



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador | Sede  
Ambato

## **ESCUELA DE INGENIERÍAS**

**Tema:**

**REDISEÑO DE PLANTILLA PARA CALZADO DE SEGURIDAD EN LA FÁBRICA  
MOYOLSA**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera en  
Diseño Industrial**

**Línea de investigación:**

**DISEÑO, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS SOCIALES Y AMBIENTALES  
PARA UN HÁBITAT SOSTENIBLE**

**Autora:**

Kimberly Doménica Moyolema Criollo

**Director:**

Mg. Gabriel Alejandro Núñez Escobar

**Ambato – Ecuador**

**Agosto 2025**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **KIMBERLY DOMÉNICA MOYOLEMA CRIOLLO**, con cédula de ciudadanía **1850071331**, autora del trabajo de titulación intitulado: "REDISEÑO DE PLANTILLA PARA CALZADO DE SEGURIDAD EN LA FÁBRICA MOYOLSA", previo a la obtención del título profesional de **INGENIERA EN DISEÑO INDUSTRIAL**, en la escuela de **INGENIERÍAS**.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, agosto 2025



Kimberly Doménica Moyolema Criollo

CC. 1850071331

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
SEDE AMBATO  
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Tema:

REDISEÑO DE PLANTILLA PARA CALZADO DE SEGURIDAD EN LA FÁBRICA  
MOYOLSA

Línea de investigación:

DISEÑO, INFRAESTRUCTURA Y SISTEMAS SOCIALES Y AMBIENTALES  
PARA UN HÁBITAT SOSTENIBLE

Autora:

Kimberly Doménica Moyolema Criollo

Gabriel Alejandro Núñez Escobar, Ing. Mg.

CC. 1600418667

**CALIFICADOR**

f. 

Diana Gabriela Flores Carrillo, Ing. PhD.

**CALIFICADOR**

f. 

Juan Carlos Palacios Proaño, Ing. Mg.

**CALIFICADOR**

f. 

Darío Javier Robayo Jácome, Ing. Mg.

**DIRECTOR ESCUELA DE INGENIERÍAS**

f. 

Ana Cecilia Parra Ramos, Ab. Mg.

**SECRETARIA GENERAL PUCESA (S)**

f.   
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
SECRETARIA GENERAL  
PROGRADURÍA

Ambato – Ecuador

Agosto 2025

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que me ha sostenido para no caer en la desesperación incluso en momentos difíciles, me ha brindado sabiduría y bendiciones, también se lo dedico a mi abuelita que creyó fielmente en que iba a terminar esta etapa Universitaria, incluso sin yo estar segura, porque sé que le hubiera gustado estar presente conmigo y aunque físicamente ya no se encuentre conmigo, sé que me acompaña en cada paso que doy, porque fue una segunda madre que siempre me tuvo presente en su vida, guiándome con sus consejos, acompañándome en la vida cotidiana con su deliciosa comida. A mi papá porque ha sido un ejemplo de trabajo duro, que ha dado todo de sí por darme lo mejor, por siempre poner primero el cómo me siento, por entenderme y acompañarme en mis alegrías y tristezas, a mi querida mamá por animarme a continuar cada día con esfuerzo, por siempre confiar en mí, por acompañarme en cada logro y sentirlo como si fuera propio, incluso cuando ella está agotada, nunca me ha dejado sola. A mi hermana que en cada conversación me su cariño, preocupación y apoyo. A mi hermano que tiene una expectativa muy alta de lo que puedo lograr, por creer incondicionalmente en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios que me ha guiado a través de este proceso, a mi familia por siempre estar presente en cada etapa, por creer en mis decisiones, brindándome apoyo en cada paso que doy, a mi papá porque me enseñó la pasión por el diseño y que con esfuerzo y constancia puedo lograr mis objetivos, a mi mamá que me enseñó que debo perseverar hasta el final y nunca rendirme, a mis queridos hermanos por siempre pensar en mí como la más capaz y nunca permitir que me rinda, a mis amigas del colegio que pese a la distancia han seguido apoyándome y creyendo en mí, y como no mencionar a también a todos los amigos que he conocido en este trayecto de la Universidad y han compartido conmigo momentos de felicidad y tristeza, a todos aquellos que han estado apoyándome para seguir adelante.

A mis mejores amigas Mary y Salo, que, aunque no las veo a diario siempre están presentes en un mensaje, una llamada, recordándome que puedo hacer posible mis metas, que el rendirse no es una opción y que siempre podré contar con ellas.

A mis amigos Nadi y Nico aquellos buenos amigos que conocí en la Universidad, que siempre me acompañan en mis locuras, me incluyen en todos sus planes, mejoran mis días con sus bromas, gracias por hacer de esta etapa algo tan bonito. A mi compañero de prácticas y buen amigo Paul por acompañarme en los días de trabajo y aburrimiento.

## RESUMEN

La constante utilización de zapatos de seguridad en ambientes industriales pone a los empleados en situaciones reiterativas y condiciones físicas que, en la falta de un soporte ergonómico apropiado, n provocar lesiones musculoesqueléticas, cansancio y reducción del desempeño en el trabajo. La mayor dificultad detectada en las plantillas que actualmente se usan en este tipo de calzado reside en el incumplimiento de los requerimientos ergonómicos, asociados a la comodidad; así como también a la durabilidad, ambos indispensables para prevenir riesgos en el trabajo y optimizar la experiencia del usuario.

Por lo tanto, el objetivo del proyecto se enfoca en el rediseño de la plantilla para calzado de seguridad, fabricados por la empresa MOYOLSA. En este estudio se sugiere analizar los elementos y características ergonómicas del pie, para que se pueda entender las necesidades del usuario relacionadas con el diseño de plantillas dirigidas a calzado para entornos laborales rigurosos. Para lo cual, se valorarán las distintas propiedades físicas y ergonómicas de las plantillas actuales, con el objetivo de identificar las áreas de mejora. Para así, proponer plantillas que brinden comodidad, mejoren la distribución de la presión plantar y alcancen una mayor durabilidad.

**Palabras clave:** calzado industrial, plantillas, ergonomía, diseño industrial.

## ABSTRACT

*The continuous use of safety shoes in industrial environments exposes employees to repetitive situations and physical conditions which, without ergonomic and appropriate support, could cause musculoskeletal injuries, fatigue, and a decrease in work performance. The main defect identified in insoles currently used in this type of footwear resides in the unfulfillment of the ergonomic requirements associated with comfort and durability; both essential for preventing risks at work and improving the user experience.*

*Therefore, the objective of this project focuses on the redesign of the insole for safety footwear manufactured by MOYOLSA company. This study proposes analyzing the elements and ergonomic characteristics of the foot, in order to understand the users' needs related to the design of the insoles for footwear for harsh work environments. For this reason, the physical and ergonomic properties of the current insoles will be evaluated to identify areas for improvement. In this way, the project aims to propose insoles that provide comfort, improve plantar pressure distribution, and offer greater durability.*

**Keywords:** *Industrial footwear, insoles, ergonomics, industrial design.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA.....	3
1.1. Calzado de seguridad .....	3
1.2. Ergonomía.....	9
1.3. El pie humano .....	13
CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO .....	20
2.1. Enfoque de investigación .....	20
2.2. Diseño de la investigación.....	21
2.3. Grupo de estudio.....	22
2.4. Recolección de la información.....	23
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	45
3.1. Análisis de especialistas.....	45
3.2. Análisis del usuario (necesidades) .....	46
3.3. Análisis a la empresa MOYOLSA.....	48
3.4. Análisis de resistencia: Poliuretano (PU).....	53
CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	57
ANEXOS .....	62

## INTRODUCCIÓN

El calzado de seguridad industrial es un equipo esencial en la protección personal de los trabajadores en ambientes industriales donde los peligros físicos, mecánicos y posturales se encuentran de manera constante. Estos entornos llevan a cabo tareas que solicitan permanecer extensas horas de pie, traslados constantes y manejo de materiales de gran peso, la calidad del calzado no solo cumplirá con las regulaciones de seguridad, sino también satisfacer estándares de ergonomía y comodidad. Tomando como objetivo, a la empresa MOYOLSA, en la cual se considera a la plantilla interior del calzado como uno de los elementos más importantes para su análisis, debido a que a menudo es infravalorado, pues es un rol esencial y abarca la distribución de presiones, la absorción de impactos y la estabilización del arco plantar.

Diferentes estudios indican que el uso prolongado de calzado industrial con carencias ergonómicas puede provocar alteraciones musculoesqueléticas, especialmente en la región lumbar, las extremidades inferiores y la planta del pie. De igual manera, las lesiones provocadas por el uso excesivo, el agotamiento crónico, los dolores en las articulaciones y la manifestación de enfermedades como la fascitis plantar, metatarsalgia o espolón calcáneo, suelen estar vinculadas con un soporte incorrecto del pie durante el trabajo. La plantilla, actúa como enlace entre el cuerpo y el suelo, es diseñada no solo para desempeñar un papel pasivo, sino también para desempeñarse como un elemento activo en la prevención de estas afecciones, potenciando tanto el rendimiento biomecánico como el bienestar integral del empleado.

En el contexto particular de la fábrica MOYOLSA, se ha detectado la necesidad de evaluar y rediseñar el modelo actual de plantilla (P2020), empleado en su calzado de seguridad. Esto se debe a reportes constantes de malestar, deterioro prematuro y ausencia de apoyo en empleados que realizan trabajos repetitivos en posición crítica.

Se determina para este trabajo investigativo el siguiente objetivo general: Rediseñar la plantilla para calzado de seguridad en la fábrica MOYOLSA

Y los subsiguientes objetivos específicos:

1. Definir los componentes ergonómicos del pie para la prevención de lesiones por posturas repetitivas.
2. Identificar las características ergonómicas de la plantilla P2020 para la determinación de falencias y mejoras
3. Proponer una plantilla de calzado industrial para mayor durabilidad, comodidad y seguridad.

La propuesta se basa en una perspectiva interdisciplinaria que agrupa información de distintas áreas como la biomecánica, la salud laboral y el diseño industrial. Se anticipa que los hallazgos logrados no solo favorecerán directamente a quienes usan zapatos industriales y a la empresa MOYOLSA, sino que también puedan ser útiles para otras industrias que necesiten mejorar la calidad ergonómica de sus productos, particularmente en situaciones donde la salud del empleado y la productividad son elementos interrelacionados.

## **CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA**

### **1.1. Calzado de seguridad**

El estudio de Burgos et al. (2022) examina si las empresas de calzado de seguridad industrial cumplen con la norma INEN-ISO 20346:2014, y se descubre que los productos que revisaron cumplen en más de un 88% con lo que pide la norma. El artículo también resalta que ocho de cada diez empresas son negocios familiares, y que contar con buena gente es lo que más ayuda a que la producción sea alta.

De acuerdo con Cortez Christian et al. (2023), los requerimientos normativos y las exigencias del entorno laboral, exigen el empleo de materiales de alta resistencia para la elaboración del calzado como el cuero vacuno, suelas antideslizantes y plantillas especializadas; estos elementos que componen el calzado de seguridad industrial permiten el cumplimiento de regulaciones técnicas de seguridad como la ISO 20345, la cual se encarga de garantizar la protección frente a riesgos físicos, químicos y biomecánicos. A su vez indica la importancia del diseño ergonómico para la prevención de lesiones musculoesqueléticas y la mejora del rendimiento del usuario.

Es así como la fábrica MOYOLSA, ubicada en la ciudad de Ambato – Ecuador, se dedica a la producción de zapatos de seguridad industrial y productos de cuero. Dicha empresa persigue procesos y métodos ecológicos con el propósito de ganar reconocimiento en todo el país gracias a la excelente calidad de sus productos de cuero, competitividad, tecnología, servicio y la utilización de una PML (Producción más Limpia) Herrera Peñafiel (2019). MOYOLSA tiene una larga trayectoria proporcionando seguridad y comodidad en el uso de sus productos, mismos que están certificados por las normas y especificaciones técnicas ASTM F 2412-05 y ASTM F 2413-05, lo que significa que es una empresa dedicada a perseguir la mejora continua, teniendo en cuenta aspectos humanos, tecnológicos, técnicos, entre otros.

## Tipos de calzado industrial

Como lo presentan Abrego Marcelo et al. (2000) el calzado de seguridad industrial se diversifica según las especificaciones que encuentren los trabajadores y los riesgos asociados a sus labores en su entorno, entre los tipos más comunes de calzado industrial se encuentran los siguientes:

- **Calzado con puntera protectora:** Se utilizan en situaciones donde se presentan peligros de objetos que se caen. Su aplicación es esencial en la construcción, la minería y en general en procedimientos donde se llevan a cabo tareas de trabajo pesado.

**Figura 1.** Calzado con puntera protectora



Fuente: (Seripacar S.A)

- **Calzado dieléctrico:** Se fabrican con el fin de disipar la electricidad estática y son empleado en entornos que estén en contacto con riesgos de descargas eléctricas, este tipo de calzado está fabricado con materiales aislantes para evitar la conducción de electricidad.

**Figura 2.** Calzado dieléctrico



Fuente: (Calzado Robusta)

- Botas de goma o PVC.: Se emplea para proteger los pies y piernas del empleado, fabricadas con una puntera de acero para resistir impactos en la superficie del pie. Se emplea en labores de construcción, laboratorios y otros campos.

**Figura 3.** Botas de goma







Fuente: (FullMineria)

### **Partes del calzado**

En 2013, el Instituto Ecuatoriano de Normalización elaboró el Reglamento Técnico Ecuatoriano, RTE INEN 080:2013, en el cual la norma identifica al calzado industrial para su fabricación y venta, en el cual se determinan las piezas importantes que conforman el calzado en aplicación de los materiales que abarcan.

**Cuadro 1.** Etiquetado de calzado Norma INEN 080 - 2013

Identificación	Imagen	Detalle
Capellada		Parte superior que cubre el pie, comúnmente fabricada en cuero o materiales sintéticos.
Forro		Material que recubre el interior, proporcionando comodidad y absorción de humedad.
Plantilla		Elemento interno que ofrece soporte y confort al pie.
Suela		Capa intermedia que puede incluir materiales como poliuretano para amortiguación.

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)

### Plantillas de confort en el calzado

De acuerdo con García I & Zambudio R (2002), las plantillas son ortesis plantares que se implementan en el calzado para evitar la aparición de diversas afecciones, tal como las úlceras en los pies. En los pacientes diabéticos cumplen dos roles fundamentales: distribuir las cargas que sostiene el pie, repartiéndolas a lo largo de toda la planta y proporcionar apoyo en las áreas donde este no es adecuado. La distribución de cargas plantares es esencial para analizar donde se distribuyen estas, tales pueden ser como el talón y el antepié.

### Clasificación de las plantillas

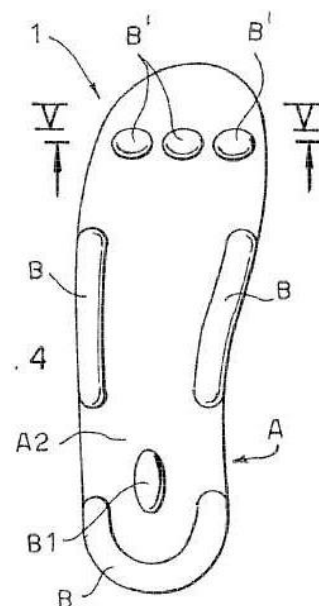
Según los datos proporcionados por Chen et al. (2024), las plantillas pueden clasificarse según su grado de personalización:

- **Prefabricadas:** Están diseñadas para adaptarse a un extenso público, por lo tanto, suelen ser más accesibles económicamente.
- **Personalizadas:** Fabricadas específicamente para un paciente en particular, a través de la utilización de tecnologías como escaneado 3D y modelado computacional, ofrecen una adaptación precisa.

