineales entre las variables (ver Anexo G, pág. 120 y Anexo H, pág. 121), por tanto se analizó las variables que lograron un parámetro de aceptación de la correlación (R) mayor a 0,6 y de allí se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Cuando se toma la longitud total del pie como variable independiente  $x$ , se encontró una relación directamente proporcional alta con otras longitudes permitiendo compararlas para establecer las diferentes zonas longitudinales del calzado. También se observa una correlación positiva moderada con diferentes contornos ( $R$  mayor a 0,4; ver Anexo G, pág. 120 y Anexo H, pág. 121). Aunque no logran el parámetro de aceptación determinado, es un rango considerable permitiendo hacer una comparación con los datos de la muestra y determinar el ancho adecuado del calzado según la longitud.
- La relación lineal entre los contornos del pie logra determinar con mayor precisión las medidas de la horma para conseguir el ancho adecuado del calzado en zonas donde el ajuste del pie debe ser exacto; como por ejemplo en el antepié, para evitar que el pie resbale hacia la zona delantera del zapato.
- Se encontró que la relación directamente proporcional entre la altura del dedo más alto y el más bajo permite establecer la altura adecuada de la puntera del calzado para lograr la comodidad del antepié.
- La altura de candado como variable independiente  $X$  mostró una correlación con un parámetro de aceptación débil para determinar una relación con otra variable, debido a estos resultados del análisis de los datos de la variable altura del candado, se decidió analizarla independientemente mediante otro método ya que es una de las variables fundamentales para lograr la comodidad del mediopié.

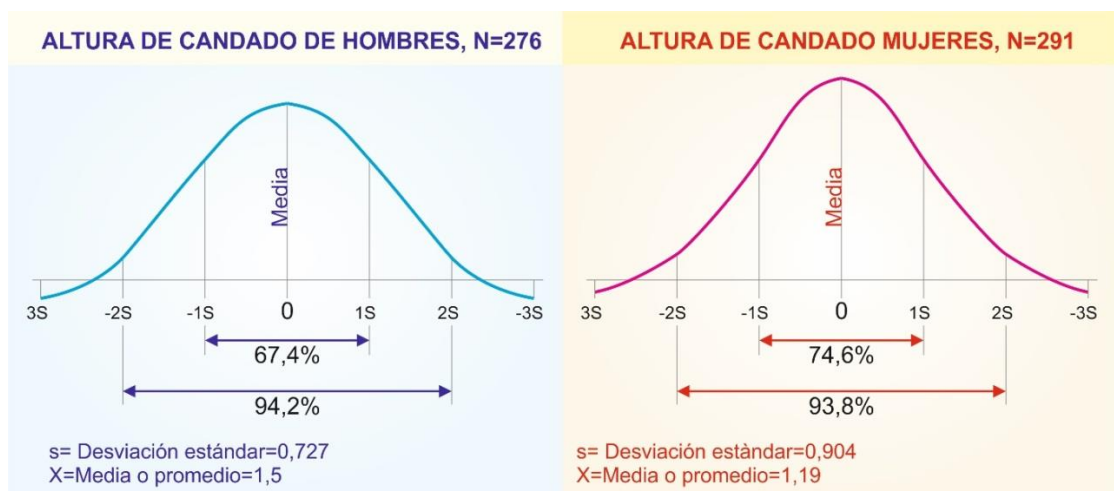
Se estudió la altura del candado mediante la estadística descriptiva; se analizó la medida de tendencia central (promedio) en los tipos de pie según la huella plantar, encontrando que hay una relación proporcional directa entre el promedio de la altura del candado y los cuatro tipos de forma según la huella plantar del pie, es decir entre mayor arco mayor altura.

**Tabla 16. Relación de altura del candado y la huella plantar.**

SEGÚN LA HUELLA PLANTAR							
HOMBRES (N=276)				MUJERES (N=291)			
Forma del pie	%	Altura del arco (cm)	Promedio De altura	Forma del pie	%	Altura del arco (cm)	Promedio De altura
Cavo fuerte	7%	2,61 a 3,4	2,97 cm	Cavo fuerte	13%	2,61 a 3,6	3,05 cm
Cavo	26%	1,81 a 2,6	2,14 cm	Cavo	8%	1,81 a 2,6	2,18 cm
Normal	43%	1,01 a 1,8	1,43 cm	Normal	23%	1,01 a 1,8	1,31 cm
plano	25%	0 a 1	0,56 cm	plano	56%	0 a 1	0,57 cm

Se evidenció que la mayoría de las mujeres tiene pie plano con un porcentaje del 56%, seguido del pie normal, el cavo fuerte y cavo, en cambio, los hombres que tienen pie normal representan el mayor porcentaje con 43%. Debido a que el porcentaje de cada forma de la huella plantar es significativo evidenciando la variabilidad de altura del candado, y que se obtuvo un promedio proporcional a la forma, los datos se analizaron posteriormente para establecer los rangos que cubran la mayor cantidad de población posible.

**Ilustración 17. Curva de distribución normal y áreas que encierran la desviación estándar.**



Con la curva de distribución normal (ver ilustración 17) resultó que el porcentaje de datos que se agrupan alrededor de la media (franja de -1S a 1S) para mujeres fue del 74,6%, es decir los datos centrales están comprendidos entre 0,28cm y 2,29cm. Por otra parte para los hombres los datos alrededor de la media (franja de -1S a 1S) correspondieron al 67,4% es decir el rango de 0,77cm a 2,22cm. En la segunda franja (-2S a 2S) se concentraron más del 90% de los datos de las muestras, el total de datos no alcanzan abarca la tercera franja. En comparación se podría decir que los datos de la variable altura del candado de las mujeres están más concentrados entre sí que los datos de los hombres, pero ninguna de las muestras son dispersas.

Por medio de las medidas de posición con base en la media y la desviación estándar, se establecieron los percentiles P25, P50, P75 y P97,5 de la altura del candado tanto para hombres como para mujeres (ver tabla 12).

**Tabla 17. Percentiles de los datos de altura del candado.**

PERCENTILES					
HOMBRES (N=276)			MUJERES (N=291)		
Forma del pie	P	Altura	Forma del pie	P	Altura
Plano	25	1 cm	Plano	25	0,58cm
Normal	50	1,5 cm	Normal	50	1,19cm
Cavo	75	1,96 cm	Cavo	75	1,77cm
Cavo fuerte	97.5	2,92 cm	Cavo fuerte	97.5	2,96cm

Del análisis de los datos de la altura del candado se concluyó que:

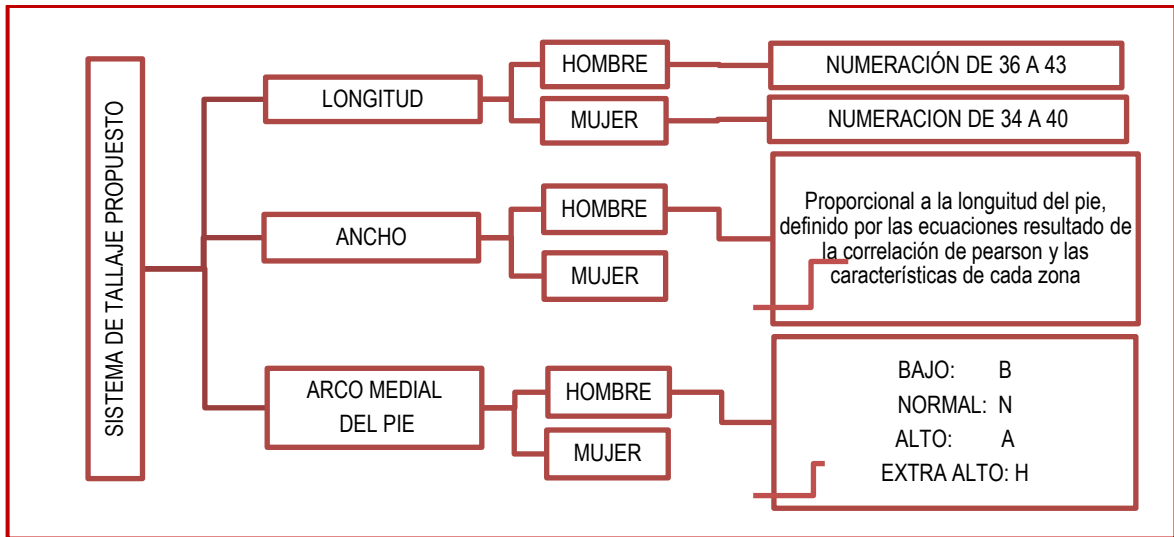
- Al comparar el promedio de alturas de candado según la huella plantar con las alturas obtenidas por los percentiles, se nota una diferencia general menor a 0,2cm; se podría decir que son similares pero teniendo en cuenta la distribución de los datos se toman los percentiles como determinantes de los rangos.

- El percentil P50 representa la media o promedio de la muestra tanto de hombres como de mujeres. En comparación se evidencia que el promedio de los datos de las mujeres es menor al de los hombres, esto se debe a que hay mayor población femenina con pie tipo plano.
- Por medio de los percentiles se establecieron medidas de posición que cubre la mayor cantidad de datos de la muestra para obtener el ajuste ideal del arco plantar, importante para lograr la comodidad del pie en el calzado.