- **Funcionales:** Mayormente usada para la corrección de alteraciones biomecánicas específicas, tales como la disimetría de miembros inferiores o la pronación excesiva.
- **De alivio de presión:** Usadas en pacientes con riesgo de úlceras plantares, como los diabéticos, para redistribuir correctamente las cargas y la prevención de lesiones.

Como señala Sanper. (2022) las plantillas están formadas por diversas capas y materiales que en conjunto brindan soporte, amortiguación y transpirabilidad. Por ejemplo, las plantillas ortopédicas suelen estar conformadas por diversas capas de material que ayudan a proporcionar un buen soporte, amortiguación y estabilidad. Es importante la selección de los materiales y como se estructurarán las capas, esto ayuda a garantizar la funcionalidad y durabilidad en la plantilla.

**Figura 4.** Áreas de presión del pie



**Fuente:** Patente Internacional (Tratado de Cooperación de Patentes, 2013)




## Clasificación de las plantillas

**Cuadro 2.** Clasificación de plantillas: Dureza

<b>Criterio</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
Dureza	Blanda	Fabricadas con espumas de baja densidad, ofrecen excelente amortiguación.
	Semirrígidas	Recomendadas para la descarga de las cabezas metatarsianas, rellenan los arcos externos e internos.
	Rígidas	Elaboradas con materiales como aluminio o plásticos de alta densidad, proporcionan gran resistencia

**Fuente:** elaboración propia

**Cuadro 3.** Clasificación de plantillas: Longitud

<b>Criterio</b>	<b>Tipo</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>
Longitud	Cortas		Cubren desde las cabezas del metatarso hasta el talón.
	3/4		Abarcan desde el talón hasta un poco más allá de las cabezas del metatarso.
	Completas		Cubren toda la planta del pie

**Fuente:** elaboración propia

**Cuadro 4.** Clasificación de plantillas: Material

<b>Criterio</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Material	Poliuretano	Ligero, flexible y de alta densidad, común en calzado deportivo y casual.
	EVA	Suave y fácil de usar, utilizada en calzado de descanso y deportivo.
	Fibra de carbono	Alta rigidez, bajo peso, estabilidad estructural, redistribución de cargas y retorno de energía
	Látex	Duro, resistente y flexible, común en suelas de sandalias y botas de montaña.
	Termoplástico	Maleable y flexible, como el TPU, utilizado en calzado deportivo e industrial

**Fuente:** elaboración propia

## 1.2. Ergonomía

### Ergonomía y la biomecánica en el pie humano

Como afirma Ramírez-Bautista et al. (2017) la ergonomía es un campo que persigue adecuar las condiciones de trabajo a las habilidades y restricciones humanas, con la finalidad de incrementar la seguridad, el confort y la eficacia laboral.

De acuerdo con Torres-Tello y Larreal-Bracho, (2024), la biomecánica es una disciplina de la ergonomía, la cual se centra en el estudio de las fuerzas y movimientos del cuerpo humano durante la ejecución de funciones laborales, de tal manera que facilita la identificación y corrección de factores de riesgo que puedan ocasionar lesiones musculoesqueléticas. La incorporación de principios ergonómicos y biomecánicos en el diseño de productos y espacios ha probado ser eficaz para disminuir la frecuencia de desórdenes musculoesqueléticos, aumentar la productividad y fomentar ambientes más sanos.

### Prevención de lesiones por fases repetitivas

Las lesiones provocadas por acciones constantes y posturas impuestas son una de las principales razones de alteraciones musculoesqueléticas en el entorno de trabajo. Elementos como la reiteración de acciones, el uso de fuerza desmedida y las posturas incómodas aportan de manera significativa al surgimiento de estas lesiones. Soares et al. (2019)

Los descansos paulatinos o pausas activas pueden reducir las lesiones provocadas por posturas repetitivas. Sin embargo, Hoe Víctor et al. (2018), demuestra que la validez de estas intervenciones todavía presenta algunas limitaciones, por lo cual destaca la importancia de seguir investigando en este campo.

Asimismo, el bienestar es un elemento fundamental para el desempeño laboral, debido a que impacta en la satisfacción del trabajador. La ergonomía no solo evita las posibles lesiones, sino que también ayuda a disminuir la fatiga y potenciar de manera eficaz la ejecución de tareas realizadas, Universidad Tulane (2023). Estas estrategias ergonómicas se tomarían en cuenta para mejorar las particularidades que pueden experimentar los involucrados, a su vez ayudan al análisis de las exigencias laborales que se presentan y aportan de manera significativa para el cumplimiento de actividades de manera confortable y segura.

### **Ergonomía en el calzado**




















































Es importante considerar la ergonomía y la comodidad debido a que juegan un papel importante en la preservación de la salud y la capacidad laboral de los trabajadores que usualmente se mantienen en una misma posición o caminan durante largos períodos de tiempo con calzado de seguridad. Se determina en una investigación llevada a cabo por Osterloh et al. (2025), que el impacto que tienen diversos materiales de la entresuela del calzado de seguridad en la percepción de comodidad, la actividad muscular y los parámetros biomecánicos. Pese a las mínimas variaciones en ángulos y momentos articulares de las extremidades inferiores, se nota que las entresuelas de poliuretano termoplástico expandido pueden ofrecer un mayor apoyo a los flexores plantares durante la postura por lo tanto permite incrementar la comodidad y disminuir la fatiga muscular.

En Europa, la normativa vigente para el calzado de seguridad se renovó en 2011 para ser más rigurosa; ahora, todo debe producirse, examinarse y validarse según la norma EN ISO 20345. Esta norma sobre calzado de seguridad exige que todo zapato protector tenga resguardo para los pies en la parte delantera, resistiendo un

golpe de 200 julios. Esto equivale a la energía que la zona de los dedos puede absorber antes de romperse.

Según la norma EN ISO 20345, hay diversas categorías de seguridad, como S1 o S3, por ejemplo. Cada calzado de seguridad que cumple con la norma EN ISO 20345 se somete a pruebas exhaustivas y se le asigna una clase S. A continuación, en la figura 5 se presenta un resumen de los requisitos básicos para cada clase de seguridad dentro de la norma EN ISO 20345. (Descripción General Completa de ISO 20345)

**Figura 5.** Norma EN ISO 20345

	EN ISO 20345	BASIC TOE PROTECTION	SLIP RESISTANT	CLOSED HEEL	ANTISTATIC	OIL & FUEL RESISTANCE	HEEL ENERGY ABSORPTION	WATER REPELLENT UPPERS	PUNCTURE RESISTANCE	CLEATED OUTSOLE
	CODE	B	SRA / SRB / SRC	/	A	FO	E	WRU	P	/
 <b>CLASS 1</b>	<b>SB</b>									
	<b>S1</b>									
	<b>S1P</b>									
	<b>S2</b>									
	<b>S3</b>									
 <b>CLASS 2</b>	<b>SB</b>									
	<b>S4</b>									
	<b>S5</b>									

Fuente: (Descripción General Completa de ISO 20345)

El diseño ergonómico en zapatos industriales tiene como objetivo reducir la fatiga y las lesiones relacionadas con el uso prolongado, repartiendo correctamente la presión en la planta del pie y ajustándose a las demandas del usuario. Una adecuada repartición del peso disminuye considerablemente los peligros musculoesqueléticos, particularmente en entornos de alto riesgo como la industria del automóvil. En la investigación de Ochsmann et al. (2016), se analizaron los impactos de diversos zapatos de seguridad en la marcha y la distribución de la presión plantar en empleados de la industria, obteniendo que los zapatos con

elementos ergonómicos pueden tener un impacto positivo en los parámetros de la marcha y la distribución de la presión plantar.

Materiales flexibles, como los poliuretanos de baja densidad, se emplean estratégicamente en zonas de alto impacto para mejorar el confort y la movilidad. La integración de plantillas adaptables o personalizadas puede optimizar la experiencia del usuario, ofreciendo soporte adicional en áreas críticas del pie. Un estudio del 2023 utilizó simulaciones de elementos finitos para analizar el comportamiento del calzado en diferentes configuraciones de materiales, concluyendo que la elección adecuada de materias primas puede mejorar la distribución de presiones y reducir el riesgo de lesiones. Seul et al. (2023)

**Cuadro 5.** Características para las plantillas

<b>Características</b>	
<b>Requisitos</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ajuste anatómico</b>	Analizar un diseño que permita un calce firme pero cómodo, evitando puntos de presión que puedan causar molestias o lesiones.
<b>Soporte del arco plantar</b>	Inclusión de plantillas contorneadas mejora la distribución del peso corporal y reduce la fatiga.

Fuente: elaboración propia

### **Impacto en la productividad y bienestar**

El uso de plantillas ortopédicas en el equipo de trabajo no solo potencia la salud del empleado, sino que también influye positivamente en su productividad. Al disminuir la fatiga y el dolor, los trabajadores pueden sostener un rendimiento más elevado durante su horario de trabajo.

Una investigación en ergonomía y diseño de calzado laboral indica que la inclusión de principios ergonómicos en el diseño del calzado, incluyendo la utilización de plantillas apropiadas, mejora la relación de uso del calzado, lo que resulta en un incremento de la eficiencia y productividad. Los estudios en el ámbito del calzado han evidenciado que la implementación de mejoras ergonómicas en el diseño y producción de calzado, como la incorporación de plantillas cómodas, puede potenciar la productividad en las cadenas de producción. Sáenz Zapata (2006), declara que “de una muestra de 143 trabajadores con un rango de edad entre 20 y

66 años, un 68.2% de mujeres y un 52.8% de los hombres son sedentarios y eso puede influir en el apoyo plantar”.

### **1.3. El pie humano**

De acuerdo con Viladot Voegeli (2003), el pie es el eslabón que se encuentra más allá de la extremidad inferior, tiene la función de vincular el cuerpo con el entorno que lo envuelve, constituye la base de soporte del aparato locomotor y posee la habilidad, debido a su singular biomecánica, de transformarse en una estructura rígida o flexible dependiendo de las demandas que se necesitan y las particularidades del terreno en el que se desplaza.

#### **Tipos de pie**

Existen diversos tipos de pie, sin embargo, los principales tipos son: normal, plano y cavo, tal como se presenta en la figura (5). El pie normal presenta una curva bien definida en la parte media del pie. El pie plano tiene un arco colapsado o incluso inexistente, en el cual se puede observar cómo se marca toda la planta del pie, esto se debe a que el arco plantar ha desaparecido o se ha aplanado y este puede ser de origen congénito o adquirido, este tipo de pie presenta torpeza en la marcha, desgaste rápido y desigual y deformación en los zapatos. El pie cavo indica un arco excesivamente elevado, en el cual se puede observar la huella plantar con poco contacto con la superficie del suelo, en casos graves de este tipo de pie, existe debilidad de los músculos intrínsecos del pie, con los dedos en forma de garra, la distribución anormal del peso en el pie conduce a formación excesiva del callo bajo las cabezas del metatarsiano y el talón. McRae (1980).

**Figura 6.** Tipos de pie



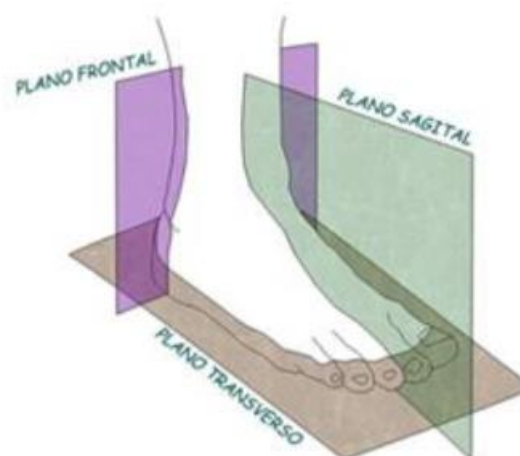
Fuente: (Luengas et al., 2016)

### Movimientos del pie

Previo a identificar los trastornos del pie humano, es fundamental entender los movimientos que realiza. Para ello, primero se establecerían los planos anatómicos de referencia.

- **Plano sagital:** Es la línea vertical que divide al cuerpo en dos partes, la mitad derecha y la mitad izquierda.
- **Plano transverso:** Hace referencia al plano que está en línea recta con el plano sagital, que divide el cuerpo en dos áreas superiores e inferiores.
- **Plano frontal:** Incluye los planos sagital y transversal, que están en línea perpendicular, y se segmenta en la parte ventral o anterior y la dorsal o posterior (ver imagen 5).

**Figura 7.** Planos del pie



**Fuente:** Silva (2021)

Como indica Muñoz (2023), la movilidad humana es un proceso fundamental en biomecánica y fisiología, siendo vital para el movimiento del ser humano. Incorpora medidas secuenciales y rítmicas, buscando eficacia energética y concordancia. Una marcha deficiente puede acarrear graves repercusiones para la salud física y mental, entre ellas el riesgo de padecer lesiones, trastornos musculoesqueléticos y cambios en la postura. El ciclo del movimiento se categoriza en las siguientes fases:

**Fase de apoyo:** Es la etapa en la que el pie se encuentra en contacto con el suelo, soportando el peso corporal. Se dividen en:

- **Contacto inicial:** El talón toca el suelo.
- **Respuesta a la carga:** El pie completo contacta el suelo, absorbiendo el impacto.
- **Apoyo medio:** El cuerpo se alinea sobre el pie de apoyo.
- **Apoyo terminal:** El talón se eleva mientras el peso se transfiere al antepié.
- **Pre-oscilación:** El antepié se prepara para el despegue.

**Fase de oscilación:** Es el período en el que el pie no está en contacto con el suelo. Se subdivide en:

- **Oscilación inicial:** El pie se despegar del suelo y comienza a avanzar.
- **Oscilación media:** El pie pasa por debajo del cuerpo.
- **Oscilación terminal:** El pie se prepara para el siguiente contacto.

### **Métodos de evaluación de la huella plantar**

De acuerdo con Mantilla Cifuentes & Zurita Pinto (2020), existen diversos métodos para estudiar la huella de las plantas, principalmente se clasifican en estáticas y dinámicas. Las técnicas estáticas, como la plantigrafía, resultan más asequibles y facilitan la obtención de una representación de la huella en posición de equilibrio. En contraposición, los métodos dinámicos, como la baropodometría, proporcionan datos acerca de la distribución de presiones durante el movimiento, aunque demandan aparatos más avanzados.

La actividad física también influye significativamente en la forma de la huella plantar. Una investigación de Álvarez et al. (2010) llevada a cabo en atletas de Colombia mostró que el deporte como el atletismo y la natación muestran una elevada prevalencia de pie cavo, mientras que en el levantamiento de pesas se nota una mayor cantidad de pies con morfología normal. Además, se detectaron diferencias notables entre el pie derecho y el izquierdo, lo que indica ajustes particulares al tipo de ejercicio físico que se lleva a cabo.

### **Afecciones del pie en Adultos**

El malestar en los pies es un inconveniente frecuente en la población adulta, cerca del 19% de los hombres y el 25% de las mujeres experimentan dolor considerable en los pies casi todos los días de la semana. Karl B Fields (2024)

#### Fascitis plantar

Es bastante común que hombres de mediana edad sufran molestias en los pies, lo cual podría originarse por un desgarramiento donde la fascia plantar se une al hueso del talón, tras experimentar alteraciones degenerativas en su conformación. Para

tratarlo, se suelen emplear plantillas acolchadas en el talón y, en ciertas ocasiones, se opta por inyectar hidrocortisona directamente en la zona afectada. McRae (1980)

### Osteoartritis

La osteoartritis [OA] representa el problema articular más frecuentemente observado. Ésta surge a causa del proceso de envejecimiento y el deterioro que sufre una articulación. Con el avance de la OA, podrían desarrollarse excrecencias óseas, o bien, tejido óseo adicional en el área de la articulación. Los ligamentos y músculos que la circundan podrían debilitarse y perder flexibilidad. Las actividades laborales que demandan arrodillarse o permanecer agachado por más de sesenta minutos diarios, o que requieren cargar objetos, subir peldaños o andar, elevan la probabilidad de desarrollar OA. Biblioteca Nacional de Medicina (EE. UU.)