### **8.3 ESTANDARIZACIÓN DE LAS MEDIDAS PARA EL SISTEMA DE TALLAJE**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se estipularon las características dimensionales para establecer el sistema de tallaje. El sistema de tallaje tuvo en cuenta tres aspectos principales que definen y contribuyen a la comodidad del calzado, sin descuidar los demás aspectos que permiten que el pie cumpla a cabalidad con todas sus funciones. En el siguiente esquema se exponen las medidas que lograron un sistema de tallaje acorde a las medidas de la población estudiada (Ilustración 18):

**Ilustración 18. Esquema del Sistema de tallaje propuesto.**



Debido a que la altura del candado del pie define el sistema de tallaje y es importante que esta medida sea igual o menor a la del pie del usuario, se tendrán en cuenta diferentes materiales que contribuyan a cumplir con dicha condición (como los materiales visco elásticos), además se determinaron los siguientes rangos para el arco medial del pie:

**Tabla 18. Altura del candado.**

ALTURA DEL CANDADO				
TIPO	ABREVIATURA	MEDIDA		
		HOMBRE	MUJER	
Bajo- plano	B	1 cm	0,6cm	
Normal	N	1,5 cm	1,2cm	
Alto-cavo	A	2 cm	1,8cm	
Extra - cavo	H	2,9 cm	3cm	

Las diferentes medidas de las hormas del sistema de tallaje en función de la longitud del pie se definieron mediante las ecuaciones lineales derivadas de la correlación de Pearson y las recomendaciones de la guía para el diseño del calzado de Instituto de biomecánica de Valencia como se estipuló en la metodología (Ver Anexo A, pág. 112). Por tanto, las medidas teniendo en cuenta la longitud del pie tanto para hombres como para mujeres están consignadas en las siguientes tablas:

**Tabla 19. Medidas con base en la longitud del pie de las mujeres.**

MEDIDA DE LA HORMA						
MEDIDAS (cm)	TALLAS PARA MUJER					
	35	36	37	38	39	40
Longitud para calzar	23,4	24	24,7	25,3	25,9	26,6
Longitud del talón a la cabeza del 5° metat.	14,60	14,98	15,38	15,73	16,08	16,48
Longitud del talón a la cabeza del 1° metat.	16,54	16,98	17,46	17,87	18,28	18,76
Contorno del mediopié	21,85	22,22	22,51	22,79	23,12	23,24
Contorno articulación metat.	22,05	22,54	22,75	23,03	23,47	23,15
Ancho de la articulación metatarsofalángica	8,69	8,97	9,09	9,25	9,5	9,32
Espesor de la puntera	2,28	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Contorno del empeine	23,39	23,75	24,13	24,47	24,80	25,18
Altura del empeine	7,22	7,39	7,42	7,54	7,68	7,86
Longitud talón-empeine	9,22	9,52	9,84	10,12	10,39	10,71
Longitud del antepié	13,13	13,48	13,86	14,18	14,51	14,89
Contorno de entrada	29,34	29,78	30,25	30,65	31,06	31,53
Contorno de retención	21,75	22,24	22,45	22,73	23,17	22,85
Altura del talón	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6
Anchura del talón	5,97	6,14	6,3	6,43	6,5	6,53

**Tabla 20. Medidas con base en la longitud del pie de los hombres.**

MEDIDA DEL SISTEMA DE TALLAJE						
MEDIDAS (cm)	TALLAS PARA HOMBRES					
	38	39	40	41	42	43
Longitud para calzar	25,39	25,93	26,67	27,3	267,96	28,58
Longitud del talón a la cabeza del 5° metat.	15,69	16,00	16,42	16,77	17,14	17,49
Longitud del talón a la cabeza del 1° metat.	18,06	18,43	18,93	19,36	19,81	20,23
Contorno del mediopié	23,73	24,21	24,65	24,89	25,30	25,68
Contorno articulación metatarsofalángica	23,63	24,43	24,90	24,96	25,42	25,88
Ancho de la articulación metatarsofalángica	9,19	9,64	9,91	9,94	10,20	10,46
Espesor de la puntera	2,2	2,25	2,25	2,25	2,25	2,23
Contorno del empeine	25,86	26,22	26,73	27,16	27,61	28,03
Altura del empeine	8,08	8,21	8,43	8,35	8,55	8,65
Longitud talón-empeine	10,09	10,34	10,69	10,98	11,29	11,58
Longitud del antepié	14,30	14,59	14,98	15,32	15,67	16,00
Contorno de entrada	32,20	32,59	33,12	33,57	34,04	34,48
Contorno de retención	23,23	24,03	24,50	24,56	25,02	25,48
Altura del talón	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
Anchura del talón	6,03	6,27	6,39	6,39	6,64	6,62

#### 8.4 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LAS HORMAS.

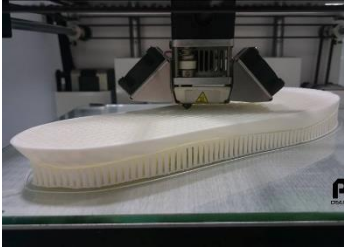
Para comprobar las medidas de la horma se fabricaron las tallas más comunes para hombres talla 40 y para mujer talla 37. Se elaboró una horma por talla teniendo en cuenta las tolerancias recomendadas según la medida del pie ((Ver Anexo A, pág. 112), como también el proceso de fabricación tanto de la horma como la del calzado y los materiales. No obstante las pruebas de calce permiten descubrir la variabilidad de tolerancias para aprobar la horma antes de la producción en línea del calzado.

**Tabla 21. Medidas de las hormas a fabricar.**

MEDIDAS (cm)	MEDIDAS DE LAS HORMAS A FABRICAR	
	TALLAS	
	MUJERES	HOMBRES
	<b>37</b>	<b>40</b>
Longitud para calzar	24,7	26,7
Longitud del talón a la cabeza del 5° metat.	15,4	16,4
Longitud del talón a la cabeza del 1° metat.	17,5	18,9
Contorno del mediopié	22,5	24,7
Contorno articulación metatarsofalángica	22,8	24,9
Ancho de la articulación metatarsofalángica	9,1	9,9
Espesor de la puntera	2,3	2,6
Contorno del empeine	24,1	26,7
Altura del empeine	7,4	8,4
Longitud talón-empeine	9,8	10,7
Longitud del antepié	13,9	15
Contorno de entrada	30,3	33,1
Contorno de retención	22,5	24,6
Altura del talón	5,7	6,5
Anchura del talón	6,3	6,4

El modelo de las hormas fue fabricado en impresión 3d y posteriormente se realizaron las hormas en resina para el armado del calzado.

**Ilustración 19. Modelo de las hormas, impresión 3D.**



**Ilustración 20. Prototipo de hormas en resina.**



## 8.5 MODELADO DEL CALZADO

Cada talla tanto de hombres como de mujeres tienen una variabilidad en la altura del arco por tanto para comprobar el sistema de tallaje propuesto con las dos hormas diseñadas se fabricaran las siguientes tallas:

**Tabla 22. Tallas a fabricar**

TIPO	TALLAS			
Hombre	40B	40N	40L	40AX
Mujer	37B	37N	37A	37AX
B:Arco bajo    N:Arco normal    A: Arco alto    AX: extra alto (ver tabla 16 sobre alturas del arco medial plantar)				

### **b. Muestras del calzado**

Para comprobar las hormas se realizaron muestras del calzado, con las cuales se verificó que las medidas obtenidas y establecidas para el sistema de tallaje sean adecuadas para la fabricación del calzado.

**Ilustración 21. Primeras muestras de calzado, mujer talla 37, hombre talla 40 y soporte según altura del arco.**



Las muestras fueron realizadas como modelos sencillos en tela, con una suela estándar encontrada en el mercado y plantilla de Eva, para verificar las condiciones del calzado se hizo necesario realizar las primeras pruebas ergonómicas.


## **8.6 PRIMERA PRUEBA**

Se realizaron los Test de incomodidad general y de la incomodidad del arco medial plantar. La población fue de 20 usuarios (10 hombres y 10 mujeres) con una edad promedio de: y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 23. Resultados de la primera prueba general de incomodidad N=20.**

PRIMERA PRUEBA: TEST DE INCOMODIDAD GENERAL								
								
Nº	EDAD	SEXO	CALCE	PARTES INTERIOR	30 min DE USO	60 min DE USO	90 min DE USO	120 min DE USO
1	35	M	2	3	3	3	3	4
2	29	F	2	4	4	5	5	6
3	28	F	1	3	2	2	2	3
4	27	M	1	3	2	2	3	4
5	33	F	1	2	2	3	3	4
6	37	M	3	2	2	2	2	2
7	18	M	3	2	2	3	3	4
8	25	F	2	3	3	3	4	5
9	22	F	2	4	3	3	4	4
10	23	M	1	4	2	2	2	2
11	25	F	1	3	2	3	3	4
12	25	M	2	3	2	2	3	4
13	26	M	1	3	2	2	2	2
14	23	F	1	3	2	2	2	2
15	24	F	1	4	3	3	4	4
16	22	M	1	5	3	4	4	5
17	18	F	2	2	2	3	3	4
18	21	M	1	3	2	2	3	3
19	21	F	1	2	2	2	2	2


Tabla 23. (Continuación)

PRIMERA PRUEBA: TEST DE INCOMODIDAD GENERAL								
								
Nº	EDAD	SEXO	CALCE	PARTES INTERIOR	30 min DE USO	60 min DE USO	90 min DE USO	120 min DE USO
20	22	F	2	3	2	3	3	3
Edad prom.	25,2	TOTAL	1,55	3,05	2,35	2,7	3	3,55
Escala de 11 grados donde muy cómodo es 1 y muy incómodo es 11								

**Tabla 24. Resultado de Test de incomodidad: para evaluar el arco medial temblar.**

SEGUNDA PRUEBA: TEST DE INCOMODIDAD PARA EL ARCO MEDIAL PLANTAR										
N°	EDAD	SEXO	PIE IZQUIERDO				PIE DERECHO			
			30 min	60 min	90 min	120 min	30 min	60 min	90 min	120 min
1	35	M	100	100	100	80	100	100	100	80
2	29	F	100	100	100	100	80	100	100	100
3	28	F	80	80	80	50	80	80	80	50
4	27	M	50	80	80	80	50	80	80	80
5	33	F	100	80	80	80	100	100	100	80
6	37	M	80	80	80	80	80	80	80	80
7	18	M	100	100	100	100	100	100	100	100
8	25	F	80	80	80	80	80	80	80	80
9	22	F	80	80	80	80	80	80	80	80
10	23	M	100	80	80	80	100	80	80	80
11	25	F	100	100	100	100	100	100	100	100
12	25	M	80	80	80	50	80	80	80	50
13	26	M	80	80	80	80	80	80	80	80
14	23	F	80	50	50	50	80	50	50	50
15	24	F	80	80	80	80	100	80	80	80

Tabla 24. (Continuación)

SEGUNDA PRUEBA: TEST DE INCOMODIDAD PARA EL ARCO MEDIAL PLANTAR										
										
N°	EDAD	SEXO	PIE IZQUIERDO				PIE DERECHO			
16	22	M	30 min	60 min	90 min	120 min	30 min	60 min	90 min	120 min
17	18	F	80	80	80	80	80	80	80	80
18	21	M	50	50	50	50	50	50	50	50
19	21	F	80	50	50	50	80	50	50	50
20	22	F	50	50	50	50	50	50	50	50
Edad prom:	25,2	TOTAL	80,1	75,65	75,65	71,65	80,15	77,7	59,5	54,5
Escala porcentual: Muy cómodo: 100%, Agradable:80%, Cómodo: 50%, no cómodo: 30%,muy incómodo: 0%										

Después de las pruebas y estudiar el registro fotográfico se llegó a las siguientes conclusiones:

- Con la prueba general de comodidad se evidenció que gracias a la forma asimétrica de la puntera los diferentes tipos de pie se pueden albergar dentro del zapato con comodidad, permitiendo la movilidad de los dedos.
- Los usuarios con empeine alto manifestaron sentir ajustada la zona donde inicia el medio pie hasta la articulación metatarsofalángica, por ende se recomienda revisar las medidas de esta zona y ajustarla.
- El ajuste interno en general se consideró cómodo, algunos usuarios manifestaron que el ajuste les hacía sentir cómodos, y otros manifestaron que debería ajustarse buscando un material más suave.