### Hallux valgo

Comúnmente conocido como juanete, es una deformidad del pie donde el dedo gordo se desvía hacia los otros dedos. Es más habitual observar el *hallux valgus* en mujeres, algo que seguramente tenga que ver con ciertas diferencias en el tipo de calzado que usan, o su propia estructura ósea. El calzado que aprieta mucho, como los tacones altos, suele verse como algo externo que facilita la aparición del *hallux valgus*, esta incrementa la carga en el metatarso y el estrés en valgo en la primera articulación metatarsofalángica, al moverse el pie hacia delante en la puntera estrecha del zapato al caminar.

La presencia del *hallux valgus* se hace más visible con la edad, debido a los cambios que se dan tanto en la forma de funcionar las articulaciones como en los puntos de apoyo en la planta del pie, que son propios del envejecimiento. Aparentemente, el *hallux valgus* también tiene un fuerte componente genético, aunque no se sabe con exactitud cómo se hereda. Gómez & Cobos (2024)

## Hallux rígado

El *hallux rígidus* viene a ser la segunda razón más común por la que duele la primera articulación metatarsofalángica [MTF], justo después del *hallux valgus*. Se habla de un deterioro artrósico y que avanza poco a poco en esta articulación, lo que causa dolor, reduce su capacidad de movimiento y genera osteofitos, como se puede observar en la figura (7). Siempre se ha creído que podría surgir a raíz de un problema durante la adolescencia, quizás por una malformación desde el principio, o en la edad adulta debido a una artrosis que aparece después, pero la verdad es que no hay pruebas que demuestren que la edad marque una diferencia, aunque sí es verdad que se da más en mujeres. Gómez & Cobos (2024)

**Figura 8.** Hallux rígado



Fuente: Gómez & Cobos (2024)

## Gota

Normalmente, la gota se manifiesta en la articulación metatarsofalángica del dedo gordo; sin embargo, en situaciones más severas, otras articulaciones similares, e incluso las del tarso, pueden verse envueltas en el proceso inflamatorio. El abordaje terapéutico es fundamentalmente farmacológico, aunque a veces se requiere el empleo de calzado especial adaptado. McRae (1980)

## Metatarsalgia

La metatarsalgia se manifiesta como dolor en la zona delantera del pie, impactando ya sea una o varias de las cabezas de los metatarsianos, o bien, las articulaciones que las unen. Este problema suele presentarse con dolor justo alrededor de las cabezas metatarsianas, provocado por una sobrecarga en esta área del pie. Se opta por estos tratamientos cuando las deformidades son leves o si la salud del paciente no permite una operación. Gómez & Cobos (2024)

- Ejercicios de estiramiento para el tendón de Aquiles, así como para los músculos extensores y flexores de los dedos.
- Uso de plantillas que ofrezcan soporte al arco del pie y a las cabezas de los metatarsianos, aliviando así el dolor.
- Elección de zapatos con espacio suficiente en la punta para evitar presionar los dedos.

### Artritis reumatoidea

La Artritis Reumatoide [AR] es una dolencia autoinmune duradera que ataca sobre todo las coyunturas, generando hinchazón, sufrimiento, entumecimiento, desfiguración y deterioro articular, usualmente se manifiesta en las articulaciones de las extremidades, abarcando la parte inferior y el pie. Su presencia cambia dependiendo del grupo de personas y la zona del mundo. Se calcula que la AR toca a más o menos el 0.5% al 1% de los adultos del planeta, dándose más en mujeres que en hombres. Esta dolencia suele mostrarse en la adultez temprana o la mediana edad, con un punto álgido de inicio entre los 40 y 60 años. A pesar de esto, la AR puede incidir en personas de todas las edades, incluyendo a jóvenes y adultos jóvenes lo que se conoce como Artritis Reumatoide Juvenil. Gómez& Cobos (2024).

### Espolón calcáneo

Espolón calcáneo o talalgia más habitual surge de una alteración mecánica en la zona donde se unen los tejidos en la parte inferior trasera e interna del hueso del talón, así como en la zona superior, abarcando el sistema aquileo-calcáneo-plantar. Se manifiesta con un dolor punzante en la planta del talón, especialmente al presionar la parte interna de la tuberosidad plantar, aunque este dolor disminuye al no cargar peso en la articulación. En cuanto al manejo, se prioriza un enfoque no invasivo: plantillas para aliviar la presión, inyecciones de corticosteroides o factores de crecimiento, y terapia de ondas de choque. Si estos métodos no son suficientes, se considera la opción quirúrgica. (Gadañón Arantza & Bertrand Diego)

## CAPÍTULO II: DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1. Enfoque de investigación

El proyecto usa un enfoque cualitativo, el cual resulta idóneo para tratar el tema del rediseño de plantillas para calzado de seguridad desde una perspectiva enfocada en el consumidor final del producto. Este enfoque permite entender al usuario, las necesidades que presenta, experiencias en el uso del calzado, percepciones de comodidad, funcionalidad y futuras expectativas. El enfoque cualitativo se orienta en el análisis del problema, de tal manera que da paso a diversas interpretaciones y la identificación de oportunidades de mejora basadas en las experiencias directas de los usuarios.

La investigación se enfoca en los consumidores finales del calzado de seguridad de la empresa MOYOLSA, debido que llevan a cabo diversas labores industriales o de construcción, por tal motivo usan constantemente el calzado bajo condiciones rigurosas y durante largas jornadas laborales. Manteniendo contacto directo con el producto en un entorno real, lo cual es esencial para obtener las percepciones del calzado, lo que permite guiar el rediseño de manera funcional, ergonómica y sobre todo centrado en el bienestar del usuario.

En este contexto, la metodología cualitativa brinda varios aspectos importantes a tomar en consideración, pues permite analizar el comportamiento, las emociones y la satisfacción del usuario, más allá de lo que las métricas tradicionales puedan sugerir. Es fundamental que, en un producto como la plantilla para calzado de seguridad industrial, su eficacia no se enfoque únicamente en partes técnicas como la amortiguación o la resistencia a impactos, sino que es de suma importancia analizar factores subjetivos como la sensación de confort, adaptación anatómica o la percepción del usuario después de su uso en una jornada laboral.

La investigación usa como metodología de diseño al *Design Thinking*, la cual consiente apreciar la empatía con el usuario como un componente primordial para cualquier innovación. La información será de carácter cualitativo: experiencias,

perspectivas, análisis de la propuesta del producto, observaciones de aspectos críticos, posibles falencias, entre otros. Esto facilita el desarrollo de una propuesta ajustada a las necesidades reales del público objetivo, y permite aumentar las posibilidades de un buen rediseño que satisfaga los requerimientos del cliente. Al mismo tiempo, dicho proceso facilitará una interacción constante y activa con los usuarios que se desempeñan en distintos entornos laborales para el rediseño, incentivando la generación colectiva de valor y promoviendo un modelo de mejora constante basado en la validación iterativa del resultado.

## **2.2. Diseño de la investigación**

El proyecto aplica a una investigación experimental, tiene como objetivo el idear, testear y validar una plantilla rediseñada para calzado de seguridad industrial, que cumpla con estándares de comodidad y ergonomía. La idea es no solo ser creativos con el diseño, sino también verificar las ventajas que este nuevo diseño podría brindar frente a las plantillas comunes que usan los trabajadores del área industrial.

La investigación experimental requiere ajustar a propósito una variable independiente, la plantilla usada, y compararla con la nueva propuesta, para ver cómo impacta en las variables dependientes como es el cansancio en los pies, qué tan cómodos se sienten y cómo se adapta al pie. Para lograrlo, se trabaja con dos grupos de personas, uno que pruebe la nueva plantilla y el otro no, con el fin de realizar un cotejo y verificar si el nuevo diseño mejora la usabilidad del calzado en el usuario.

El método experimental ayuda a hacer pruebas de uso en situaciones reales, lo cual hace más fácil obtener información antes y después de la aplicación del prototipo. Además, este tipo de investigación ayuda a comprobar si los criterios de funcionalidad y ergonomía que se añaden al rediseño son válidos, basados en datos concretos.

La aplicación de esta investigación responde a necesidades laborales, para así: mejorar la salud y el rendimiento de los trabajadores que usan calzado de seguridad

por prolongadas horas. Teniendo la meta un propósito netamente práctico y usable, con el potencial de ser aplicado en entornos industriales donde es clave utilizar calzado de protección.

### **2.3. Grupo de estudio**

El grupo de estudio para esta investigación está compuesto por usuarios regulares del calzado de seguridad fabricado por la empresa MOYOLSA, estableciéndose para las entrevistas al propietario y agente vendedor, para las encuestas se usara una población de 100 usuarios constantes que pertenecen a las siguientes empresas: Carrocería Pillapa, Electroil Cía. Ltd. y Avícola Avigold; es importante señalar además la viabilidad, facilidad y apertura de las instituciones mencionadas para colaborar con este trabajo. A través de los trabajadores de estas compañías se puede obtener un análisis más detallado, debido a que tienen contacto directo con el calzado en entornos laborales rigurosos y diversos.

La selección de este grupo facilita la recopilación de datos, percepciones y comentarios significativos sobre las condiciones de confort, desgaste y desempeño que ofrecen las plantillas actuales, adecuándose al enfoque cualitativo y centrándose en el usuario como requerimiento del *Design Thinking*, que aprecia la empatía y la co-creación para resolver problemas de diseño. El grupo de investigación participará activamente en las fases de empatizar y definir, favoreciendo la comprensión no solo de las características biomecánicas del pie y el entorno de trabajo, sino también de las percepciones individuales que influyen en la aceptación o el rechazo del producto.

Como la meta es rediseñar la plantilla del calzado, los participantes proporcionarán información esencial que respaldará tanto el análisis técnico como el proceso de ideación creativa.

Los datos que aporten los usuarios proporcionarán criterios estratégicos, metodológicos y prácticos que refuercen la validez del proceso de investigación y diseño. Estos consumidores, forman parte de compañías que adquieren el producto

de manera constante, por lo que representan una fuente directa y autorizada de datos acerca del rendimiento real del calzado en entornos laborales rigurosos. Desde el punto de vista del *Design Thinking*, el usuario final es el núcleo del proceso de innovación, dado que es el que vive el producto de manera integral: física, emocional y funcional. Es esencial tener una profunda empatía con el usuario para generar soluciones pertinentes y sostenibles. Por esta razón, el acceso a este grupo facilita:

- Adquirir información concreta acerca del confort y rendimiento de la plantilla durante jornadas extensas.
- Reconocer patrones habituales de insatisfacción, desgaste o malestar.
- Obtener recomendaciones propias y genuinas a partir de la experiencia experimentada.
- Realizar comprobaciones de diseño basándose en necesidades concretas

Adicionalmente, este grupo muestra una variedad de ocupaciones que potencia el análisis (industria, transporte, servicios, construcción), lo que facilita los descubrimientos a un público más extenso sin sacrificar la característica del contexto de aplicación.

#### **2.4. Recolección de la información**

Para lograr un análisis completo de las demandas y desafíos vinculados a la plantilla del calzado MOYOLSA, se han escogido herramientas de recopilación de datos, todas en concordancia con el enfoque cualitativo y al método proyectual del *Design Thinking*, que persigue reconocer percepciones profundas antes de concebir soluciones.


Para que la verificación de los instrumentos de recopilación de datos fuera sólida, se optó por la evaluación mediante el criterio de expertos. Tal como señalan, Fernández & Díaz (2002), este método implica que especialistas con conocimientos en el tema central de la investigación examinen el instrumento. El propósito es fijar la validez del contenido y confirmar que cada punto sea nítido, importante y refleje

las variables que se analizan. Esta táctica es muy práctica en estudios aplicados, dado que facilita una validación inicial apoyada en criterios cualitativos y conceptuales. En este proceso, se tuvo el apoyo de cuatro expertos: dos profesionales en diseño con bases en ergonomía aplicada al calzado (Ing. Claudio Godoi, Ing Evanir Da Silva) y dos médicos podólogos expertos en la anatomía del pie (Dr. Iván Duran, Dra. Sara Razines).

### Ficha de observación

A través de la ficha de observación se analiza la plantilla usada por la empresa. Como resultado, permite detectar los materiales más comúnmente usado, como la esponja, analizando su aplicación y limitaciones existentes.

**Cuadro 6.** Ficha técnica de la plantilla

<b>Empresa</b>	<b>MOYOLSA</b>
<b>Imagen</b>	
<b>Tipo de plantilla</b>	Estándar / Genérica
<b>Material principal</b>	Esponja
Recubrimiento superior	Textil
<b>Color</b>	Blanco
<b>Aplicación</b>	Calzado general
<b>Textura superficial</b>	lisa en la zona del talón y arco
<b>Zona de amortiguación</b>	Básica
<b>Densidad del material</b>	Baja a media
<b>Espesor</b>	4 mm
<b>Características destacadas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económica</li> <li>• Fácil de recortar</li> <li>• Compatible con diversos tipos de calzado</li> </ul>
<b>Limitaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No brinda soporte ergonómico</li> <li>• Desgaste acelerado con uso intensivo</li> </ul>
<b>Análisis:</b> En general, la plantilla que se observa en la ficha de observación no se adapta bien a la forma del pie, sin zonas pensadas para sujetar o amortiguar, lo que deja claro que es importante rediseñarla pensando en la ergonomía.	

Fuente: elaboración propia

## Entrevistas

Se realizan entrevistas estructuradas, debido a que se crea un guion con preguntas preestablecidas, lo cual facilita la comparación de respuesta para realizar una evaluación objetiva, estas se usan en los empleados de las compañías previamente mencionadas. Estas entrevistas facilitan la exploración de temáticas como: la sensación de cansancio al concluir el día, el grado de confort percibido, las áreas del pie donde se experimenta más presión, y recomendaciones para optimizar la plantilla. Además, se organizan con cuestionamientos directos y con un lenguaje comprensible, lo que permite la obtención de datos cualitativos de gran valor interpretativo.