- Debido a que el tipo de suela no permitió la elevación de puntera adecuadamente se observó que dicha inclinación es fundamental en el proceso de marcha, ya que ayuda a realizar el movimiento de la articulación metatarsofalángica.
- Los usuarios entrevistados manifestaron sentir mayor comodidad al sentir el apoyo del soporte para el arco medial plantar del pie. Algunos de ellos recomendaron la posibilidad de realizarlo con otro material más blando.
- Alguno de los entrevistados manifestaron que la parte más incómoda de los modelos calzados fue la zona del talón, manifestaron sentir una suela y platilla muy planas, lo cual en tiempos muy prolongados de uso generaría dolor y molestias.

## **8.7 ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN**

### **c. Configuración de las alternativas: Estructura del calzado.**

Se estableció una estructura base de los componentes del calzado para la elaboración de las alternativas. Algunas de las características del calzado conllevan a un solo tipo de solución debido a los requerimientos y la forma final de la horma.

**Tabla 25. Estructura del calzado según sus partes.**

Partes del Calzado	
<b>Forma del Calzado</b>	 <p>Tipo de <b>calzado casual</b> para hombre como mujer: este tipo de calzado permite contener y proteger todas las partes del pie, como el movimiento natural del tobillo según los requerimientos del proyecto.</p>
<b>Putera</b>	 <p><b>Puntera asimétrica:</b> permite el espacio suficiente para los dedos, como su movimiento.</p>
<b>Suela</b>	 <p><b>Adapta la forma y función de cada parte del pie:</b> permite el movimiento de las articulaciones del pie, ser soporte, realizar la fricción necesaria y permitir la amortiguación en cada partes del pie según requerimientos.</p>
<b>Plantilla</b>	 <p><b>Adaptada a la forma de la planta del pie:</b> mantiene la forma natural del pie. Plantilla con base adaptada a la forma del talón y el soporte para el arco medial plantar según el sistema de tallaje propuesto.</p>
<b>Estabilidad Contrafuerte Soporte del talón</b>	 <p><b>Contrafuerte:</b> Permite la estabilidad del pie adaptado a la parte posterior del pie sin lastimar el talón.</p>
<b>Sistema de cierre</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>Elástico</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>velcro</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>cierres</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>cordones</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">Sistema de cierre: Permite realizar el ajuste adecuado</p>

#### d. Exploración formal

##### 1.1.d.1 Alternativas calzado mujer:

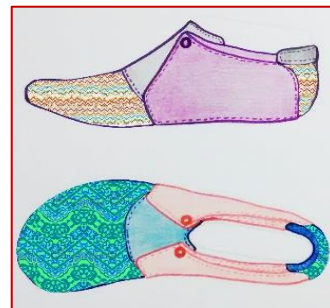
- Tendencia ACICAM 2016: **La fiesta**

Ilustración 22. Tendencia ACICAM 2016: La fiesta

Alternativa 1



Alternativa 2



Alternativa 3



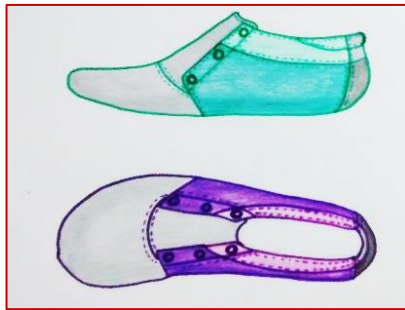
Alternativa 4



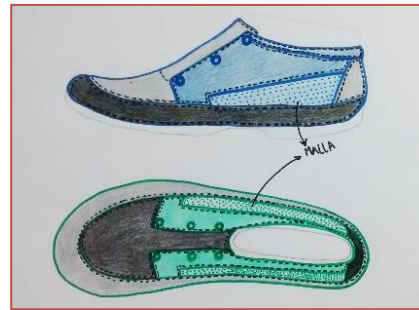
- Tendencia ACICAM 2016: la **calle**.

**Ilustración 23. Tendencia ACICAM 2016: la calle**

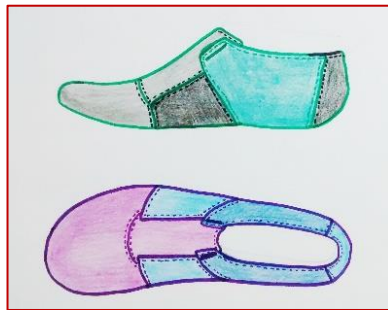
**Alternativa 5**



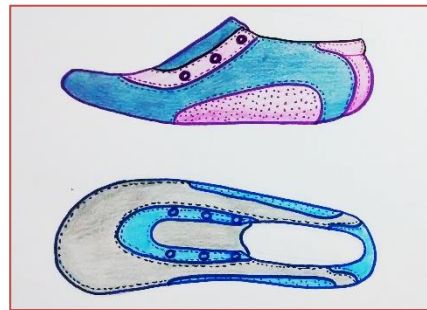
**Alternativa 6**



**Alternativa 7**



**Alternativa 8**



### 1.1.d.2 Alternativas calzado de hombre

- Tendencia ACICAM 2016: **La fiesta**

**Ilustración 24. Tendencia ACICAM 2016: La fiesta**

**Alternativa 1**



**Alternativa 2**



**Alternativa 3**



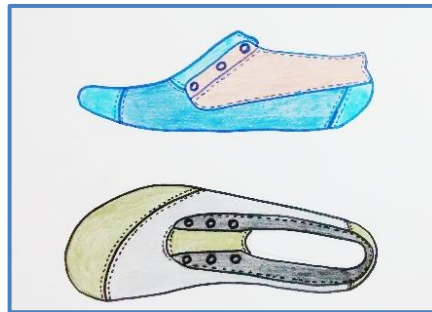
**Alternativa 4**



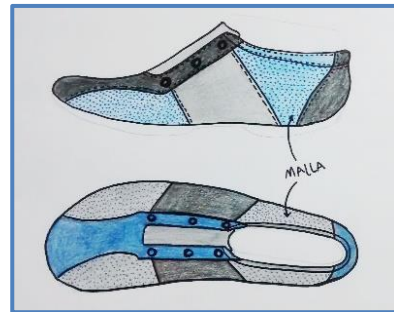
- Tendencia ACICAM 2016: la **calle**.

**Ilustración 25. Tendencia ACICAM 2016: la calle**

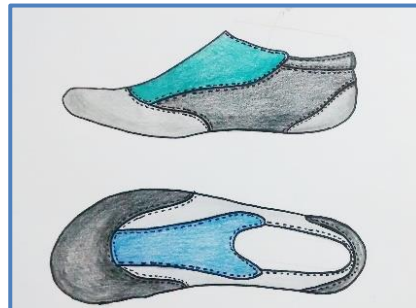
**Alternativa 5**



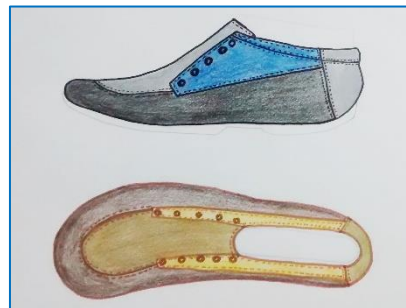
**Alternativa 6**



**Alternativa 7**



**Alternativa 8**



**1.1.d.3 Alternativas de las plantillas**

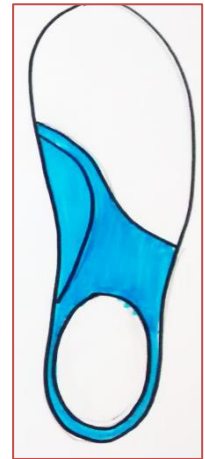
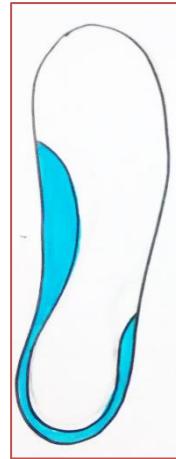
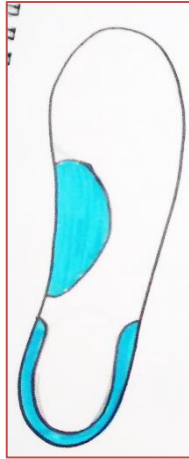
**Ilustración 26. Alternativas de las plantillas**

**Alternativa 1**

**Alternativa 2**

**Alternativa 3**

**Alternativa 4**



**1.1.d.4 Alternativas de las suelas**

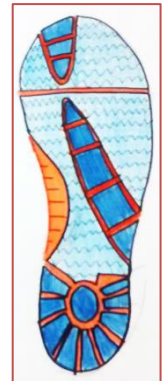
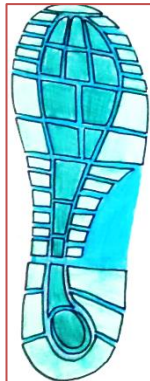
**Ilustración 27. Alternativas de las suelas**

**Alternativa 1**

**Alternativa 2**

**Alternativa 3**

**Alternativa 4**



### **e. Selección de las alternativas**

El siguiente es el resultado del análisis y evaluación de las alternativas por medio del método de ponderación de Niegel Cross:

- Se seleccionó para la plantilla la alternativa 3, con mayor resultado de ponderación (ver anexo 8, tabla de resultados de la evaluación de las alternativas) se destaca de las demás porque obtuvo valor de calificación alta en los determinantes técnico productivo al ser el apoyo del talón y el soporte del arco medial plantar un solo elemento.
- Se seleccionó para la suela la alternativa 1, con mayor resultado de ponderación (ver anexo 8, tabla de resultados de la evaluación de las alternativas), aunque su resultado final varía poco con el de las demás alternativas, sus formas y estructura son sinónimo de estabilidad, además sus canales permiten que la suela se doble con mayor facilidad al ritmo natural del movimiento del pie, brinda estabilidad y amortiguación al talón.
- Se seleccionaron para la línea de calzado de mujer las cuatro alternativas con mayor ponderación: 2, 3, 5, 7, ponderación (ver anexo 9 y 10, tabla de resultados de la evaluación de las alternativas), y para los hombres las alternativas: 3, 4, 6, 8. Estas alternativas se destacaron de las demás por su menor número de elementos, lenguaje de uso, características adecuadas para proteger y albergar el pie, y su relación favorable con las determinantes técnico-productivas.

## 9. VALIDACIÓN Y EVALUACIÓN

### 9.1 DISEÑO EN DETALLE

En las infografías se da a conocer las características de cada línea del calzado, como el diseño de la suela y la plantilla.

Ilustración 28. Diseño en detalle



## DISEÑO DE CALZADO

**PALETA DE COLORES**  
TONOS MARRONES Y AMARILLOS, ROJO, VERDES.

C: 09 M: 60 Y: 100 K: 11	C: 26 M: 44 Y: 78 K: 51
C: 02 M: 56 Y: 66 K: 01	C: 45 M: 58 Y: 79 K: 341
C: 23 M: 91 Y: 100 K: 161	C: 59 M: 69 Y: 75 K: 801
C: 11 M: 18 Y: 100 K: 01	

**LINEA PARA MUJER**

**TENDENCIA ACICAM 2016: LA FIESTA**

LOS BAILES, LA MUSICA DE LOS AÑOS 70'S, LA DISCO, SER FANS, LA LIBERTAD.

## DISEÑO DE CALZADO

### SUELA Y PLANTILLA

## 9.2 SEGUNDA PRUEBA ERGONÓMICA

Se realizó Test de dolor en partes del pie (test de incomodidad) a una población de 20 usuarios (10 hombres y 10 mujeres) con una edad promedio de: 25,44.

Los resultados se analizaron en función del tiempo, como la prueba se realizó en 4 secciones de 30 minutos, cada sección represento un 25% del tiempo en que se usó el calzado, para un total de 120 minutos (100%). De las pruebas se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 26. Test de incomodidad: dolor en partes del pie.**

TEST DE DOLOR EN PARTES DEL PIE (TEST DE INCOMODIDAD)																	
Nº	EDA		SEX	TIEMPO	PREGUNTAS												
	D	O			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	28	F		120min	0	0	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	33	F		120min	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	25	F		120min	0	0	25	0	25	25	0	0	50	0	25	0	
4	22	F		120min	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	25	F		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	23	F		120min	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	
7	24	F		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	18	F		120min	0	0	50	0	50	25	25	0	0	0	25	0	
9	21	F		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	22	M		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	27	M		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	24	M		120min	0	0	25	0	0	12	0	25	0	0	0	0	
13	18	M		120min	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	
14	23	M		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	25	M		120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 26. (Continuación)

TEST DE DOLOR EN PARTES DEL PIE (TEST DE INCOMODIDAD)																
EDA			SEX	PREGUNTAS												
Nº	D	O	TIEMPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	26	M	120min	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0
17	32	M	120min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	21	M	120min	0	0	0	0	25	0	25	0	0	0	0	0	25
19	25	M	120min	0	0	25	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0
20	23	M	120min	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	25	0
Edad Prom	24,55		% de incomodidad	0	0	8,75	5	7,5	3,1	6,25	1,25	2,5	1,25	2,5	2,5	1,25

Después de la prueba y de estudiar el registro fotográfico se llegó a las siguientes conclusiones:

- El soporte del arco y talón propuesto contribuyo a que los usuarios mantuvieran la posición adecuada del pie en posición erguida. En su mayoría 80% de los encuestados con pie plano observaron y sintieron que su postura se corregía.
- Algunos de los encuestados manifestaron sentir incomodidad con el soporte del arco plantar los primero 30 minutos, pero después de caminar y usar el calzado dicha incomodidad desapareció.
- Sobre el soporte del arco plantar y de talón también manifestaron como observación un 80% de los encuestados que sentía mayor estabilidad, protección y confianza con el calzado.
- Con el registro fotográfico se observó que es necesario estudiar la estructura del soporte para el talón debido que según el tipo de pie el usuario tiende hacer mayor presión a un lado del soporte del talón más que en el otro, es decir, debido a que los encuestados con pie plano tienen una pisada pronadora

tienden a inclinar el pie hacia adentro y los encuestado de pie cavo y extracavo tienen pisada supinadora por eso tienden a inclinar el pie hacia fuera, entonces un soporte con material de mayor densidad en dicha zona ayudara a estabilizar la pisada.

- Los encuestados consideraron cómodo el material utilizado en las partes internas del calzado, como también la puntera, ya que, los dedos tenían espacio suficiente para moverlos. Por otra parte, la inclinación de la puntera para los encuestados fue indiferente porque no les incomodo pero tampoco manifestaron que fuera cómoda, además nadie hizo observaciones sobres esta.
- Dos de las 20 personas encuestadas manifestaron sentir un poco de molestia en la zona del empeine, debido a que tienen empeine alto el calzado les quedaba justo.

### **9.3 FABRICACIÓN DEL CALZADO**

Se tomaron en cuenta las diferentes etapas para fabricar el calzado:

### Ilustración 29. Fabricación del calzado



1-Corte de las partes



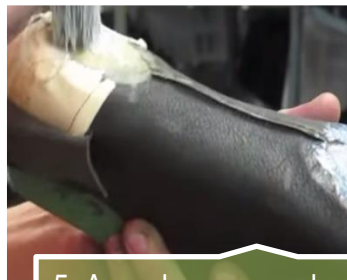
2- Coser los Bordes



3- Pegar las partes



4- Agregar forro interno



5- Armado y pegue de suela



6- Ojales, cordones, emplantillada

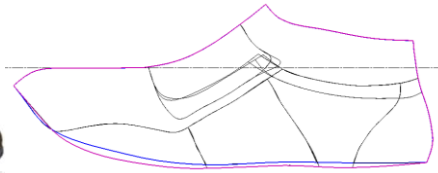
Para cada par de zapatos se hicieron la ficha técnica de cada una de sus partes, dando se dan a conocer las características para la fabricación:

**Tabla 27. Fichas técnica**

FICHA TECNICA 1 CALZADO PARA HOMBRE TALLA 40.		
		
DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Azul
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Cordones y ojales circulares.	Ojales de color plata, cordones Beis.
COSTURAS	Doble costura	Al color del cuero

FICHA TECNICA 2 CALZADO PARA HOMBRE TALLA 40.		
		
DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Gris plata Gris piedra Negro mate
MAT. DE LA SUELA	PU	Negra
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Negro
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Cordones y ojales circulares.	Ojales de color plata, cordones negros
COSTURAS	Doble costura	Al color del cuero

FICHA TECNICA 3  
CALZADO PARA HOMBRE TALLA 40.



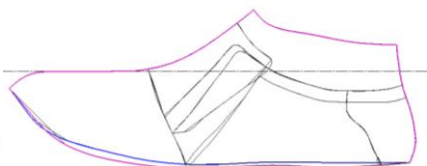
DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Azul Gris piedra Gris plata
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Negro
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Negro
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Cordones y ojales circulares.	Ojales de colore plata, cordones gris.
COSTURAS	Doble costura	Al color del cuero

FICHA TECNICA 4  
CALZADO PARA HOMBRE TALLA 40.



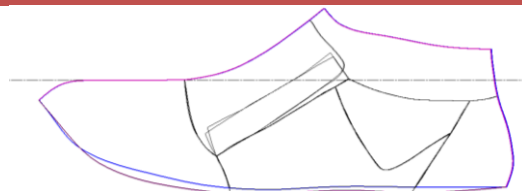
DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Azul Beis
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Cordones y ojales circulares.	Ojales de colore plata, cordones
COSTURAS	Doble costura	Al color del cuero

FICHA TECNICA 1  
CALZADO PARA MUJER TALLA 37.



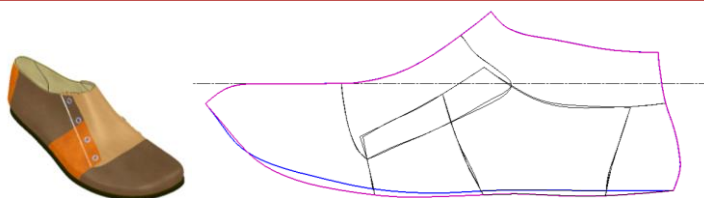
DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Amarillo quemado Marrón café Beis
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Ojales y cordones	Ojales de color plata, cordones marrones.
COSTURAS	Costura doble	Del color del cuero.

FICHA TECNICA 2  
CALZADO PARA MUJER TALLA 37.



DESCRIPCION		COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Marrón chocolate Marrón café Salmón
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Ojales y cordones	Ojales de color plata, cordones marrones.
COSTURAS	Costura doble	Del color del cuero.

FICHA TECNICA 3  
CALZADO PARA MUJER TALLA 37.



	DESCRIPCION	COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Naranja vivo Marrón café Beis
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Ojales y cordones	Ojales de color plata, cordones marrones.
COSTURAS	Costura doble	Del color del cuero.

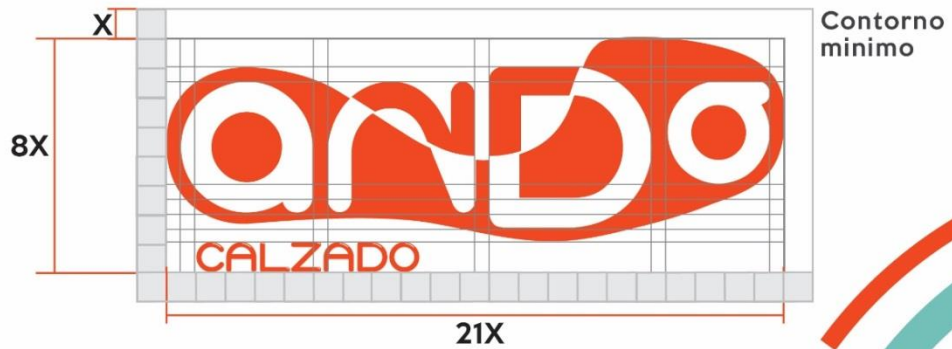
FICHA TECNICA 4  
CALZADO PARA MUJER TALLA 37.



	DESCRIPCION	COLOR
MATERIAL PRINCIPAL	Cuero.	Rojo naranjado Marrón café Marrón chocolate
MATERIAL DE LA SUELA	PU	Marrón
FORROS INTERNOS	Tela pique	Beis
TACÓN	Bajo	Marrón
PUNTERA Y CONTRAFUERTE	Refuerzo en polímero, material termo estable	café
HERRAJES Y ACESSORIOS	Ojales y cordones	Ojales de color plata, cordones marrones.
COSTURAS	Costura doble	Del color del cuero.

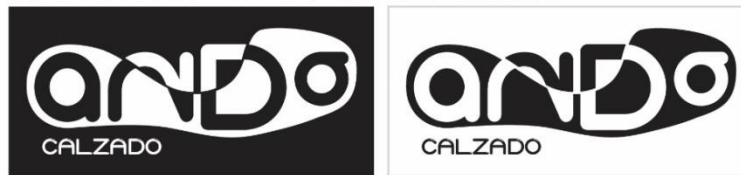


## ÁREA VITAL



Para cualquier aplicación de la marca se debe tener en cuenta la retícula. El símbolo y logotipo deben conservar las dimensiones y proporción entre ellos.