**Cuadro 7. Entrevista 1**

Entrevistado: Wilson Moyolema	
PREGUNTA	RESPUESTA
¿Considera que la plantilla actual cumple con los estándares ergonómicos del sector industrial?	No, la plantilla que usamos en nuestro calzado aun no cumple con los parámetros ergonómicos, por lo tanto, buscamos mejorar, para que el cliente reciba un buen producto en su totalidad.
¿Ha recibido su equipo comentarios de usuarios o distribuidores sobre incomodidad relacionada con la plantilla?	Si, en el punto de venta de nuestra empresa y algunos distribuidores de nuestro calzado nos han comentado la incomodidad que sienten los usuarios que usan el calzado por varias horas en la jornada laboral.
¿Cuál considera que es el mayor problema detectado en las plantillas actuales?	De acuerdo con las opiniones de varios consumidores de nuestro calzado, el mayor problema que presentamos actualmente es la falta de adaptación al pie.
¿Está la empresa dispuesta a evaluar nuevas tecnologías (como impresión 3D) para el desarrollo de plantillas?	Si, justamente ya usamos nuevas tecnologías como la impresión 3D, antes del desarrollo de un proyecto de suelas; sin embargo, aún no la hemos usado en el desarrollo de una nueva plantilla, pero si tomáramos en consideración esta posibilidad debido a que nos ayuda a analizar el producto a rediseñar antes de una producción en masa.
¿Considera que un rediseño de la plantilla puede aumentar la fidelidad de los clientes actuales?	Nuestros clientes aprecian nuestro calzado por la durabilidad y seguridad que les ofrecemos, pero al mejorar la experiencia de usuario con la comodidad, considero que si aumentara la fidelidad de nuestros clientes.
¿Qué prioridad le daría al rediseño de la plantilla frente a otros componentes del calzado?	La plantilla del calzado es igual de importante que los otros componentes, no podría darle una puntuación específica porque como mencione anteriormente, todo en el calzado es esencial, pero en esta ocasión nos estamos enfocando en mejorar la comodidad del cliente.
<b>Análisis:</b> La entrevista deja ver que el entrevistado entiende bien los puntos débiles de su producto, y está listo para probar cosas nuevas y le importa mucho su consumidor. Cambiar el diseño del modelo actual se ve como una oportunidad para que el calzado pueda mejorar y obtenga mayor competitividad.	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 8. Entrevista 2

Entrevistado: Ebanir Dasilva	
PREGUNTA	RESPUESTA
¿Considera que la plantilla actual cumple con los estándares ergonómicos del sector industrial?	Actualmente no cumple con estándares ergonómicos, sin embargo, tratamos de brindar la mayor satisfacción de comodidad en el calzado, por lo que queremos evaluar nuevas alternativas para mejorar la experiencia del cliente
¿Ha recibido su equipo comentarios de usuarios o distribuidores sobre incomodidad relacionada con la plantilla?	Nuestro equipo de ventas ha recibido algunos comentarios de incomodidad con la plantilla, pese a tener buenas consideraciones en la duración del calzado, se han reportado que los usuarios que usan el calzado por horas prolongadas tienden a sentir dolor o fatiga mayormente en el talón.
¿Cuál considera que es el mayor problema detectado en las plantillas actuales?	Se puede considerar que el mayor problema detectado es la falta de conocimiento acerca del pie humano, debido a que la plantilla que se usa actualmente en la empresa es una plantilla básica que no cumple con parámetros ergonómicos
¿Está la empresa dispuesta a evaluar nuevas tecnologías (como impresión 3D) para el desarrollo de plantillas?	Si, considero que es una nueva forma de evaluar el prototipo del diseño antes de empezar con su fabricación en grandes cantidades.
¿Considera que un rediseño de la plantilla puede aumentar la fidelidad de los clientes actuales?	Si, porque nuestro propósito es brindar aun mayor comodidad al cliente, y mediante la mejora de la plantilla, podemos ofrecer un producto mejorado que satisfaga al cliente.
¿Qué prioridad le daría al rediseño de la plantilla frente a otros componentes del calzado?	Todos los componentes del calzado son importantes; sin embargo, no hemos recibido quejas en otras áreas o componentes del calzado, por lo tanto, decidimos enfocarnos en el problema percibido por el cliente.
<b>Análisis:</b> A través de la entrevista se evidencia que se requiere una modernización tanto en la técnica como en el conocimiento anatómico al crear plantillas, mostrándose interés por innovaciones como la impresión 3D. La compañía es consciente de cómo el confort influye directamente en la imagen que se tiene del artículo, lo que explica por qué ahora se están centrando tanto en este aspecto.	

Fuente: elaboración propia

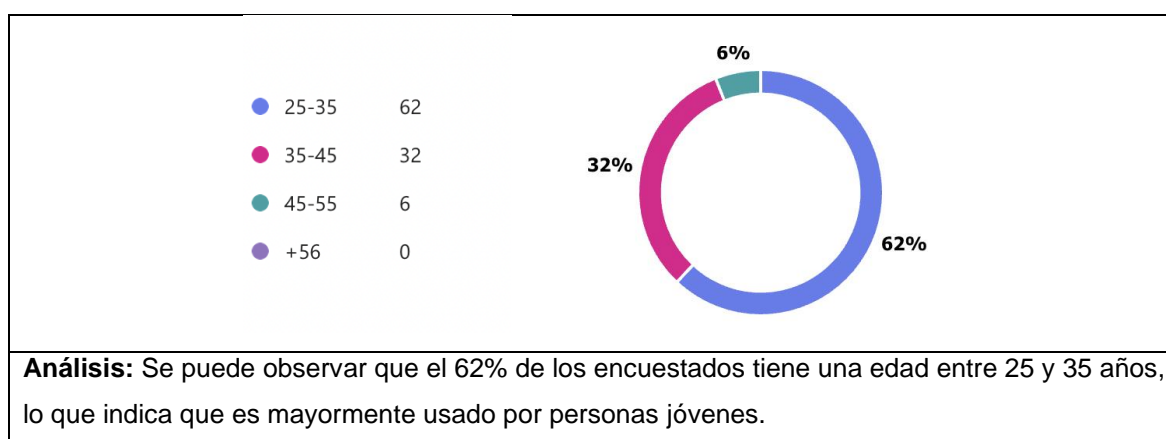
## Encuestas

Las encuestas se diseñan para recolectar información acerca de factores como el uso diario del calzado, niveles de satisfacción, percepción del confort y la predisposición a usar un rediseño con mejoras ergonómicas, estas serán llevadas a cabo con los 100 usuarios de las empresas anteriormente mencionadas. Las preguntas se organizarán en formato de opción múltiple, y se podrán realizar de manera física o digital a través de los responsables de seguridad o recursos humanos de las compañías que las utilizan.

**Tabla 1.** Resultados pregunta 1 encuesta

<b>Pregunta: ¿Cuál es su edad?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
25-35	62%
35-45	32%
45-55	6%
+56	0%

**Fuente:** elaboración propia

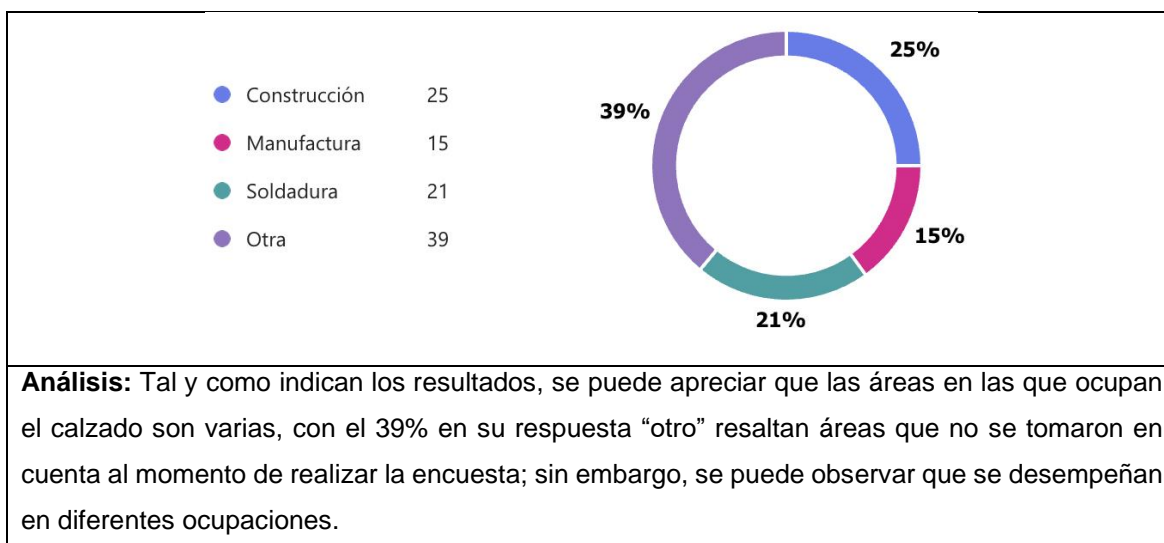
**Gráfico 1.** Resultados pregunta 1 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 2.** Resultados pregunta 2 encuesta

<b>Pregunta: ¿En qué área del sector laboral trabaja?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
Construcción	25%
Manufactura	15%
Soldadura	21%
Otra	39%

**Fuente:** elaboración propia

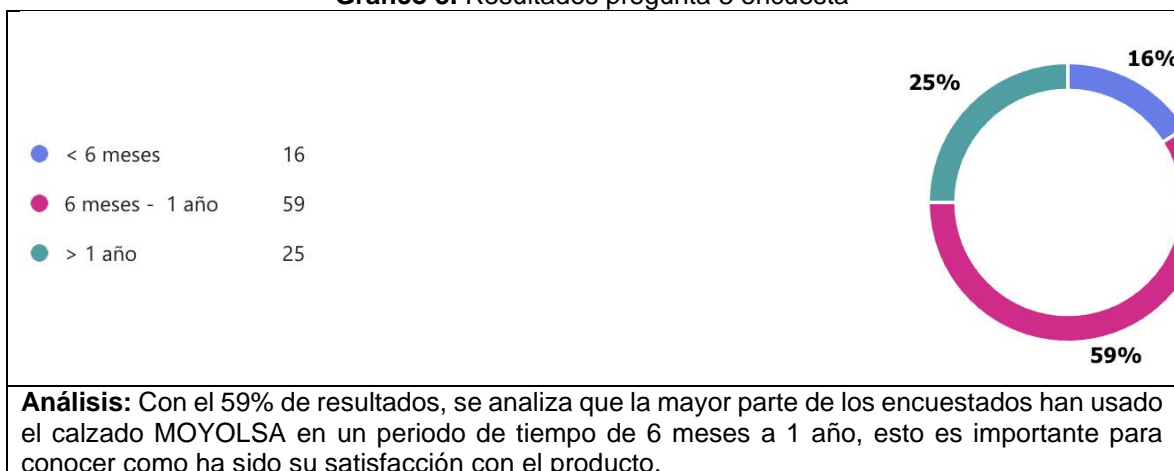
**Gráfico 2.** Resultados pregunta 2 encuesta

Fuente: elaboración propia

**Tabla 3.** Resultados pregunta 3 encuesta

Pregunta: ¿Cuánto tiempo usa el calzado MOYOLSA?	
Indicadores	Frecuencia
< 6 meses	16%
6 meses-1año	59%
> 1 año	25%

Fuente: elaboración propia

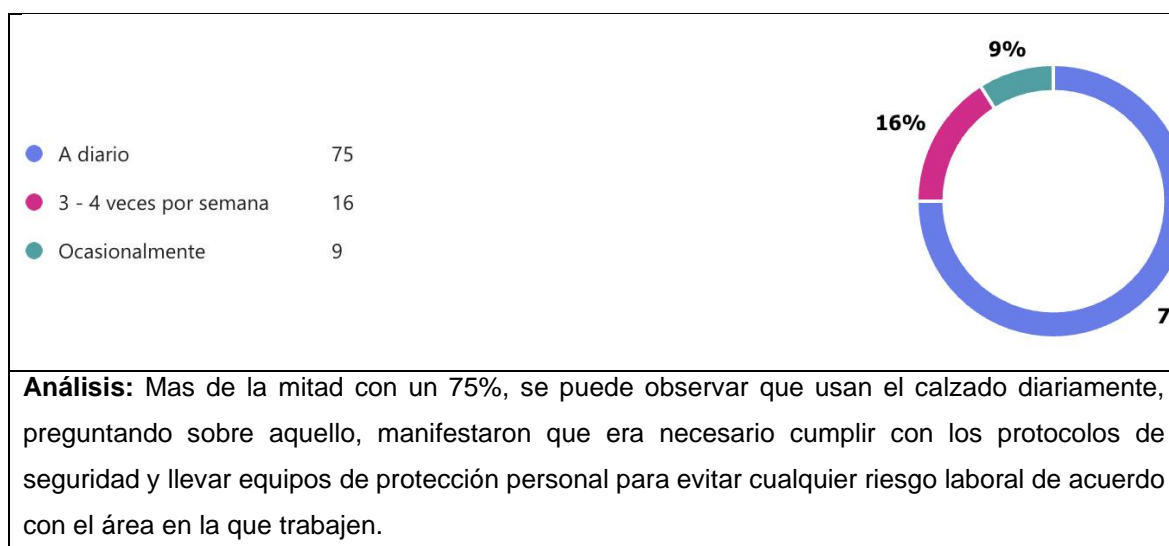
**Gráfico 3.** Resultados pregunta 3 encuesta

Fuente: elaboración propia

**Tabla 4.** Resultados pregunta 4 encuesta

<b>Pregunta: ¿Con qué frecuencia usa usted calzado de seguridad MOYOLSA?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>A diario</b>	75%
<b>3-4 veces</b>	16%
<b>Ocasionalmente</b>	9%

**Fuente:** elaboración propia

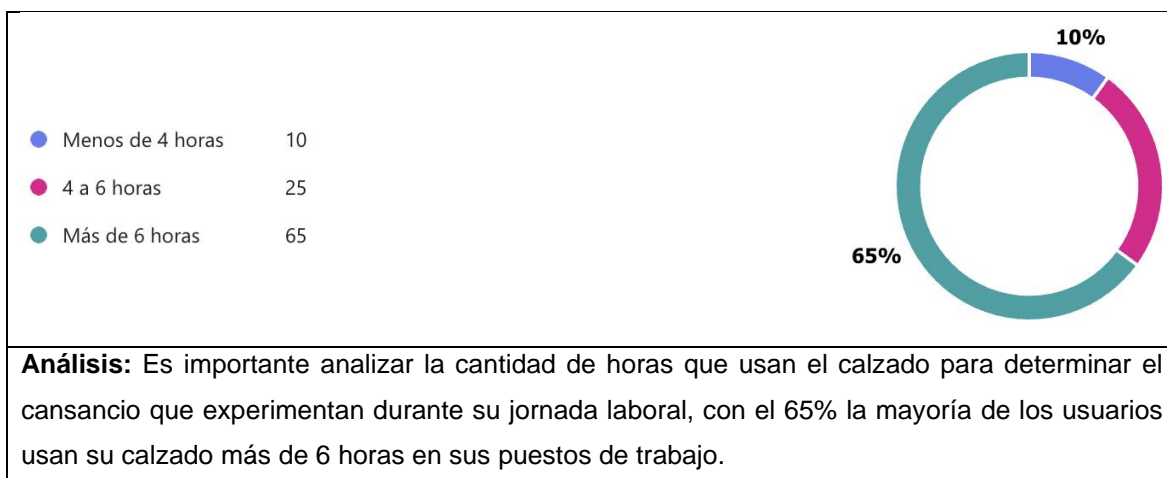
**Gráfico 4.** Resultados pregunta 4 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 5.** Resultados pregunta 5 encuesta

<b>Pregunta: ¿Por cuántas horas continuas suele usar el calzado durante su jornada laboral?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Menos de 4 horas</b>	10%
<b>4 a 6 horas</b>	25%
<b>Más de 6 horas</b>	65%

**Fuente:** elaboración propia

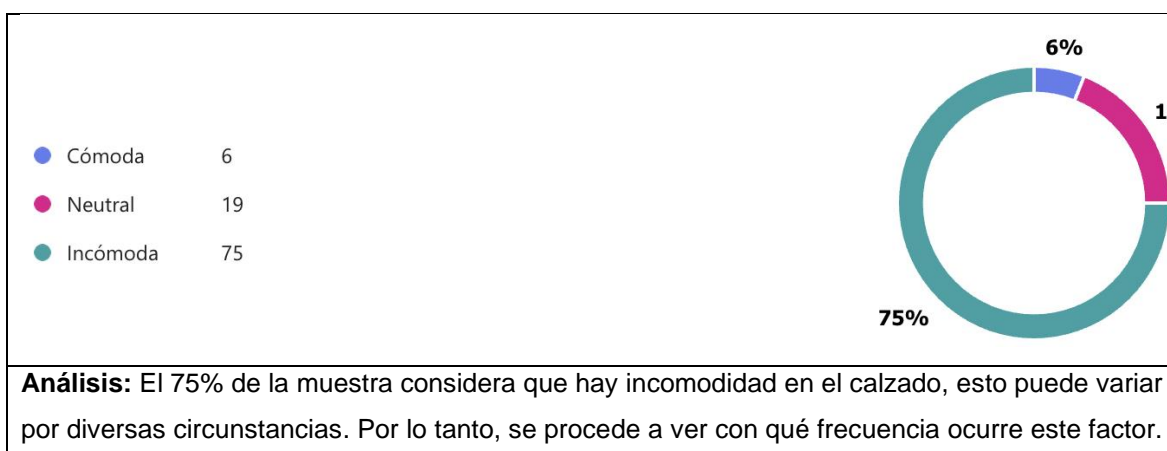
**Gráfico 5.** Resultados pregunta 5 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 6.** Resultados pregunta 6 encuesta

<b>Pregunta: ¿Qué nivel de comodidad le ofrece actualmente la plantilla del calzado MOYOLSA?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Cómoda</b>	6%
<b>Neutral</b>	19%
<b>Incómoda</b>	75%

**Fuente:** elaboración propia

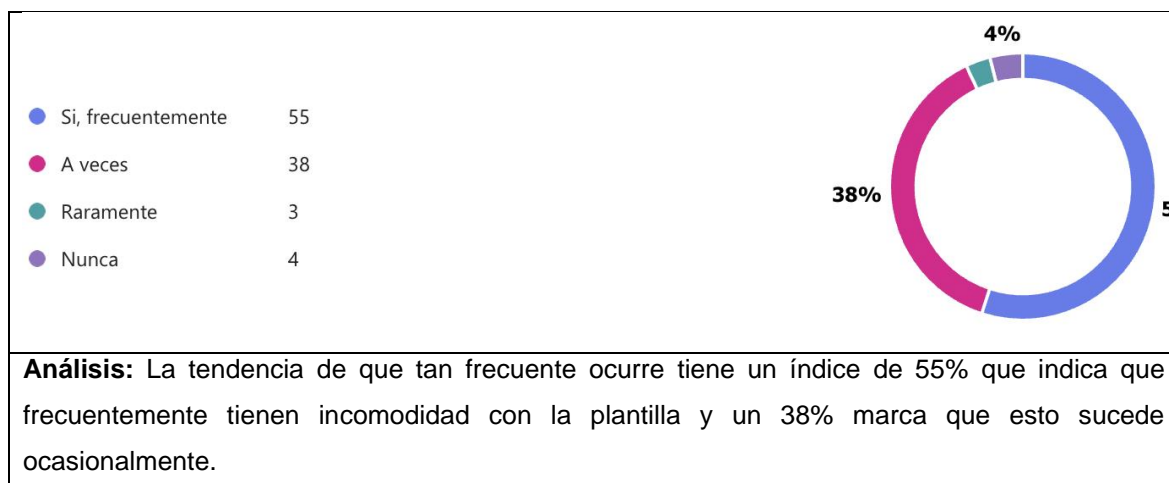
**Gráfico 6.** Resultados pregunta 6 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 7.** Resultados pregunta 7 encuesta

<b>Pregunta: ¿Ha sentido dolor o fatiga en los pies después de una jornada laboral usando este calzado?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Si, frecuentemente</b>	55%
<b>A veces</b>	38%
<b>Raramente</b>	3%
<b>Nunca</b>	4%

**Fuente:** elaboración propia

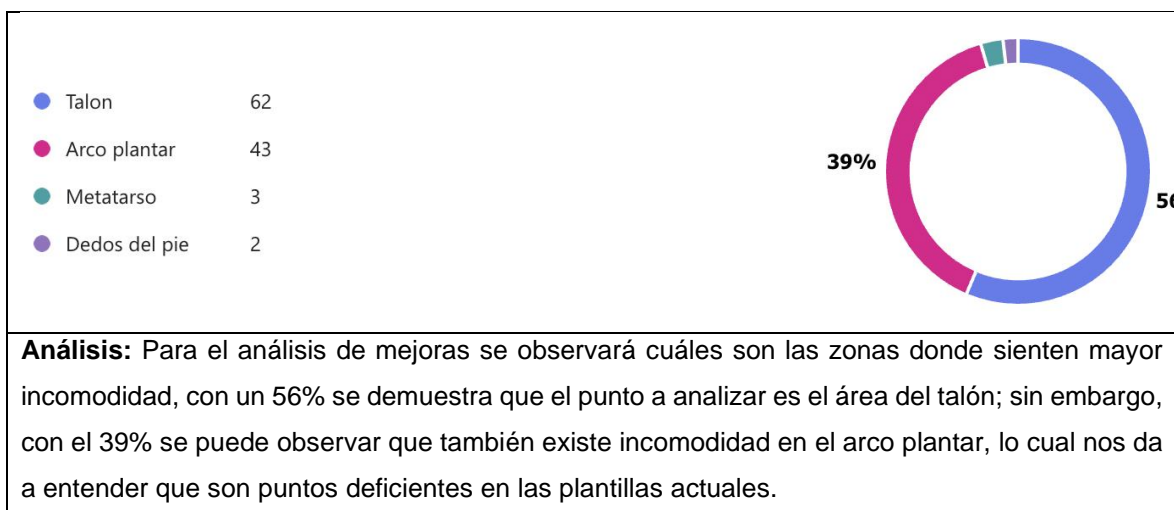
**Gráfico 7.** Resultados pregunta 7 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 8.** Resultados pregunta 8 encuesta

<b>Pregunta: ¿En qué partes del pie ha sentido mayor molestia?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Talón</b>	62%
<b>Arco plantar</b>	43%
<b>Metatarso</b>	3%
<b>Dedos del pie</b>	2%

**Fuente:** elaboración propia

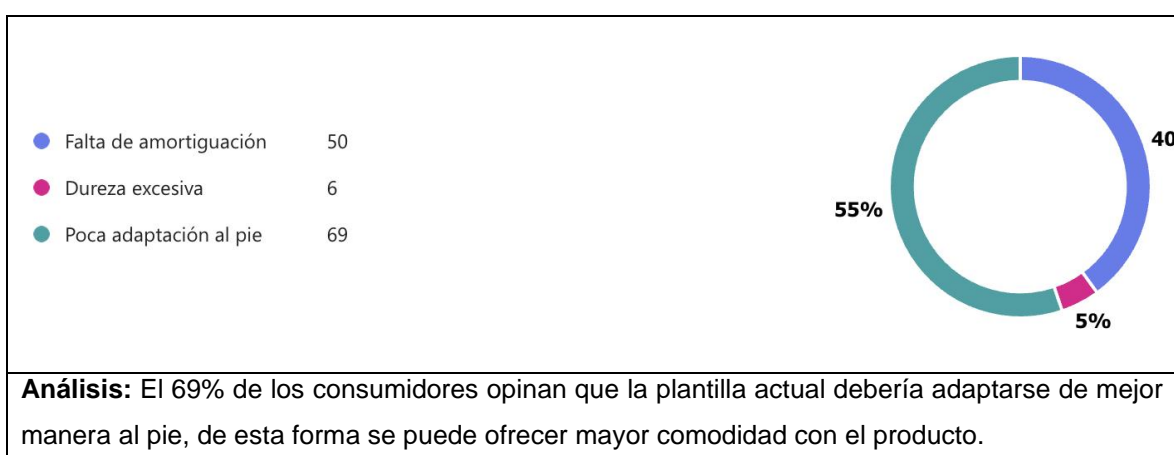
**Gráfico 8.** Resultados pregunta 8 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 9.** Resultados pregunta 9 encuesta

<b>Pregunta: ¿Qué aspecto considera más deficiente de la plantilla actual?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>Falta de amortiguación</b>	50%
<b>Dureza excesiva</b>	6%
<b>Poca adaptación al pie</b>	69%

**Fuente:** elaboración propia

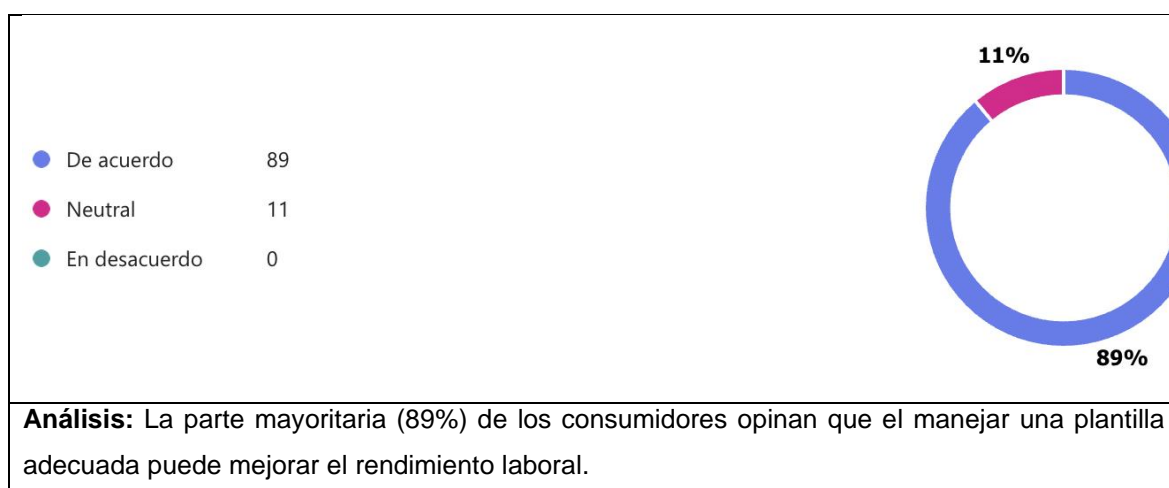
**Gráfico 9.** Resultados pregunta 9 encuesta

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 10.** Resultados pregunta 10 encuesta

<b>Pregunta: ¿Cree que mejorar la plantilla aumentaría la comodidad del calzado?</b>	
<b>Indicadores</b>	<b>Frecuencia</b>
<b>De acuerdo</b>	89%
<b>Neutral</b>	11%
<b>Desacuerdo</b>	0%

**Fuente:** elaboración propia

**Gráfico 10.** Resultados pregunta 10 encuesta

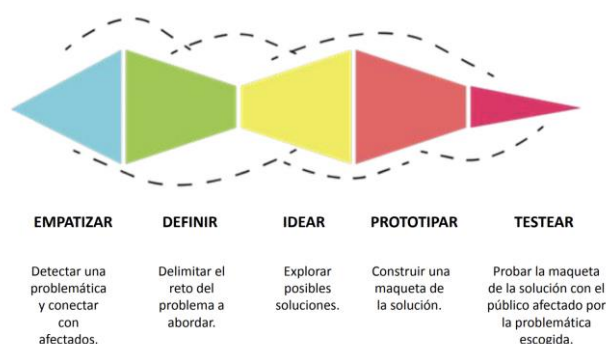
**Fuente:** elaboración propia

### Propuesta de investigación

Para determinar el rediseño de las plantillas utilizadas en el calzado de seguridad de la empresa MOYOLSA, se aplica el método del "*Design Thinking*", el cual es considerado adecuado por su enfoque centrado en el usuario y su capacidad para promover la innovación a través de distintas fases como la empatía, el trabajo colaborativo y la experimentación. Esta metodología ayuda a comprender y resolver problemas relacionados con el usuario, de tal manera que permite el desarrollo de soluciones que se adecuen a las necesidades reales del cliente.

Según Jara Ramírez & Barrada Soto (2024), el *Design Thinking* se presenta como un enfoque dinámico, colaborativo e integrador que fomenta la obtención de conocimientos pertinentes en contextos reales. Las metodologías como el *Design Thinking* permiten desarrollar soluciones innovadoras a partir de la empatía, la colaboración multidisciplinaria y la validación iterativa, asegurando que las propuestas respondan eficazmente a necesidades reales.

**Figura 9.** Esquema “*Design Thinking*”



Fuente: Rodríguez, L., y Torres Maya, R. (2017)

En este contexto, el presente proyecto propone el rediseño de la plantilla para calzado de seguridad de la empresa MOYOLSA, enfocándose en mejorar la experiencia de uso, el confort ergonómico y el desempeño funcional del producto. La decisión de intervenir en el componente de la plantilla responde a hallazgos previos sobre molestias en los usuarios durante jornadas laborales prolongadas, relacionadas con la fatiga plantar, puntos de presión mal distribuidos y desgaste prematuro del material.

A partir de estas premisas, se adopta el enfoque metodológico del *Design Thinking*, el cual ha demostrado ser una herramienta eficaz en proyectos donde se requiere comprender profundamente al usuario y diseñar soluciones viables tanto técnica como comercialmente (Jara Ramírez & Barrada Soto (2024)). El proceso incluye las siguientes etapas:


### **Fase 1 - Empatizar**

La aplicación de la primera fase ayuda al análisis de las percepciones de los usuarios y las necesidades que presentan con respecto a la plantilla actual, esta

información es de suma importancia para el desarrollo del proyecto, la cual toma conceptos e investigaciones que se pueden observar en el estado del arte, tales como la biomecánica, la ergonomía aplicada en el calzado, la huella plantar, entre otros. A partir de la información analizada con las diversas herramientas de recolección de datos, se procede con un *brief* para establecer de manera clara una guía inicial para el rediseño del producto.

**Figura 10.** Brief del producto "plantilla"

# Rediseño de plantilla para calzado de seguridad industrial



Cliente: MOYOLSA

Realizado por: Kimberly M

Fecha: 27 Mayo, 2025

---

## Necesidad

Reducir la fatiga y el malestar plantar en trabajadores industriales que pasan largas horas de pie o en movimiento, mediante una plantilla que proporcione mayor confort, y ergonomía.

---

## Antecedentes

- El calzado de seguridad tradicional, suele presentar deficiencias en términos de confort y adaptación anatómica, lo que puede generar fatiga, dolor plantar o trastornos musculoesqueléticos.

## Publico objetivo

- Trabajadores del sector industrial expuestos a largas jornadas de pie o en movimiento, especialmente en áreas como construcción, manufactura, petróleo y minería.

---

## Materiales propuestos

1. Poliuretano con memoria (Memory PU): Proporciona adaptación personalizada a la anatomía del pie, mejora la distribución de la presión plantar y reduce los puntos de fatiga. Alta durabilidad y resistencia a la deformación.
2. Recubrimiento textil antimicrobiano: Favorece la higiene interna del calzado, previene malos olores y la proliferación de bacterias y hongos, mejorando la salud del usuario.

## Beneficios esperados

1. Mejora del confort y la ergonomía del calzado industrial.
2. Reducción de la fatiga y lesiones asociadas a largas jornadas laborales.
3. Posicionamiento competitivo de la marca mediante valor agregado tecnológico.

Fuente: elaboración propia

## Fase 2 – Definir

Al aplicar la metodología, se logran evidenciar datos relevantes que surgen en el estado del arte, lo cual aporta de manera significativa a esta segunda fase, apoyando con el proceso de la investigación, en esta etapa se sintetiza los hallazgos destacados en la recolección de datos los cuales reflejan las percepciones de los usuarios, de tal manera que permite establecer de manera clara las necesidades y requerimientos del rediseño.