### APLICACIÓN DE BLANCO Y NEGRO



### APLICACIÓN EN ESCALA DE GRISES



### APLICACIÓN DE COLOR



Calzado Femenino



Calzado Masculino



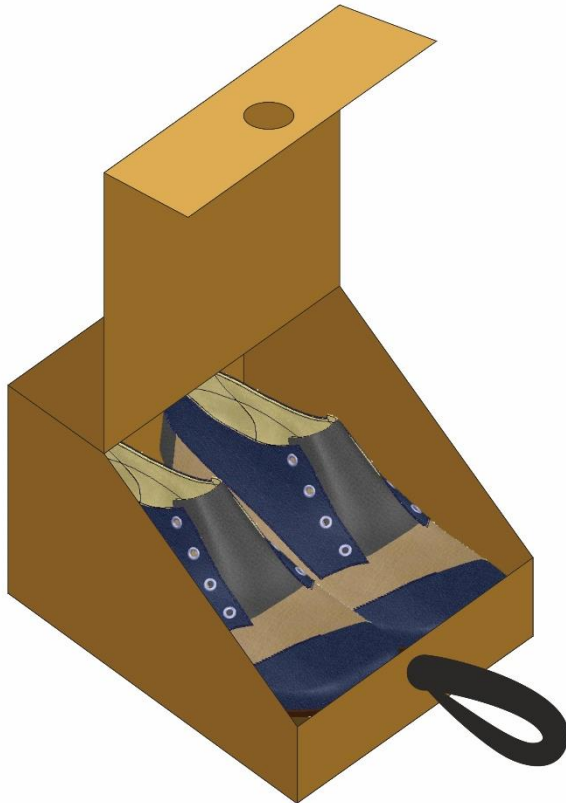
## REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL SISTEMA DE TALLAJE



### 10.2 EMBALAJE DE LA COLECCIÓN.

El calzado será distribuido en cajas las cuales llevan la identidad de la marca.

### Ilustración 31. Embalaje de la colección



El empaque para los zapatos se basa en una caja el cual los contiene cada zapato de forma exacta, para prevenir que sufran algún tipo de daño. La caja se cierra fácilmente con mediante una cuerda, que permite luego se usada para transportarlos.

El material utilizado para hacer las cajas es cartón, por ser un material reciclable y recuperable.

## 11. CONCLUSIONES

Como resultado de la investigación realizada es posible concluir que el sistema de tallaje establecido incorpora un soporte plantar para el arco medial y el talón que contribuye significativamente a la comodidad; más del 90% de los encuestados manifestaron sentir mayor estabilidad al usarlo, proporcionando mayor confianza. Adicionalmente se demostró que para lograr aumentar la comodidad del usuario se debe tener en cuenta las características y funciones de cada parte del pie, debido a que este es un mecanismo donde todas sus partes trabajan en sincronía.

Por medio de una metodología de tres etapas se analizó la literatura para definir los aspectos anatómicos, funcionales y biomecánicos del pie, la información obtenida se sintetizó creando bases sólidas para el desarrollo del sistema. Luego con el método FAST se analizó la relación entre pie y el calzado, se identificaron las funciones del calzado y se clasificaron según su importancia para posteriormente ser jerarquizadas con el modelo KANO. El resultado de estas herramientas se reflejó en la definición de los requerimientos mediante la metodología de Gui Bonsiepe y el manual de Gerardo Rodríguez, determinando las variables que dieron solución a las necesidades encontradas. Posteriormente se realizó el análisis de los datos antropométricos del pie a través de la correlación de Pearson dando a conocer las relaciones entre las diferentes medidas del pie, pero fue mediante un análisis estadístico descriptivo que se logró establecer los rangos de altura del calzado según el tipo del arco medial del pie. Con los resultados obtenidos se realizó una estandarización de las medidas para obtener el nuevo sistema de tallaje.

Para comprobar las medidas se fabricaron las hormas, con las cuales se construyeron modelos de calzado que fueron sometidos a dos pruebas donde se aplicaron los Test de incomodidad, evaluando la interacción entre el usuario y el calzado, para definir el ajuste óptimo de cada zona.

La configuración de línea de calzado que se estableció en base a la estructura de los componentes del calzado, las tendencias del mercado y los conceptos básicos de diseño dando como resultado diferentes alternativas, seleccionadas a través del modelo de ponderación de N. Cross.

En conclusión se estableció un sistema de tallaje para el calzado que considera la estructura del arco del pie logrando aumentar la comodidad mediante un soporte que permite mantener la forma natural del talón y sostiene al arco medial plantar logrando mayor contacto con la superficie del calzado, disminuyendo la incomodidad, es decir, evitando molestias y dolor por el uso prolongado del calzado. Por otra parte, cabe destacar que para el diseño de calzado es fundamental el estudio de cada parte, su función e interacción con el pie.

Se sugiere que para una futura de investigación con relación el pie se estudie las proporciones de la zona plantar del pie (áreas, tamaños de la huella) para establecer la relación entre las medidas generales y el tipo de pisada (dependiendo del tipo del arco), y así poder determinar otros aspectos que contribuyan a la comodidad del calzado.

## BIBLIOGRAFÍA

ACICAM, FEDECUERO, COELHO. Plan de negocios del sector del cuero, calzado y marroquinería: una respuesta para la transformación productiva. Bucaramanga. 2013

Alcantara, E., Dura, J., Zamora, T., Balaguer, E., & Rosa, D. Identification of floor friction safety level of public buildings considering mobility disabled people needs. Safety Science. 2005

Álvarez Calderón Iglesias, Ó., Alonso Tajés, F., López López, D., Gómez Martín, B., & Sánchez Gómez, R. Análisis del calzado en población mayor a 60 años. Revista Internacional de Ciencias Podológicas, 2(1), 19-26. 2008

Álvarez Camarena, C., & Palma Villegas, W. Desarrollo y Biomecánica del arco plantar. Revista Ortho-Tips, 215-222. 2010. Obtenido de [www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031](http://www.new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDREVISTA=72&IDARTICULO=28383&IDPUBLICACION=3031)

Barretto, S. Diseño del calzado urbano. Buenos Aires: Nobuko. 2006. Obtenido de [www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+numeracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5\\_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false](http://www.books.google.com.co/books?id=ykG1RY3NeEkC&pg=PA65&lpg=PA65&dq=Sistema+de+numeracion+del+calzado&source=bl&ots=hyH62zv5_V&sig=5eXf4ymkppBYm-tCWzxcdfTySM&hl=es-419&sa=X&ei=GmFmVKv-BoOeNpSLgrAP&ved=0CE8Q6AEwCg#v=onepage&q&f=false)

Chico Ruiz, F. Biomecánica del pie. Revista del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato, 182 - 188. 2007. Obtenido de [http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/21042007\\_BIOMECANICA\\_PIE.pdf](http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/21042007_BIOMECANICA_PIE.pdf)

Chuckpaiwong, B., Nunley, J. A., Mall, N. A., & Queen, R. M. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait & Posture*, 405-411. 2008

Chusman, W., & Rosenberg, D. *Human factor in product design*. Elsevier Amsterdam. 1991

Corlett, E., & Bishop, R. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*. 1976

Delgado Abellán, L., Aguado, X., Jiménez Ormeño, E., Mecerreyes, L., & Alegre, L. M. Efectos del ejercicio continuo e intermitente sobre la huella plantar. *Archivos de medicina del deporte*, 29(148), 001-008. 2012. Obtenido de [http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Abstract\\_Original\\_Ejercicio\\_continuado\\_601\\_148.pdf](http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Abstract_Original_Ejercicio_continuado_601_148.pdf)

Garcia, A., Dura, J., Ramiro, J., Hoyos J.V, & Vera, P. Dynamic study of insole materials simulating real loads. *Foot and Ankle*. 1994

Goonetilleke, R. S. *Desining footwear: back to basics in a effort to desing for people*. Hong Kong: Khalid, H.M., Lim, T.Y., and Lee, N.K. 2003. Obtenido de <http://www-ieem.ust.hk/dfaculty/ravi/papers/seamec2.pdf>

Goonetilleke, R. S., & Luximon, A. *Desingning for confort: a footwear aplication*. *Computer-Aided Ergonomics and safety*. Hong Kong. 2001. Obtenido de <http://www-ieem.ust.hk/dfaculty/ravi/papers/caes.pdf>

Hutton, W., Scott, J., & Stokes, I. The mechanics of the foot. In: *The foot and his disorders*. Blakwell. Oxford, UK: Klenerman L. 1976

Instituto de Biomecánica. Guía de recomendaciones para el diseño de calzado. Valencia: IBV. 1995

Izquierdo Redin, M. Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid: Medica Pnamericana. 2008. Obtenido de <http://books.google.com.co/books?id=F4I9092Up4wC&pg=PA454&dq=pie+y+calzado&hl=es-419&sa=X&ei=kfxnVO3HD8KgNu2ggrAJ&ved=0CDsQ6AEwBg#v=onepage&q=pie%20y%20calzado&f=false>

Jones, J. Methods and result od seating research. ergonomics. 1969

Jorgensen, U., Larse E., & Vamarken, J. The HPC: Device: A method to quantify the heel pad shock absorbency. Foot Ankle International, 10(2). 1989

Kaufman, K. R., Brodine, S. K., Shaffer, R. A., Johnson., C. W., & Cullison, T. R. The effect off foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. The American Journal of Sport Medicine, Vol 27, N. 5. 1999

Kawabata, A., & Tokura, H. Effects of two kinds of sport shoes with different structure on termoregulatory responses. Annals of Physical Anthropology, 12. 1993

Martínez López, R. El pie en la evolución del ser humano: desarrollo, trastornos y prevención. Madrid: Visión Net. 2007. Obtenido de [http://books.google.com.co/books?id=\\_4AI7X98KRgC&pg=PA51&lpg=PA51&dq=fisiologia+del+pie&source=bl&ots=kVFUDmpnAy&sig=nZKedRGonzAygLh8WGLaSdbCwh8&hl=es-419&sa=X&ei=8LVnVPnMFcmkgwTy9oHwBg&ved=0CFIQ6AEwCg#v=onepage&q=fisiologia%20del%20pie&f=false](http://books.google.com.co/books?id=_4AI7X98KRgC&pg=PA51&lpg=PA51&dq=fisiologia+del+pie&source=bl&ots=kVFUDmpnAy&sig=nZKedRGonzAygLh8WGLaSdbCwh8&hl=es-419&sa=X&ei=8LVnVPnMFcmkgwTy9oHwBg&ved=0CFIQ6AEwCg#v=onepage&q=fisiologia%20del%20pie&f=false)

Mills, K., Blanch, P., & Vicenzino, B. Identifying clinically meaningful tools for measuring comfort perception of footwear. *Medicine & science in sport & exercise*. 2010

Mondelo, P., Gregori, E., & Barrau, P. *Ergonomia 1, Fundamentos*. España: Edicions UPC. 1999. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/152651280/Ergonomia-1-Fundamentos-Pedro-R-Mondelo>

Moreno de la Fuente, J. L. *Podología general y Biomecánica*. Barcelona: Elsevier Masson. 2009. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=xSCX5AZ6nd8C&printsec=frontcover&dq=biomecnica+del+pie&hl=en&sa=X&ei=cGRmVNfuAoOrgwSmpYCwDw&ved=0CFUQ6AEwBw#v=onepage&q=biomecnica%20del%20pie&f=false>

Munsermann, A., Stefanyshyn, D. J., & Nigg, B. M. Relationship between footwear comfort of shoe inserts and anthropometric and sensory factors. *Medicine & science in sport & exercise*. 2001

Núñez, M., Pizarroso, S., & Llanos Alcázar, L. *Biomecánica, medicina y cirugía del pie*. (2 ed.). Barcelona: Elsevier Masson. 2007. Obtenido de <http://books.google.es/books?id=DQ22QAtba3YC&printsec=frontcover&dq=biomecnica+del+pie&hl=en&sa=X&ei=cGRmVNfuAoOrgwSmpYCwDw&ved=0CDQQ6AEwAg#v=onepage&q=biomecnica%20del%20pie&f=false>

Parada Gamboa, A. Tesis de grado: Estudio antropométrico del pie femenino para su aplicación en la estandarización de medidas conucientes a la elaboración de hormas para el calzado urbano. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2014

Parra Moreno, H. *Principios de modelado de calzado*. Bucaramanga: UIS. 2004

Razeghi, M., & Batt, M. E. Foot type classification: a critical review of current methods. *Gait and Posture* 15, 282-291. 2002

Rose, N. E., Feiwel, L. A., & Cracchiolo III, A. A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor: the effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force. *American Orthopaedic Foot & Ankle International*, 13. 1992

Sanchez Lara, A., Berdejo del Fresno, D., Martinez Lopez, E., Chacon Zagalaz, J., & Lara Dieguez, S. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(49), 19-39. 2013. Obtenido de <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista49/artalteraciones340.pdf>

Sanchis Requena, E. Aproximación Biomecánica al diseño de calzado para adultos. *Instituto de Biomecánica de Valencia*, 40, 15-18. 2003. Obtenido de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4687355>.

Shackel, B., Chidsey, K., & Shipley, P. The Assessment of chair comfort. *Ergonomics*. 1969

SIC. Reglamento técnico sobre etiquetado del calzado y marroquinería. Colombia: SIC. 2013

SIC. Boletín tecnológico: antropometría y diseño de hormas para calzado. Colombia: Banco de patentes SIC. 2014

Silvia Rubio, L., Bermudez Huertas, A., & Almario Mayor, F. Boletín tecnológico: Antropometría y diseño de hormas para calzado, Banco de patentes SIC. Colombia: Superintendencia de industria y comercio, Universidad Pontificia

Javeriana. 2014. Obtenido de [http://www.sic.gov.co/drupal/recursos\\_user/documentos/publicaciones/Boletin\\_calzado.pdf](http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/publicaciones/Boletin_calzado.pdf)

Slater, K. Human Comfort. Springfield: U.S.A.C.C. 1985

Solozabal Basañez, J. El diseño industrial como integrante diferenciador de los productos de consumo. España: Universidad de Coruña. 2009

Stefanyshyn, D., Liu, W., Miller, J., Nigg, B., & Nurse, M. Influence of foot, leg and shoe characteristics on subjective comfort. *Foot & Ankle International*, 21. 2000

Viladot Pericé, A. Significado de la postura y de la marcha humana. Madrid: Complutense. 1996. Obtenido de <http://books.google.com.co/books?id=4xAnp75QwksC&pg=PA204&dq=pie+y+calzado&hl=es-419&sa=X&ei=vPxnVnKpMYaYgwSVwYKYAg&ved=0CDUQ6AEwBTgK#v=onepage&q=pie%20y%20calzado&f=false>

Viladot Voegeli, A. Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. *Revista Española de Reumatología*, 469- 488. 2003. Obtenido de <file:///D:/SEMESTRES%202014-2/proyecto%20de%20grado%20l/para%20marco%20referencial/Anatomia%20funcional%20y%20biomecanica%20del%20tobillo%20y%20el%20pie.pdf>

Williams III, D. S., Mc Clay, I. S., & Hamill, J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*, 341-347. 2001

Wilson, M., & Perkins, P. (s.f.).

Yung Hui, L., & Wei Hsie, H. Effect of shoe insets and heel height on foot pressure, impact force and perceived comfort during walking. *Applied Ergonomics*, 355-362. 2005. Obtenido de [http://www.researchgate.net/publication/7380069\\_Influence\\_of\\_heel\\_height\\_and\\_shoe\\_insert\\_on\\_comfort\\_perception\\_and\\_biomechanical\\_performance\\_of\\_young\\_female\\_adults\\_during\\_walking](http://www.researchgate.net/publication/7380069_Influence_of_heel_height_and_shoe_insert_on_comfort_perception_and_biomechanical_performance_of_young_female_adults_during_walking)

Zamora, T., Alcantara, E., Paya, F., Portoles, J., & Algora, E. Optimum friction level for walking over a floor. *Contemporary ergonomics*. (T. E. Loughborough., Ed.) Loughborough.: Bust, P.D. (Ed.) 2008

## ANEXOS

### ANEXO A. Características de las medidas para las hormas










**Tabla 10. Características de las medidas para las hormas.**

MEDIDA DE LA HORMA	CARACTERÍSTICAS
Altura del candado	Se establecerán cuatro rangos de medidas en tres grupos: Bajo (B), Normal (N), Alto (A), extra alto (AX); esta medida debe ser menor o exacta a la del pie.
Longitud para calzar	Define la medida base de la talla, es mayor a la longitud del pie, Medida tomada a cada usuario $L = \text{longitud}$ . $\text{Talla} = \text{Longitud} * 3/2 + 1$ ; Longitud de la horma: $L + 1$
Longitud del talón a la cabeza del 5° metatarsiano	Medida exacta en esta zona. Mujer: $y = 0,5791(L) + 1,6586$ Hombre: $y = 0,5632(L) + 1,9584$
Longitud del talón a la cabeza del 1° metatarsiano	Medida exacta en esta zona. Mujer: $y = 0,6822(L) + 1,292$ Hombre: $y = 0,6815(L) + 1,4366$
Contorno del mediopié	La medida debe ser exacta. Se puede obtener por cualquiera de las tres formas siguientes: <ol style="list-style-type: none"> <li>Mediante la longitud <math>= L</math> Mujer: <math>y = 0,5601(L) + 9,2452</math> Hombre: <math>y = 0,6598(L) + 7,5977</math></li> <li>Mediante el ancho de la articulación metatarsofalángica AM Mujer: <math>y = 1,709(AM) + 6,9443</math> Hombre: <math>y = 1,8455(AM) + 6,4677</math></li> <li>Mediante el contorno del empeine CE. Mujer: <math>y = 0,7084(CE) + 5,4331</math> Hombre: <math>y = 0,6468(CE) + 7,3575</math></li> </ol>
Contorno articulación metatarsofalángica	Zona del antepié más ancha, debe ser igual o inferior ( $\pm 0,2$ ), se compara con su ancho por medio de la ecuación, donde AM: ancho de la articulación metatarsofalángica. Mujer: $y = 1,7589(AM) + 6,7613$ Hombre: $y = 1,7708(AM) + 7,3555$

MEDIDA DE LA HORMA	CARACTERÍSTICAS
Ancho de la articulación metatarsofalángica	Tomar máxima anchura del antepié.
Espesor de la puntera	No debe ser inferior al dedo más alto. Se debe tomar la altura mayor(P90)
Contorno del empeine	Debe ser igual o mayor a la medida del pie. Mujer: $y = 0,5524(L) + 11,043$ (exacto o +2mm) Hombre: $y = 0,6804(L) + 9,2618$ (exacto o +2mm)
Altura del empeine	El calzado debe ser ajustado en esta zona.
Longitud talón-empeine	Esta distancia determina la zona del antepié al restarlo con la longitud del pie.
Longitud del antepié	Mujer: $y = 0,5403(L) + 1,0557$ Hombre: $y = 0,5308(L) + 1,357$
Contorno de entrada	Medida igual o mayor (hasta 3mm) en esta zona. Esta medida la ayuda a determinar el contorno del Talón empeine, el cual se define por: Mujer: $y = 0,8889(L) + 9,1698$ Hombre: $y = 0,9654(L) + 8,2089$ Esta medida se obtiene también por medio del contorno del empeine CE con la ecuación: Mujer: $y = 0,8324(CE) + 10,174$ Hombre: $y = 0,6753(CE) + 15,193$
Contorno de retención (contorno antes que la articulación metatarsofalángica)	Debe ser justa para que el pie no se deslice hacia la puntera, $\pm 0,2$ .
Altura del talón	Mujer= Talla +20mm Hombre= Talla+25mm
Anchura del talón	Tomar máxima anchura del talón
Forma del talón	Guardar la forma de la parte posterior del talón
Inclinación del asiento del tacón	Angulo de elevación en la parte posterior del tacón o redondeado, siendo proporcional a la altura del tacón.
Altura del arco longitudinal medial	Esta medida no debe ser mayor a la medida del pie, es decir debe ser justa.
Quebrante de la puntera	Inversamente proporcional a la altura del talón

**ANEXO B. Movimientos del pie, adaptada de (Izquierdo Redin , 2008).**

**Tabla 11. Movimientos del pie, adaptada de (Izquierdo Redin , 2008).**

Tipo	Definición	Amplitud del movimiento	
Flexión	Disminución del ángulo de la articulación	0° - 45°	
Flexión plantar	Extensión de la planta del pie hacia abajo		
Extensión	Aumento del ángulo de la articulación	0° - 20°	
Flexión dorsal	Movimiento de aproximación del dorso del pie a la cara anterior de la pierna		
Abducción	Movimiento lateral fuera de la línea media del cuerpo		
aducción	Movimiento lateral hacia la línea media del cuerpo		
Inversión	Elevación del borde medial del pie	0° - 35°	
Eversión	Elevación del borde lateral del pie	0° - 25°	
supinación	Rotación lateral sobre el eje del hueso		
pronación	Rotación medial sobre el eje del hueso		
circunducción	Movimiento circular alrededor del eje que forma la articulación sobre la que rota.		