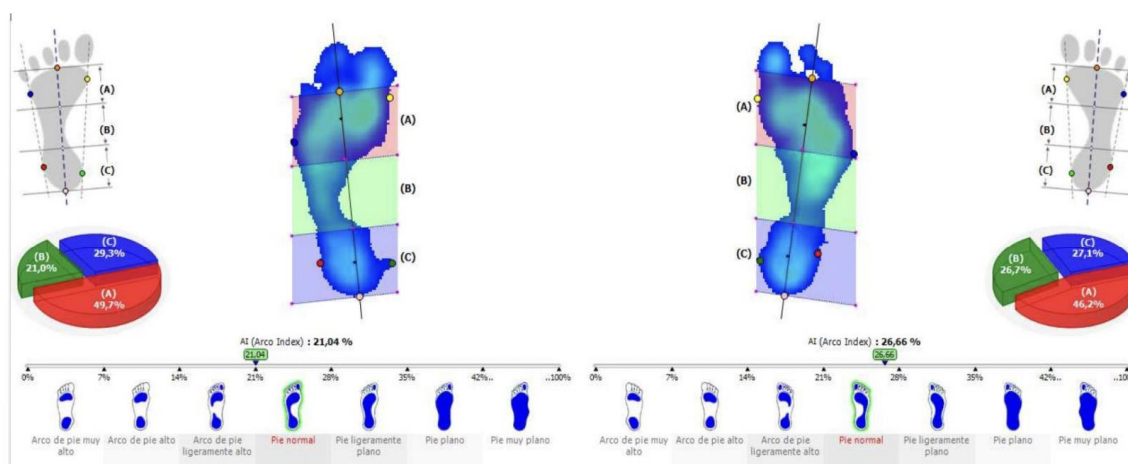
**Tabla 11.** Necesidades y Requerimientos

Porcentajes	Necesidades	Requerimientos
69% - Poca adaptación al pie	Mejor ajuste anatómico	Diseño ergonómico con formas que respeten la curvatura plantar
50% - Falta de amortiguación	Mayor absorción de impacto	Incorporación de materiales con alta capacidad de amortiguación (ej. EVA, PU expandido)
62% - Molestia en el talón 43% - Molestia en el arco plantar	Reducción de presión en zonas críticas	Refuerzo de soporte en el arco y amortiguación localizada en el talón
55% - Dolor o fatiga frecuentemente tras la jornada	Disminución de la fatiga muscular en pies	Plantilla con zonas diferenciadas de soporte y materiales de recuperación progresiva

Fuente: elaboración propia

Se analiza un estudio de Villagrán (2022), en el cual se indica el comportamiento de la huella plantar en trabajadores expuestos a manipulación de cargas, en el cual se examinan los tipos de pies, para esta investigación se seleccionó un pie normal, en el cual se demuestra el balance corporal de acuerdo con las cargas a la que está sometido el pie, se toman los datos del pie a una carga de 25kg.

**Figura 11.** Análisis de carga a 25 kg



**Fuente:** Ecofoot. Villagran (2022)

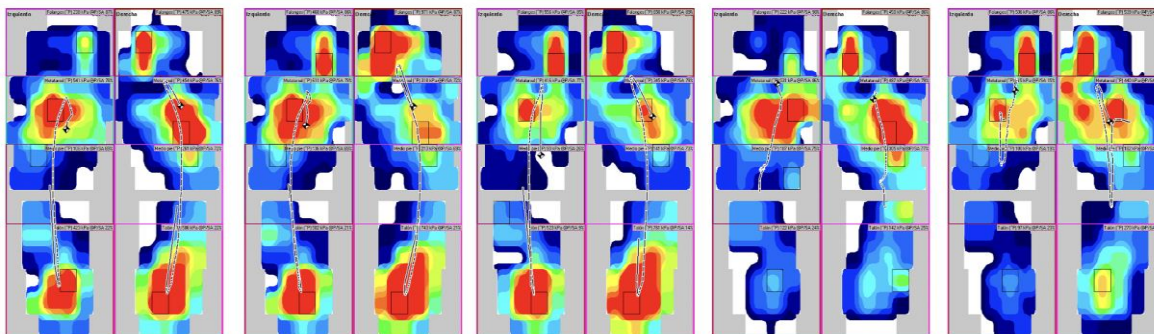
El estudio de Romero Ante et al. (2024), Jornadas de Automática, presenta los resultados de la presión plantar en el cual se realiza un estudio dinámico del comportamiento del pie: el primer análisis es la caminata sobre una superficie plana, subir y bajar una pendiente, subir y bajar las escaleras, estos resultados muestran el comportamiento del pie ante distintas circunstancias, se toma como base para indagar en este estudio debido a que cumple con las condiciones que presentan los trabajadores en el uso diario del calzado, esto ayuda a conocer cómo se comporta el pie en estas situaciones, y cómo mejorar su comodidad a partir de esta observación.

En la figura (11) se puede observar la ubicación de los puntos de presión, este estudio fue realizado con un grupo de sujetos sanos, reflejando las presiones que exceden este umbral en la zona metatarsal, sugiriendo su vulnerabilidad a la formación de heridas debido a la alta presión durante el movimiento.

**Figura 12.** Topología del pie (Pie normal con 25kg)

Tabla 1: Resultados promedio de la presión plantar durante la experimentación dinámica en todos los sujetos. PPmedia (Presión pico media).

	Caminando		Subiendo pendiente		Bajando pendiente		Subiendo escaleras		Bajando escaleras	
	PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)		PPmedia (kPa)	
	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der	Pie izq	Pie der
Falanges	228.8 ± 204.6	345.4 ± 182	312.8 ± 181.8	434.4 ± 314.4	237.8 ± 194.7	345.4 ± 186.6	216.2 ± 119.1	274.6 ± 172.6	424 ± 371.6	322 ± 194
Metatarsal	560 ± 161.1	532.2 ± 70.2	670.2 ± 183.7	616.6 ± 189.2	512.2 ± 226.3	491.4 ± 116.6	455.2 ± 166.4	546.6 ± 156.9	441.8 ± 238.4	484.6 ± 224
Mediopia	144.2 ± 109.3	135.2 ± 89.7	117.6 ± 79.7	124 ± 65	87.8 ± 24.5	75.2 ± 45	123.2 ± 64.5	135.2 ± 109.7	104.2 ± 19.4	132.8 ± 65.4
Talón	510.4 ± 193.5	528.8 ± 130.6	548.4 ± 183.3	600.6 ± 175.6	557.2 ± 234.5	568.2 ± 186.3	142.2 ± 94	217 ± 140.8	187 ± 102	250.8 ± 72



Fuente: (Romero Ante et al., 2024)

### Fase 3 – Idear

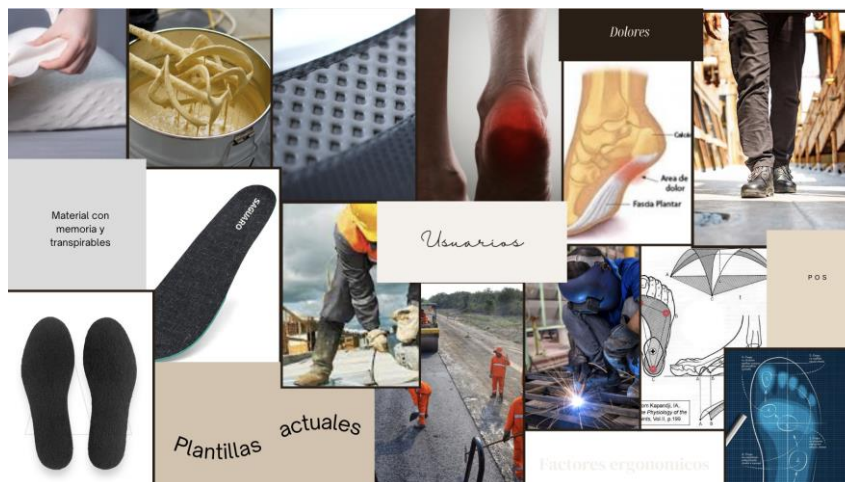
Se genera un conjunto de soluciones que responden a las necesidades y requerimientos analizados anteriormente de los usuarios del calzado de seguridad MOYOLSA, en el cual se priorizará el confort en el pie, la distribución correcta de presiones, la reducción de dolor o fatiga acumulada y el ajuste anatómico. En esta fase se comienza la conceptualización de ideas para un rediseño centrado en el usuario. Carballo Huerta & González Ramírez (2023)

El desarrollo de la idea es realizable, cuenta con el conocimiento previo sobre el desarrollo de calzado, tales como: sus componentes y materiales; así a través de la impresión 3D se puede dar un prototipo apto para cumplir con los requerimientos del usuario, además que se analiza el informe validado por una institución experta en ortopedia para brindar información confiable a la investigación.

El *moodboard* ayuda a que la visión del diseño y los deseos del usuario concuerden, mostrando de manera clara, cómo se verá y cómo actuará el producto. Aparte, hace más fácil contar la idea detrás del nuevo diseño, y sirve de referencia visual al

momento de la creación del prototipo, la elección de materiales y dar la presentación al final con el proyecto.

**Figura 13.** Moodboard de inspiración



Fuente: elaboración propia

A través de las propuestas se realizará un breve análisis de los parámetros con los que cumplirá el prototipo, estas propuestas serán analizadas por expertos en el campo de podología, docentes en diseño industrial, y la empresa Moyolsa. Estas propuestas se valorarán de acuerdo con los parámetros de la matriz de selección para una toma de decisión objetiva y alcanzable. Se usará una métrica de Likert de 5 puntos para realizar la matriz de selección en concordancia con la propuesta.

Como se puede observar en el anexo 8, las fichas técnicas demuestran las propiedades técnicas del material, además se tomará a consideración los procesos de manufactura de la empresa MOYOLSA como se explica en el cuadro 9, para la óptima fabricación de la plantilla.

**Cuadro 9.** Proceso de manufactura de la empresa MOYOLSA

Etapa	Descripción técnica
Preparación de materias primas	Almacenamiento del PU y sus componentes (poliol, isocianato y varios aditivos como catalizadores, colorantes y espumantes) se guardan y se preparan. Es crucial mantenerlos a una temperatura constante, idealmente entre 20 y 25 °C, para asegurar que reaccionen correctamente durante el proceso.
Dosificación y mezcla	En una máquina de inyección, los componentes líquidos se dosifican en proporciones exactas
Inyección en el molde	Se inyecta en moldes de acero o aluminio a baja presión y temperatura controlada
Reacción y expansión	El poliuretano se expande formando una espuma densa y flexible, adaptando la geometría del molde de plantilla.
Curado	La combinación reacciona por completo en el molde (curado inicial) en un lapso de 2 a 4 minutos, según la composición utilizada.
Desmoldeo	Una vez alcanzada la rigidez suficiente, se desmoldada manualmente.
Post-curado	Se deja curar a temperatura ambiente por 24 horas

Fuente: elaboración propia

**Tabla 12.** Matriz de Selección

Parámetros	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Imagen de boceto			
Material	3.5	4.5	4
Textura	3	5	4
Ergonómico	4.5	4.5	4.5
Confort	3	4	3.5
Durabilidad	5	4.5	4
Compatibilidad con el calzado	4	4.5	4
Amortiguación	3	4	4.5
Costo del producto (unidad)	3.5	4	3.5
PROMEDIO	29,5	35	32

Fuente: elaboración propia


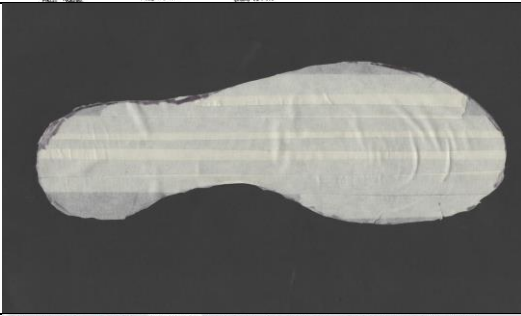
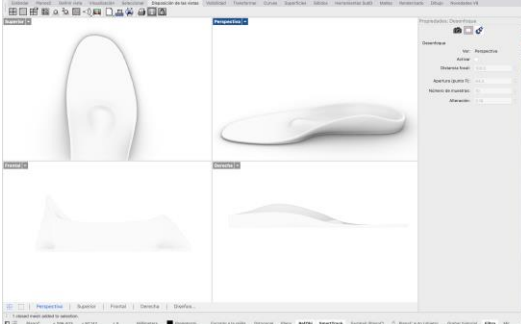
Observando el resultado de la matriz de selección se puede observar que la propuesta “2” es la óptima para prototipar, debido a que cuenta con una puntuación de “35/40”. Estas propuestas se pueden observar con mayor detalle en el anexo 4.

Una vez que la propuesta está seleccionada se presenta la digitalización junto con sus detalles constructivos y materiales.

### Fase 4 – Prototipo

Una vez seleccionada la propuesta, se procede a la realización del rediseño, en la cual se comprobará su eficacia para el cumplimiento de las necesidades del usuario, a su vez nos permite el análisis de posibles puntos de mejora antes de obtener un producto final, a través del uso de maquinarias como la fresadora de plantillas para el desarrollo del prototipo en un material similar al que se propone en el proyecto.

**Cuadro 10. Ficha del proceso**

Etapa	Grafico
Boceto de la propuesta seleccionada	 <p>Diagram illustrating the construction and components of a shoe sole. Labels include: "Barrido del talón" (heel scan), "OLIVA TRANSMETATARSIANA" (metatarsal pad) with the instruction "Regule la amplitud, reduciendo o aumentando la longitud a los golpes.", "PISTONAJE PROTECTIVO" (protective piston), and three views of the heel: "PI. CON PUNTO DE BICO", "PI. SIN PUNTO DE BICO", and "PI. CON BICO DE BICO".</p>
Escaneo de la planta de la horma	 <p>A 3D scan of a foot, showing the plantar surface, overlaid on a grid for digitalization.</p>
Digitalización de la propuesta	 <p>A screenshot of a 3D modeling software interface (likely SolidWorks) showing a digitalized shoe sole model. The interface includes a top toolbar, a main view area with multiple perspectives (Top, Front, Side, Back), and a right-hand panel with various settings and tools.</p>



Fuente: elaboración propia

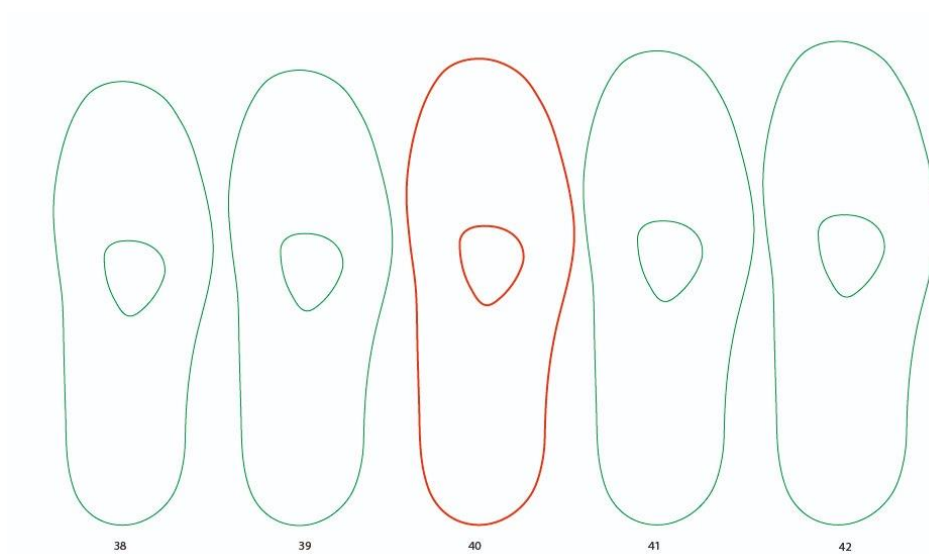
**Figura 14.** Prototipo en físico



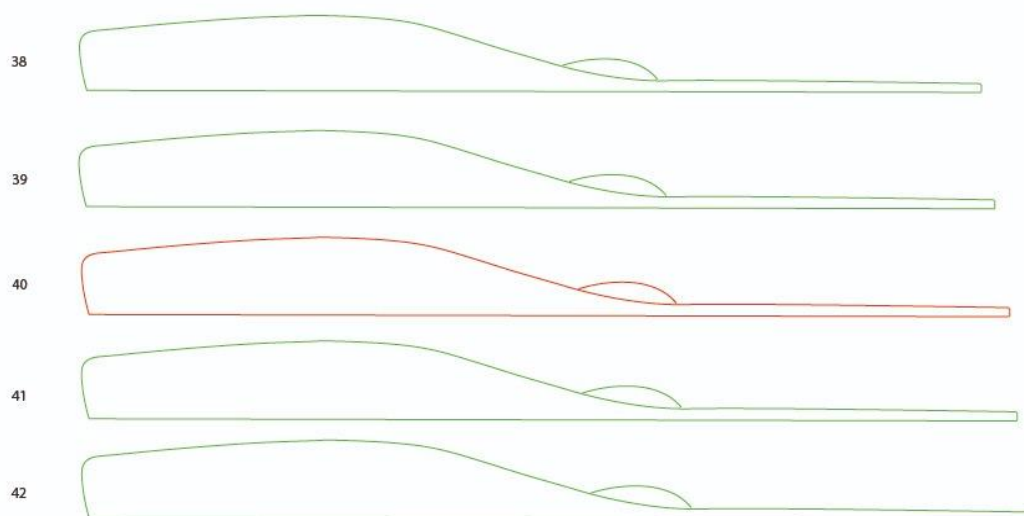
Fuente: elaboración propia

Además, se realizó el escalado del producto en el programa CALIGOLA, se especificó los parámetros para un escalado media talla, en el cual se realizaron los siguientes: 38  $\frac{1}{2}$ , 39  $\frac{1}{2}$ , 40  $\frac{1}{2}$ , 41  $\frac{1}{2}$ .