**ANEXO C. Descripción del movimiento de los diferentes segmentos del pie y las articulaciones sobre las que se producen**

**Tabla 12. Descripción del movimiento de los diferentes segmentos del pie y las articulaciones sobre las que se producen, adaptada de:(Izquierdo Redin, 2008).**

Segmento	Articulación	Grados de libertad del movimiento	Movimientos
Retropié	Tobillo (tibioastragalina)	1	Flexión plantar y flexión dorsal
	Subastragalina	3	Inversión y eversión
Antepié	Metatarsfalángicas	2	Flexión, extensión, abducción aducción y circunducción
	Interfalángica	1	Flexión, extensión

**ANEXO D. Análisis de los elementos del calzado y sus funciones mediante el diagrama FAST**

**Tabla 13. Análisis de los elementos del calzado y sus funciones mediante el diagrama FAST**

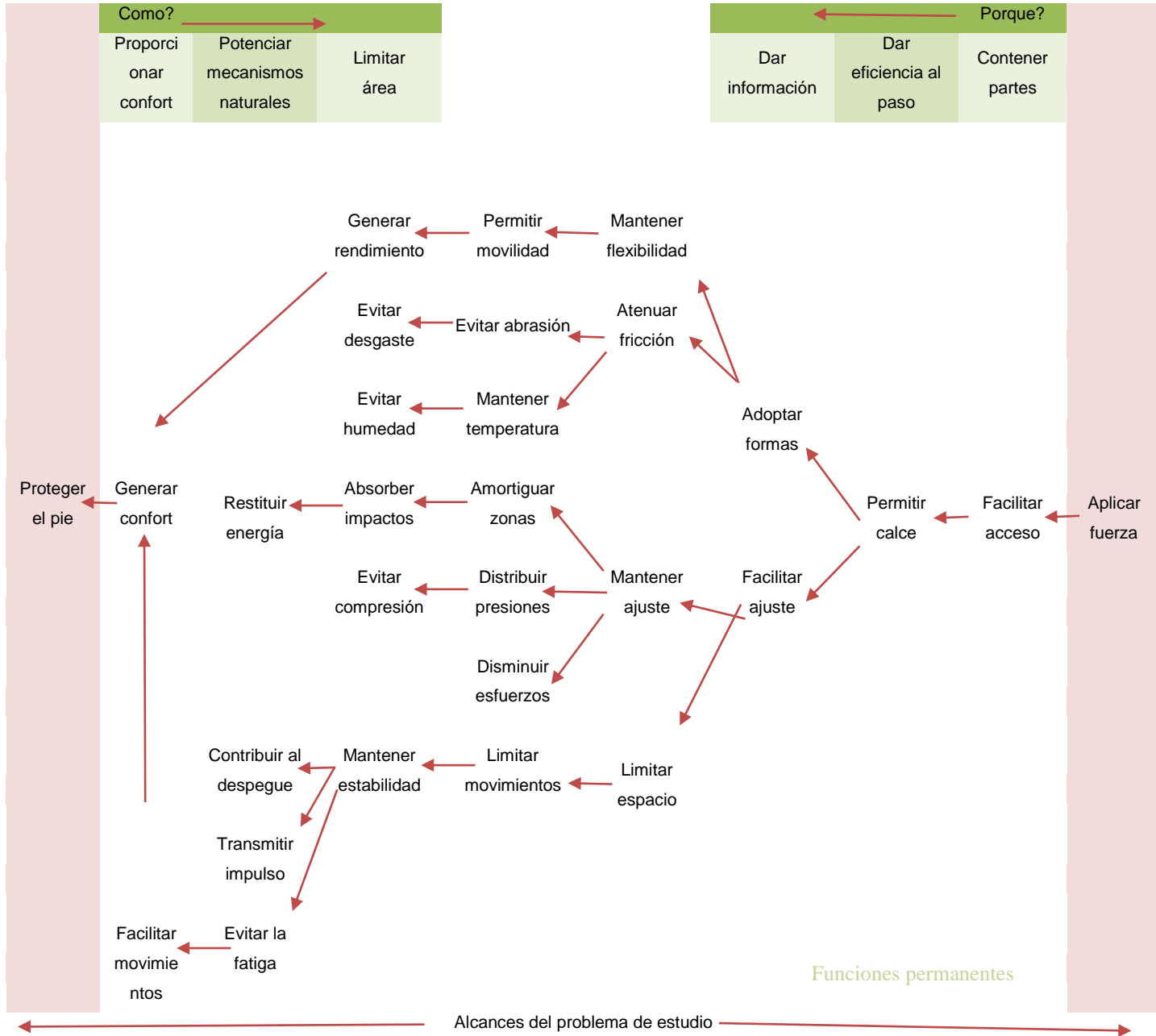
Elementos del calzado		Función
<b>Sistema de cierre (sujeción)</b>	Ajuste posterior	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitar espacio</li> <li>Proporcionar confort</li> <li>Mantener ajuste</li> <li>Permitir calce</li> <li>Decorar producto</li> <li>Limitar movimientos</li> </ul>
	Empeine - Lengüeta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitar espacio</li> <li>Evitar compresiones</li> <li>Limitar movimientos</li> <li>Disminuir esfuerzos</li> <li>Proporcionar confort</li> <li>Contribuir al despegue</li> <li>Proteger área</li> </ul>
	Sistema de cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilitar Ajuste</li> <li>Mantener forma</li> <li>Distribuir presiones</li> <li>Permitir calce</li> </ul>
<b>Cuerpo o corte del calzado</b>	Capellada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contener partes</li> <li>Permitir calce</li> <li>Mantener forma</li> <li>Proteger áreas</li> <li>Dar información</li> </ul>
	costuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrar elementos</li> <li>Generar estática</li> <li>Resistir desgaste</li> <li>Decorar producto</li> </ul>
	Parte lateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteger área</li> <li>Limitar espacio</li> </ul>

Elementos del calzado		Función
		Mantener forma
	Caña	Facilitar acceso Adaptar formas Delimitar espacio Evitar compresiones Permitir movilidad Contribuir al despegue
Talón	Contrafuerte	Mantener formas Adaptar forma Permitir holgura Atenuar fricción Limitar movimiento Fijar posición Mantener estabilidad Transmitir fuerza Potenciar mecanismo
Suela	Plantilla	Permitir soporte Soportar cargas Proporcionar confort Generar fricción Potenciar mecanismos naturales Mantener formas Amortiguar cargas Absorber impactos Evitar humedad Mantener temperatura
	Entresuela retropié	Limitar movimiento Mantener estabilidad Absorber impactos Amortiguar cargas Distribuir cargas
	Entresuela antepié – mediopie.	Permitir movimiento Mantener flexibilidad Mantener estabilidad

Elementos del calzado		Función
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Generar rendimiento</li> <li>Absorber impactos</li> </ul>
	Suela	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener apoyo</li> <li>Distribuir cargas</li> <li>Permitir movimiento</li> <li>Mantener flexibilidad</li> <li>Generar fricción</li> <li>Evitar abrasión- Resistir desgaste</li> <li>Mantener eficiencia</li> <li>Mantener estabilidad</li> <li>Dar separación</li> </ul>
Puntera	Ajuste de la puntera	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proteger área</li> <li>Permitir holgura</li> <li>Evitar compresión</li> <li>Mantener forma</li> <li>Mantener movimientos</li> <li>Proporcionar confort</li> </ul>
	Angulo de la puntera	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilitar movimiento</li> <li>Dirigir movimiento</li> <li>Dar eficiencia al paso</li> <li>Transmitir movimiento</li> <li>Transmitir impulso</li> </ul>
Parte interna	Forro interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proporcionar confort</li> <li>Atenuar fricción</li> <li>Mantener temperatura</li> <li>Evitar humedad</li> </ul>
	Ajuste interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener ajuste</li> <li>Proteger áreas</li> <li>Proporcionar confort</li> </ul>
Tacón	Elemento amortiguador	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribuir cargas</li> <li>Absorber impactos</li> <li>Amortiguar cargas</li> <li>Restituir energía</li> <li>Evitar fatiga</li> </ul>

Elementos del calzado		Función
	Parte inferior	Generar fricción Mantener estabilidad Dirigir cargas Absorber vibraciones Transmitir movimiento

## ANEXO E. Diagrama FAST



## ANEXO F. Pregunta para encuestas a los usuarios mediante el método KANO

Tabla 14. Encuesta por medio del método KANO.







GRAFICO	PREGUNTAS	MARQUE CON UNA X	
	Si su zapato tiene sistema de cierre, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable	
	Si su zapato no tiene sistema de cierre, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable	
		Si su zapato tiene la puntera estrecha y rígida, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable
		Si su zapato no tiene la puntera estrecha y rígida, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable
	Si la suela de su zapato se desgasta con rapidez, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable	
	Si la suela de su zapato no se desgasta rapidez, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería <input type="checkbox"/> 3. No me preocupa <input type="checkbox"/> 4. Puedo vivir sin eso <input type="checkbox"/> 5. Desagradable	
		Si su zapato protege su pie, cómo se sentiría?	<input type="checkbox"/> 1. Agradable <input type="checkbox"/> 2. Debería

GRAFICO	PREGUNTAS	MARQUE CON UNA X	
		3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
	Si su zapato no protege su pie, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
	Si su zapato es transpirable, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
	Si su zapato no es transpirable, cómo se sentiría?	3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
	Si su zapato permite ser calzado, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
	Si su zapato no permite ser calzado, cómo se sentiría?	3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
	Si su zapato tiene tacón, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
	Si su zapato no tiene tacón, cómo se sentiría?	3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	

GRAFICO	PREGUNTAS	MARQUE CON UNA X	
	Si su zapato se adapta a la forma de su pie, cómo se sentiría?	5. Desagradable	
		1. Agradable	
		2. Debería	
		3. No me preocupa	
	Si su zapato es eficiente al paso, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
	Si su zapato tiene costuras, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
	Si su zapato no tiene costuras, cómo se sentiría?	1. Agradable	
		2. Debería	
		3. No me preocupa	
		4. Puedo vivir sin eso	
		5. Desagradable	

**ANEXO G. Datos de Mujeres, Resultado de las Variables relacionadas con el coeficiente de Pearson.**

**Tabla 15. Datos de mujeres: Resultados de las variables relacionadas con el coeficiente de Pearson.**

VARIABLE (X)	VARIABLE (Y)	R	R <sup>2</sup>	F(x)
<b>IMC</b>	Contorno Talón-empeine	0,40	16,00%	$y = 0,2083x + 25,667$
	Contorno del medio pie	0,43	18,49%	$y = 0,1623x + 18,95$
<b>Longitud total del pie</b>	Longitud talón-cabeza 1 metatarsiano	0,81	65,61%	$y = 0,6822x + 1,292$
	Longitud Talón-Cabeza 5 metatarsiano	0,70	49,00%	$y = 0,5791x + 1,6586$
	Longitud Ante pie	0,63	40,16%	$y = 0,5403x + 1,0557$
	Contorno del empeine	0,42	17,50%	$y = 0,5524x + 11,043$
	Contorno Talón-empeine	0,50	24,91%	$y = 0,8889x + 9,1698$
	contorno del medio pie	0,43	18,49%	$y = 0,5601x + 9,2452$
	Longitud talón-cabeza 1 metatarsiano	Longitud Talón-Cabeza 5 metatarsiano	0,73	53,29%
<b>Ancho articulaciones</b>	Contorno de las articulaciones	0,67	44,93%	$y = 1,7589x + 6,7613$
	Contorno del medio pie	0,67	44,55%	$y = 1,709x + 6,9443$
<b>Altura del tobillo</b>	Altura de candado	0,61	37,21%	$y = 0,9187x - 4,908$
<b>Altura dedo más alto</b>	Altura dedo más pequeño	0,70	49,00%	$y = 0,6031x + 0,6629$
<b>Contorno de las articulaciones</b>	contorno del medio pie	0,72	51,41%	$y = 0,6996x + 6,5834$
<b>Contorno del empeine</b>	Contorno Talón-empeine	0,62	38,44%	$y = 0,8324x + 10,174$
	contorno del medio pie	0,71	50,58%	$y = 0,7084x + 5,4331$