**Figura 15.** Escalado de tallas - Vista frontal



Fuente: elaboración propia

**Figura 16.** Escalado de tallas - Vista Lateral

Fuente: elaboración propia

## Fase 5 – Testeo

La evaluación es un paso esencial al comprobar el nuevo diseño de la plantilla para calzado de seguridad, ayuda a confirmar cómo funciona al usarse con los usuarios. En el cuadro 11 se define las distintas etapas del proceso de testeo en las cuales se colaboró con usuarios que usan el producto, y a través de ellos juzgar aspectos importantes como el confort, forma, y amortiguación.

**Cuadro 11.** Etapas del proceso de testeo

Fase	Acciones claves	Propósito
Pilotaje	Testeo real con el usuario y encuestas de validación	Validar que el diseño cumpla las necesidades del usuario
Control de calidad	Análisis del material y resistencia	Verificar los materiales mediante pruebas digitales
Mejora continua	Retroalimentación de posibles ajustes	Optimización del producto antes de una fabricación masiva

Fuente: elaboración propia

El objetivo de la evaluación es identificar de manera clara si la plantilla propuesta cumple con lo que el usuario necesita y si mejora lo que no funcionaba del diseño

anterior. Los resultados de las encuestas nos ayudan con una retroalimentación para saber si el diseño nuevo funciona e identificar los posibles cambios antes de comenzar una fabricación en masa. Además, se realizará un análisis del material para saber si cumple con las condiciones para el producto.

### Análisis de costos

Para obtener el estudio de costos, se trabajó en conjunto con el fabricante de MOYOLSA; en el cual se explora la idea de modernizar la plantilla del calzado de seguridad. Se puede considerar aspectos como los materiales, los métodos de manufactura, la mano de obra, tiempos en fabricación y servicios básicos.

Con este análisis, se trata de descubrir si el rediseño es una buena opción desde el punto de vista económico, es decir, si invertir en él le conviene a la empresa. Además, se quiere observar si es factible añadir a la producción sin que el producto pierda atractivo frente a la competencia. Los datos que nos facilita el fabricante son clave para tener una idea de cuánto costará y para hacernos una idea de cómo se verá la producción a futuro.

**Tabla 13.** Costos del producto en producción

#### DETERMINACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

PRODUCTO	Plantilla
CANTIDAD	1

COSTO POR UNIDAD	
COSTO FIJO UNITARIO	0,19
COSTO VARIABLE UNITARIO	2,2
COSTO TOTAL UNITARIO	2,39

CANTIDAD	MEDIDA	DETALLE	COSTO FIJO	COSTO VARIABLE
1	KILO	Base de poliuretano		0,9
0,13	kilo	Desmoldante		0,5
1	metro	tela transpirable microbiana		0,5
1	hora	mano de obra		0,4
1	hora	Electricidad	0,06	
	%	Agua potable	0,04	
	%	Gasto telefonico	0,04	
	%	Maquinaria	0,05	
			0,19	2,2

Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Análisis de especialistas

Para asegurar un óptimo rediseño de la plantilla para calzado de seguridad industrial y que esta propuesta se ajuste a los criterios técnicos y de salud en el trabajo, se procede a realizar un análisis con expertos en podología. El propósito de esta revisión es confirmar la eficacia del nuevo diseño, especialmente en cuanto a su ajuste al pie, el reparto del peso, su habilidad para absorber impactos y la protección contra lesiones en trabajos duros. El aporte del especialista nos da una opinión profesional basada en datos clínicos y del movimiento, lo cual ayuda a mejorar el producto final y confirma que es adecuado para su uso en la industria. En esta encuesta se usa un puntaje donde 1 es malo y 5 muy satisfactorio.

**Tabla 14.** Resultados Dr. Iván Duran

Parámetros	Puntaje
¿La plantilla se adapta correctamente a la morfología general del pie (arco, talón, antepié y mediopié)?	4
¿La estructura de la plantilla proporciona un soporte adecuado al arco longitudinal interno?	5
¿La amortiguación y contención en el área del talón es adecuada para absorber impactos y mantener la estabilidad del retropié?	4
¿La plantilla distribuye correctamente la presión en la zona de los metatarsos durante el apoyo y la marcha?	5
¿La plantilla favorece una postura adecuada del pie y contribuye a prevenir patologías como fascitis plantar, metatarsalgia o sobrecarga en zonas específicas?	5
Desde su perspectiva profesional, ¿la plantilla rediseñada cumple con los parámetros mínimos requeridos para un calzado de seguridad desde el enfoque podológico?	5
Interpretación: El rediseño de la plantilla presenta un alto nivel de calidad ergonómica y funcional, cumpliendo con parámetros podológicos esenciales. Se ha logrado una integración equilibrada entre soporte estructural, confort y amortiguación, lo cual contribuye a la prevención de lesiones en trabajadores expuestos a largas jornadas o superficies duras.	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 15.** Resultados Dra. Sara Razines

Parámetros	Puntaje
¿La plantilla se adapta correctamente a la morfología general del pie (arco, talón, antepié y mediopié)?	5
¿La estructura de la plantilla proporciona un soporte adecuado al arco longitudinal interno?	5
¿La amortiguación y contención en el área del talón es adecuada para absorber impactos y mantener la estabilidad del retropié?	4
¿La plantilla distribuye correctamente la presión en la zona de los metatarsos durante el apoyo y la marcha?	5
¿La plantilla favorece una postura adecuada del pie y contribuye a prevenir patologías como fascitis plantar, metatarsalgia o sobrecarga en zonas específicas?	4
Desde su perspectiva profesional, ¿la plantilla rediseñada cumple con los parámetros mínimos requeridos para un calzado de seguridad desde el enfoque podológico?	5
Interpretación: El rediseño de la plantilla demuestra un nivel técnico alto, especialmente en adaptación morfológica, soporte del arco y redistribución de cargas. Se reconoce un enfoque funcional y ergonómico apropiado para calzado de seguridad.	

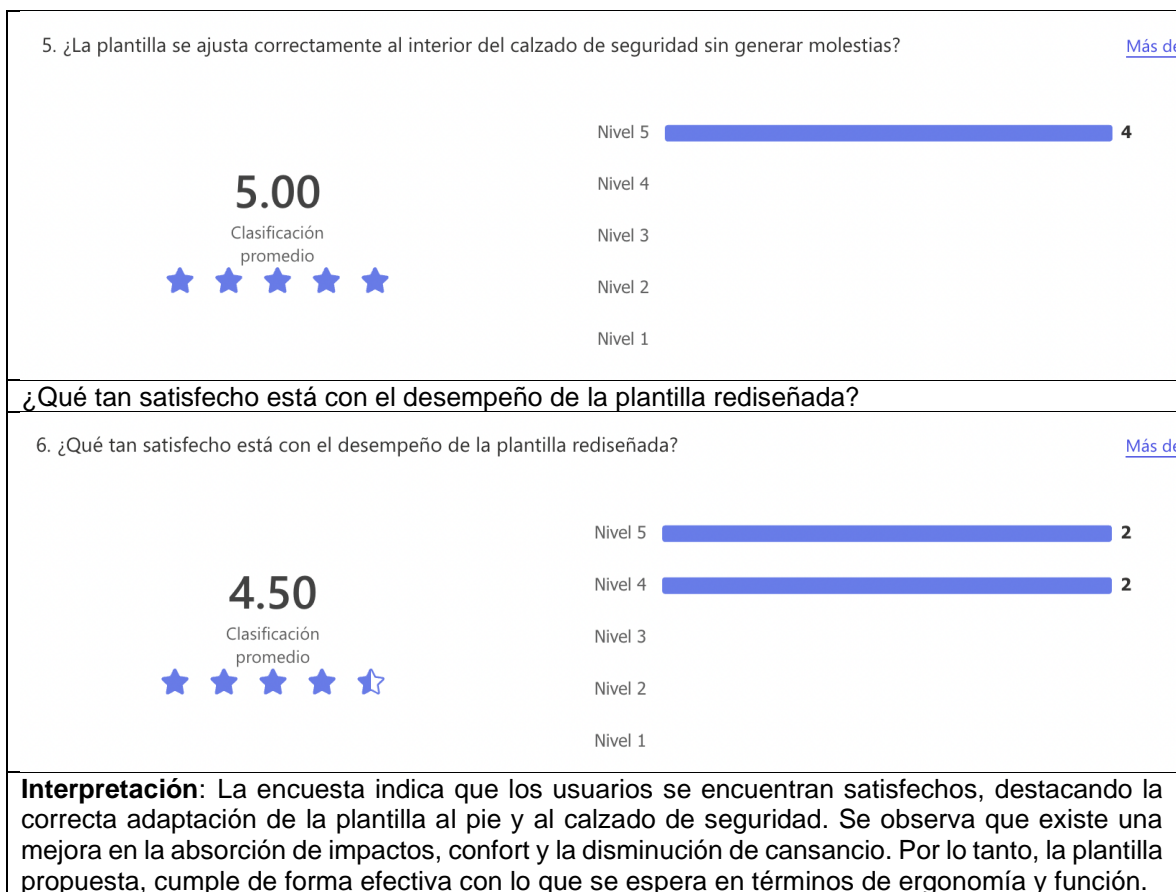
Fuente: elaboración propia

### 3.2. Análisis del usuario (necesidades)

El objetivo de este análisis es entender cómo los individuos perciben la funcionalidad del prototipo reciente; para ello, se consideran las opiniones de quienes emplean el calzado de seguridad cotidianamente en sus trabajos, buscando corroborar si el diseño innovador exhibe mejoras notables frente al modelo anterior, especialmente en aspectos como la adaptabilidad al pie, el confort a lo largo de la jornada laboral y el bienestar general, por lo cual se colaboró con cuatro usuarios que indicaron su percepción con el producto, como se puede observar en el anexo 6.

**Tabla 16.** Resultados de encuesta de satisfacción a usuarios

¿La plantilla se adapta bien a la forma de su pie?	
1. ¿La plantilla se adapta bien a la forma de su pie?	<a href="#">Más de</a>
<p>5.00</p> <p>Clasificación promedio</p>	<p>Nivel 5  4</p> <p>Nivel 4</p> <p>Nivel 3</p> <p>Nivel 2</p> <p>Nivel 1</p>
¿La plantilla ayuda a reducir el impacto al caminar o estar de pie por largo tiempo?	
2. ¿La plantilla ayuda a reducir el impacto al caminar o estar de pie por largo tiempo?	<a href="#">Más de</a>
<p>4.50</p> <p>Clasificación promedio</p>	<p>Nivel 5  2</p> <p>Nivel 4  2</p> <p>Nivel 3</p> <p>Nivel 2</p> <p>Nivel 1</p>
¿La amortiguación y contención en el área del talón es adecuada para absorber impactos y mantener la estabilidad del retropié?	
3. ¿La amortiguación y contención en el área del talón es adecuada para absorber impactos y mantener la estabilidad del retropié?	<a href="#">Más de</a>
<p>4.50</p> <p>Clasificación promedio</p>	<p>Nivel 5  2</p> <p>Nivel 4  2</p> <p>Nivel 3</p> <p>Nivel 2</p> <p>Nivel 1</p>
¿Ha mejorado el cansancio o dolor en sus pies después de usar esta plantilla durante su jornada?	
4. ¿Ha mejorado el cansancio o dolor en sus pies después de usar esta plantilla durante su jornada?	<a href="#">Más de</a>
<p>4.50</p> <p>Clasificación promedio</p>	<p>Nivel 5  2</p> <p>Nivel 4  2</p> <p>Nivel 3</p> <p>Nivel 2</p> <p>Nivel 1</p>
¿La plantilla se ajusta correctamente al interior del calzado de seguridad sin generar molestias?	



Fuente: elaboración propia

### 3.3. Análisis a la empresa MOYOLSA

Se realizó una revisión junto al equipo de MOYOLSA, buscando entender a fondo sus habilidades técnicas, los materiales que usan y cómo hacen las plantillas para calzado de seguridad. Este análisis ayuda a ver si es posible incorporar el nuevo diseño propuesto en su línea de producción.

Se busca descubrir si en un futuro aplicarían los materiales propuestos, qué tipo de tecnología usan, y el tiempo que tomaría en la fabricación. Para esto, se preguntó a dos empleados claves de la empresa con un conocimiento profundo en el desarrollo de los componentes de calzado y sus materiales, a través de esto se junta información útil que ayude a decidir cómo se producirá el nuevo diseño.

### Cuadro 12. Entrevista de Satisfacción

**Entrevistado: Ebanir Da Silva**

**¿Consideraría usar PU para la fabricación de plantillas?**

Usamos esponja, pero nos gustaría empezar a fabricar con poliuretano de baja y media densidad por su capacidad de amortiguación

**¿Considera que la propuesta de la plantilla cumple con diseño anatómico o ergonómico?**

La propuesta que se nos presenta se adapta a la morfología del pie, el cual incorpora curvaturas para el soporte del arco plantar y talón

**¿Cuenta con maquinaria para cortes y modelado por termoformado o inyección?**

Si, contamos con una máquina de inyección directa en PU

**¿Cuál es el tiempo promedio de fabricación por lote (ej. 100 unidades)?**

Por lo general, con una máquina de inyección directa puede ser en un tiempo aproximado de 1 día.

**¿Ofrecería pruebas de durabilidad, confort o ajuste anatómico antes de entregar el producto?**

Si, porque es importante validar la adaptación del pie con la plantilla, antes de una producción en masa.

**Interpretación:** Se pudo analizar que la plantilla propuesta cumple con un diseño anatómico y ergonómico adecuado, al adaptarse a la morfología del pie e incluir soporte para el arco y el talón. Se valora positivamente el uso de PU por su amortiguación y confirma la viabilidad técnica con maquinaria de inyección directa. Además, se resalta la importancia de validar el confort y ajuste antes de producir en masa.