**ANEXO H. Datos de Hombres, Resultado de las Variables relacionadas con el coeficiente de Pearson.**

**Tabla 16. Datos de hombres: resultado de las variables relacionadas con el coeficiente de Pearson.**

VARIABLE (X)	VARIABLE (Y)	R	R <sup>2</sup>	F(x)
<b>IMC</b>	Contorno Talón-empeine	0,41	16,81%	$y = 0,213x + 28,616$
	Contorno del medio pie	0,49	24,01%	$y = 0,208x + 20,124$
<b>Longitud total del pie</b>	Longitud talón-cabeza 1 metatarsiano	0,87	75,89%	$y = 0,6815x + 1,4366$
	Longitud Talón-Cabeza 5 metatarsiano	0,63	39,91%	$y = 0,5632x + 1,9584$
	Longitud Ante pie	0,76	57,02%	$y = 0,5308x + 1,357$
	Contorno de las articulaciones	0,55	30,28%	$y = 0,6777x + 7,273$
	Contorno del empeine	0,52	27,38%	$y = 0,6804x + 9,2618$
	Contorno Talón-empeine	0,69	47,44%	$y = 0,9654x + 8,2089$
	Contorno del medio pie	0,58	33,07%	$y = 0,6598x + 7,5977$
<b>Longitud talón-cabeza 1 metatarsiano</b>	Longitud Ante pie	0,60	35,89%	$y = 0,336x + 9,6374$
	Contorno Talón-empeine	0,64	41,59%	$y = 0,7135x + 21,557$
<b>Ancho articulaciones</b>	Ancho del pie	0,63	39,95%	$y = 0,8787x + 1,8228$
	Ancho del talón	0,66	42,95%	$y = 0,4842x + 1,9368$
	Contorno de las articulaciones	0,72	52,25%	$y = 1,7708x + 7,3555$
	Contorno del empeine	0,63	40,32%	$y = 1,6423x + 10,695$
	Contorno Talón-empeine	0,60	35,47%	$y = 1,6604x + 16,92$
	Contorno del medio pie	0,81	65,39%	$y = 1,8455x + 6,4677$
<b>Ancho del pie</b>	Contorno del medio pie	0,62	39,04%	$y = 1,0258x + 14,01$
<b>Ancho del talón</b>	Contorno Talón-empeine	0,68	46,32%	$y = 2,5684x + 16,101$
	Contorno del medio pie	0,68	45,75%	$y = 2,0895x + 10,733$
<b>Altura del tobillo</b>	Altura del empeine	0,70	49,49%	$y = 0,6519x + 3,7793$
<b>Altura dedo más alto</b>	Altura dedo más pequeño	0,62	38,99%	$y = 0,515x + 0,9397$
<b>Contorno de las articulaciones</b>	Contorno del empeine	0,63	39,29%	$y = 0,6617x + 10,517$
	Contorno del medio pie	0,71	50,55%	$y = 0,6624x + 8,3005$
<b>Contorno del empeine</b>	Contorno Talón-empeine	0,63	39,25%	$y = 0,6753x + 15,193$
	Contorno del medio pie	0,73	53,73%	$y = 0,6468x + 7,3575$

**ANEXO I. Evaluación de las alternativas para la plantilla y la suela por medio del método de ponderación de Niegel Cross.**

**Tabla 17. Evaluación de las alternativas para la plantilla y suela, Modelo de Ponderación Niegel Cross.**

DETERMINANTE	P	ALTERNATIVAS PLANTILLAS								ALTERNATIVAS SUELAS								
	100	1		2		3		4		1		2		3		4		
	%	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	
<b>REQUERIMIENTOS DE USO</b>																		
Suela con fricción adecuado entre el suelo y el calzado, antideslizante.	8	7	56	5	40	7	56	10	80	10	80	7	56	7	56	5	40	
Conservar el área de apoyo del talón para que el calzado sea estable.	10	7	70	5	50	10	100	10	100	7	70	7	70	7	70	7	70	
Plantilla con apoyo para el arco medial transversal.	10	5	50	7	70	7	70	7	70	-	0	-	0	-	0	-	0	
<b>REQUERIMIENTOS ERGONOMICOS</b>																		
Debe adaptarse a las irregularidades del territorio.	8	-	0	-	0	-	0	-	0	7	56	7	56	7	56	5	40	
Debe evitar la entrada de agentes externos.	8	-	0	-	0	-	0	-	0	10	80	10	80	10	80	10	80	
Debe mantener la temperatura interna adecuada.	6	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
Debe ser liviano.	6	10	60	10	60	7	42	3	18	5	30	5	30	5	30	10	60	
<b>REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN</b>																		
Debería mantener la distribución de las cargas por el pie	8	5	40	5	40	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	5	40	
Lograr el ajusté en el arco plantar.	10	7	70	7	70	10	100	10	100	-	0	-	0	-	0	-	0	
Debe mantener el agarre interno del pie, como asegurar la tracción.	8	10	80	10	80	10	80	7	56	-	0	-	0	-	0	-	0	
Debe mantener la forma sin importar si es sometido a cargas externas.	6	5	30	5	30	5	30	5	30	7	42	7	42	7	42	7	42	
<b>REQUERIMIENTOS TECNICOS PRODUCTIVOS</b>																		
Debería facilitar el proceso de doblado y armado del calzado	6	7	42	7	42	5	30	5	30	10	60	10	60	10	60	10	60	
Debe tener cierta cantidad de elementos que conforman el calzado.	6	5	30	5	30	7	42	7	42	10	60	10	60	10	60	10	60	
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>528</b>	<b>512</b>	<b>606</b>	<b>582</b>	<b>534</b>	<b>510</b>	<b>510</b>	<b>492</b>									

**ANEXO J. Evaluación de las alternativas para calzado del hombre por medio del método de ponderación de Niegel Cross.**

**Tabla 18. Evaluación de las alternativas para hombres, Método de ponderación de Niegel Cross.**

DETERMINANTE	P	ALTERNATIVAS HOMBRE															
	100	1		2		3		4		5		6		7		8	
	%	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
<b>REQUERIMIENTOS DE USO</b>																	
Debe facilitar la entrada del pie en el calzado (calce).	8	5	40	5	40	10	80	5	40	7	56	7	56	10	80	5	40
Debe tener un lenguaje de uso muy claro y estar compuesto por la menor cantidad de elementos.	10	10	100	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	5	50	10	100
Debe estar por debajo del tobillo.	6	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42
<b>REQUERIMIENTOS ERGONOMICOS</b>																	
Debe mantener controlado el rango de movilidad de las articulaciones.	10	7	70	7	70	10	100	7	70	10	100	7	70	7	70	10	100
Debe evitar la entrada de agentes externos.	8	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56
Debe permitir el ajuste interno con su sistema de cierre.	8	10	80	10	80	7	56	10	80	7	56	7	56	5	40	10	80
Debe ser liviano.	6	7	42	7	42	10	60	10	60	7	42	10	60	7	42	10	60
<b>REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN</b>																	
Debe permitir el ajuste de la zona del empeine.	6	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	5	30	7	42
El contrafuerte debe mantener la posición centrada del calzado.	5	5	25	5	25	7	35	7	35	5	25	10	50	7	35	10	50
Los elementos deben dar estabilidad y protección para lograr confiabilidad.	10	5	50	7	70	7	70	10	100	7	70	10	100	5	50	7	70
Debe dar información de uso debido a sus formas, material y texturas.	8	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	5	40	7	56
<b>REQUERIMIENTOS TECNICOS PRODUCTIVOS</b>																	
Debería facilitar el proceso de doblado y armado del calzado	10	5	50	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	5	50	7	70
Debe tener cierta cantidad de elementos que conforman el calzado.	5	10	50	7	35	10	50	10	50	7	35	7	35	7	35	10	50
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>703</b>	<b>698</b>	<b>787</b>	<b>771</b>	<b>720</b>	<b>763</b>	<b>620</b>	<b>816</b>								

## ANEXO K. Evaluación de las alternativas para calzado de la mujer por medio del método de ponderación de Niegel Cross.

**Tabla 19. Evaluación de las alternativas para mujeres, Método de ponderación de Niegel Cross.**

DETERMINANTE	P	ALTERNATIVAS MUJER															
	100	1		2		3		4		5		6		7		8	
	%	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
<b>REQUERIMIENTOS DE USO</b>																	
Debe facilitar la entrada del pie en el calzado (calce).	8	5	40	10	80	5	40	5	40	7	56	7	56	10	80	7	56
Debe tener un lenguaje de uso muy claro y estar compuesto por la menor cantidad de elementos.	10	5	50	10	100	10	100	5	50	7	70	5	50	7	70	7	70
Debe estar por debajo del tobillo.	6	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60	10	60
<b>REQUERIMIENTOS ERGONOMICOS</b>																	
Debe mantener controlado el rango de movilidad de las articulaciones.	10	5	50	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70
Debe evitar la entrada de agentes externos.	8	7	56	10	80	7	56	7	56	7	56	5	40	10	80	5	40
Debe permitir el ajuste interno con su sistema de cierre.	8	10	80	5	40	10	80	10	80	10	80	10	80	5	40	10	80
Debe ser liviano.	6	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42	7	42
<b>REQUERIMIENTOS DE FUNCIÓN</b>																	
Debe permitir el ajuste de la zona del empeine.	6	10	60	5	30	10	60	10	60	7	42	7	42	5	30	7	42
El contrafuerte debe mantener la posición centrada del calzado.	5	10	50	10	50	3	15	7	35	10	50	10	50	10	50	10	50
Los elementos deben dar estabilidad y protección para lograr confiabilidad.	10	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70	7	70
Debe dar información de uso debido a sus formas, material y texturas.	8	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56	7	56
<b>REQUERIMIENTOS TECNICOS PRODUCTIVOS</b>																	
Debería facilitar el proceso de doblado y armado del calzado	10	5	50	7	70	10	100	3	30	5	50	7	70	7	70	7	70
Debe tener cierta cantidad de elementos que conforman el calzado.	5	3	15	5	25	5	25	5	25	7	35	7	35	7	35	5	25
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>679</b>		<b>773</b>		<b>774</b>		<b>674</b>		<b>737</b>		<b>721</b>		<b>737</b>		<b>731</b>	