Fuente: elaboración propia

### Cuadro 13. Entrevista de satisfacción

**Entrevistado: Claudio Godoi**

**¿Consideraría usar PU para la fabricación de plantillas?**

Si, debido a que es una excelente opción por su resistencia al desgaste, además y absorción de impactos

**¿Considera que la propuesta de la plantilla cumple con diseño anatómico o ergonómico?**

Desde el punto de vista técnico, si, sin embargo, siempre debe ser validado con los usuarios antes de una producción masiva.

**¿Cuenta con maquinaria para cortes y modelado por termoformado o inyección?**

Si, trabajamos con una máquina de inyección directa de PU que nos permiten desarrollar las plantillas a través de moldes metálicos.

**¿Cuál es el tiempo promedio de fabricación por lote (ej. 100 unidades)?**

Depende del número de estaciones que se vaya a utilizar y del tiempo de curado del PU en el molde, pero el tiempo aproximado puede ser de 1 día laboral.

**¿Ofrecería pruebas de durabilidad, confort o ajuste anatómico antes de entregar el producto?**

Si, antes de empezar con la producción en serie, considero importante someter a diversas pruebas para asegurar el confort y durabilidad de la plantilla.

**Interpretación:** Se considera viable el uso de PU por su resistencia y capacidad de absorción de impactos, y se reconoce que la plantilla cumple con el diseño adecuado desde el enfoque técnico. Sin embargo, esta debe ser validada con usuarios antes de fabricarse en serie. También destaca la importancia de realizar pruebas de confort y durabilidad para garantizar su funcionalidad final.

Fuente: elaboración propia

## Descripción del material - Probeta Digital

Para replicar cómo se comportaría el rediseño en Autodesk Inventor, se creó un material personalizado de Poliuretano (PU). Este material refleja con exactitud las

características físicas y mecánicas del compuesto en cuestión. Esta fase resultó esencial para garantizar que los análisis de tensión, deformación y el coeficiente de seguridad se reflejaran en condiciones de utilización reales. La configuración del material se llevó a cabo introduciendo datos conseguidos a través de hojas de especificaciones técnicas, pruebas físicas preliminares y documentación especializada del material original. Seguidamente, se especifican los parámetros que se introdujeron en el programa:

**Tabla 17.** Parámetros de material PU

PROPIEDAD	VALOR
Comportamiento	Isótropo
Conductividad térmica ( $\lambda$ )	< 0.19
Calor específico (c)	1850 J/(kg·K)
Coefficiente de dilatación térmica	0.19 W/(m·K)
Módulo de Young (E)	50 MPa
Coefficiente de Poisson ( $\nu$ )	0.4
Módulo cortante (G)	17.9 MPa
Densidad ( $\rho$ )	1400 kg/m <sup>3</sup> 0.0506 lb/in <sup>3</sup>
Coefficiente de amortiguamiento ( $\zeta$ )	0.1
Límite de elasticidad ( $\sigma_y$ )	5 MPa
Resistencia máxima a la tracción ( $\sigma_t$ )	30 MPa

Fuente: elaboración propia

### Dimensiones para la probeta digital

**Tabla 18.** Dimensiones de la probeta

DIMENSIÓN	VALOR	JUSTIFICACIÓN
Largo	100 mm	Permite observar distribución de deformación en uso real.

Ancho	30 mm	Dimensión estándar tipo ASTM D638.
Alto	15 mm	Representa el espesor típico de una plantilla o capa de PU comprimible.

Fuente: elaboración propia

Se tomó en consideración estas medidas por los siguientes motivos:

- Espesor de una plantilla: 8–15 mm dependiendo del diseño.
- Ancho y largo suficientes para ver distribución del esfuerzo y deformación sin generar artefactos por condiciones de borde.
- Son proporciones similares a las probetas normalizadas ASTM para poliuretanos y materiales elásticos.

### Cálculo de presiones

Para calcular la presión máxima en MPa que ejerce una persona de 70 kg sobre una plantilla, se necesita usar la fórmula básica de presión:

$$P = \frac{\text{Fuerza (N)}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

El peso en física es una fuerza y se calcula con la siguiente fórmula

$$\text{Fuerza (N)} = \text{masa(kg)} * \text{gravedad}$$

$$F = 70\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 686.7 \text{ N}$$

Para estimar el área de apoyo de una plantilla, se estima el área promedio aproximada de apoyo por pie, tomando en consideración lo siguiente:

$$\text{Área plantilla} = 26\text{cm} * 9\text{cm} = 234 \text{ cm}^2 = 0.0234\text{m}^2$$

$$\text{Área del par de plantilla} = 0.0234\text{m}^2 * 2 = 0.0468\text{m}^2$$

Si se considera el apoyo en un solo pie (por marcha del pie)

$$P = \frac{686.7 \text{ N}}{0.0234 \text{ m}^2} = 29\,346 \text{ Pa} = 0.029 \text{ MPa}$$

La presión máxima aproximada que ejerce una persona de 70 kg en la plantilla es de 0.029 MPa.

Es importante tomar en consideración que impactos dinámicos como el correo o cargar peso, puede multiplicarse por 2 veces.

Además, como se está considerando entornos industriales se tomará en consideración:

- El peso promedio de un usuario = 70 kg
- Cargas máximas que manipulen dentro del entorno = 15kg
- El material está expuesto a esfuerzos repetitivos, compresión y deformaciones.

A continuación, se realizará el cálculo tomando en consideración la carga externa de 15 kg.

$$F = (70\text{kg} + 15\text{kg}) * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 833.85 \text{ N}$$

Presión estática directa sobre un solo pie

$$P = \frac{833.85 \text{ N}}{0.0234 \text{ m}^2} = 35\,634 \text{ Pa} = 0.035 \text{ MPa}$$

Para considerar impactos dinámicos (caminar, correr, levantar cargas) se multiplicará la presión estática por 2 veces.

$$\text{Presión dinámica máxima} = 0.035 * 2 = 0.07 \text{ MPa}$$

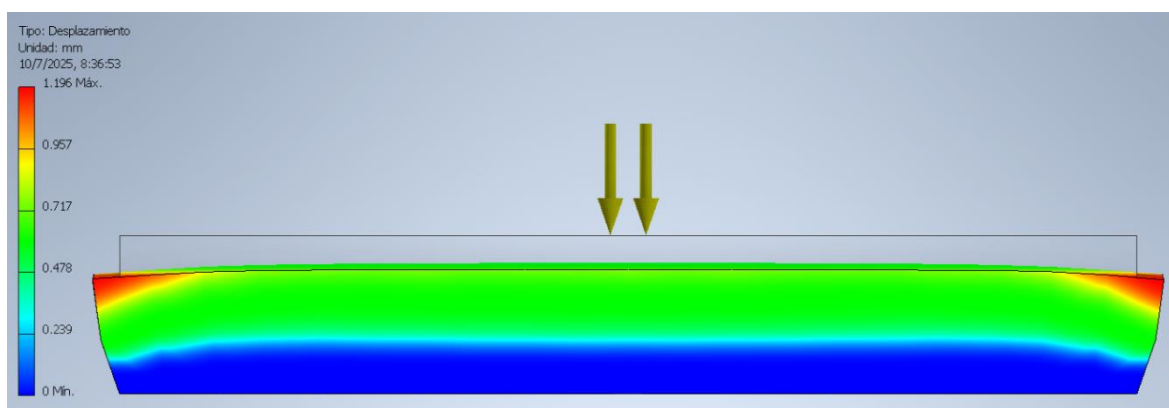
A partir del resultado (0.07 MPa) que se obtuvo con análisis del peso de una persona promedio, se procede a realizar el análisis de esfuerzos con una probeta digital del material.

### 3.4. Análisis de resistencia: Poliuretano (PU)

En esta ocasión, se llevó a cabo un estudio sobre un modelo virtual de poliuretano (PU), que mide 100 mm x 30 mm x 15 mm, expuesto a una presión de 0.07 MPa. Esto reproduce las tensiones habituales en áreas de choque, como el talón y el metatarso. Para comprobar cómo funciona la plantilla propuesta, hecha de poliuretano (PU), se hizo un análisis de tensión con el software Autodesk Inventor. El propósito fue calcular la deformación del material y su coeficiente de seguridad ante las presiones comunes en trabajos pesados.

#### Desplazamiento

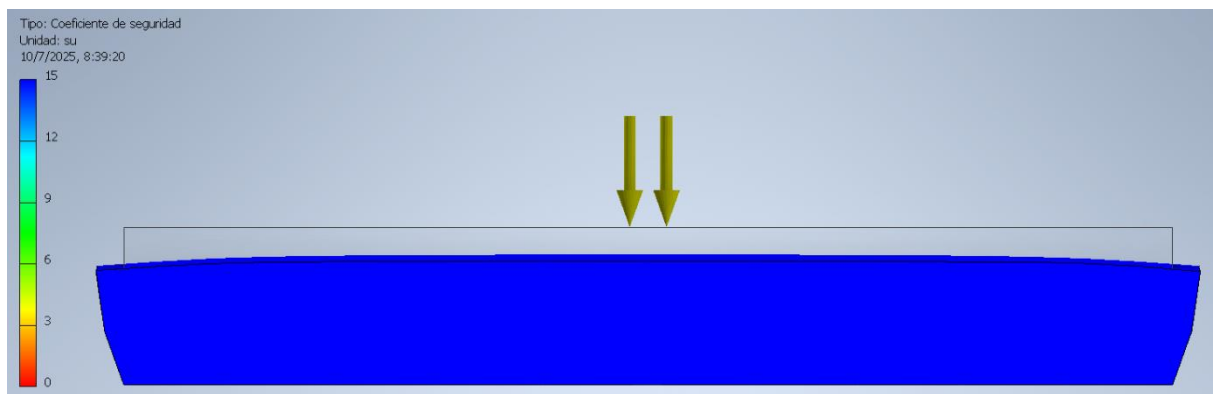
**Figura 17.** Desplazamiento del material PU



Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en la figura (18) los resultados del análisis evidencian un desplazamiento máximo de apenas 1.2 mm, concentrado principalmente en los extremos de la probeta, lo cual indica una mínima deformación del material. Este comportamiento sugiere una adecuada resistencia estructural del PU ante esfuerzos mecánicos moderados, haciéndolo un material apto para aplicaciones en plantillas que requieran amortiguación, estabilidad y durabilidad. A partir de estos resultados, se refuerza la viabilidad del poliuretano como componente funcional clave en el diseño de plantillas de calzado técnico e industrial.

#### Coefficiente de seguridad

**Figura 18.** Coeficiente de seguridad del material Pu

Fuente: elaboración propia

El análisis estructural realizado sobre la probeta de poliuretano (PU) como se analiza en la figura (19) arrojó un coeficiente de seguridad de 15, lo cual representa el valor máximo asignado por el software de simulación. Este resultado implica que el material está trabajando muy por debajo de su límite elástico, con una carga aplicada que representa apenas una fracción mínima de la capacidad real del PU.

En otras palabras, el material podría soportar hasta 15 veces más carga antes de alcanzar una condición de falla. Este alto margen de seguridad es especialmente favorable en el contexto del diseño de plantillas de calzado, asegura que no habrá deformaciones críticas ni compromisos estructurales incluso en condiciones exigentes de uso, como la absorción de impactos o la carga prolongada.

## CONCLUSIONES

- Se definió los componentes ergonómicos claves del pie mediante la revisión de bibliografía, tras examinar documentos especializados, en el cual se entendió las partes del pie, como el arco, el talón y el área metatarsiana las cuales sufren mayor presión en el trabajo diario. Estas áreas no tienen un soporte correcto, es propenso que aparezca fascitis plantar, metatarsalgia o cansancio muscular prolongado. De igual manera, se hizo evidente cómo las posturas repetitivas y el uso de un calzado incorrecto incrementan el peligro de lesiones musculoesqueléticas, y se puede crear una base firme para diseñar plantillas ergonómicas que sirvan para la prevención.
- Se analizó la plantilla P2020 de la empresa MOYOLSA con múltiples deficiencias ergonómicas. El modelo actual no se adapta con la forma del pie, y le carece de apoyo tanto en el arco como en el talón, esto se evidenció a través de una investigación cualitativa. Además, el material, una esponja de apenas 4 mm, tiene poca vida útil, absorción de impactos y confort. Estas limitaciones en el modelo actual son un riesgo para la salud ocupacional, pues podrían causar lesiones por un uso prolongado. A través de este diagnóstico, se observa porque la nueva plantilla será más eficiente, segura y ergonómica.
- Se propuso un rediseño que responde a la necesidad de mejorar las condiciones ergonómicas del calzado industrial, integrando criterios de durabilidad, confort y protección. El rediseño incluye áreas específicas para apoyo al arco del pie, estabilidad en el talón y una adecuada distribución presión en el antepié. Se seleccionó el poliuretano (PU) por su resistencia al desgaste y su capacidad para la absorción de impactos. La propuesta no solo se centra en disminuir la posibilidad de afecciones, sino también mejorar la eficiencia y el confort del trabajador.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las empresas que fabrican los insumos para calzado realicen estudios biomecánicos con regularidad para identificar las áreas de mayor presión y qué tipo de apoyo necesitan los usuarios. Al hacer este estudio, es esencial tener en cuenta la forma del pie y los movimientos constantes que implica cada tarea en el trabajo. Además, es clave educar a los empleados sobre por qué es importante usar zapatos ergonómicos, así como los peligros de una mala postura o de usar plantillas que no son las correctas. Con esta información al diseñar las plantillas hay que enfocarse en dar un buen soporte al arco del pie, amortiguar los golpes en el talón y quitar presión del metatarso.
- Se recomienda en base a la plantilla P2020 realizar estudios de ergonomía y materiales, para la creación de una plantilla que se adapte con la forma natural del pie, que tenga buen soporte en el arco y que sujete el talón para que el pie esté estable. En vez de usar una esponja de 4 mm, se podría usar materiales técnicos como poliuretano, que posee mayor amortiguación, durabilidad y resistencia al desgaste. A su vez sería óptimo probar las plantillas con gente que trabaje en los entornos industriales en un tiempo de prueba mínimo de 3 meses para ver si el comportamiento del pie la adaptabilidad y la resistencia del producto.
- Se recomienda que la plantilla propuesta de poliuretano (PU) con forma anatómica se implemente como estándar dentro del calzado de seguridad para empleados con jornadas largas y trabajos pesados. Esta plantilla debe someterse a una evaluación ergonómica y práctica como mínimo 3 meses en entornos reales y consumidores constantes, para juzgar cómo rinde en cuanto a comodidad, aguante, alivio de dolores, y durabilidad. También es clave añadir a esto un plan de control de la salud con relación a la podología en los empleados, lo que facilitará recoger datos reales para mejoras futuras. Además, la empresa incorporaría en sus normas de fabricación criterios técnicos definidos que den preferencia a materiales de primera como el PU, con garantías acreditadas de amortiguación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abrego Marcelo, Molinos Sergio, & Ruiz Pablo. (2000). *Equipos de protección personal* (Vol. 32).
- Álvarez, F., Jairo, J., Portilla, N., Alejandro, E., Esguerra, V., Vanessa, D., Bonilla, V., Jiménez Hernández, L., & Manuel, J. (2010). *CharaCteristiCs of the footprint in Colombian athletes Entramado 2010; 12: 158-167 FISIOTERAPIA* (Vol. 6, Issue 2).
- Burgos, C., Villacrés, P., Cabrera, M., Salazar, W., Burgos, C., Villacrés, P., Cabrera, M., & Salazar, W. (2022). El calzado de seguridad en el Ecuador, factores que inciden en la calidad del producto y en la productividad de las organizaciones. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, 5(1), 61–82.  
<https://doi.org/10.37135/ns.01.09.05>
- Carballo Huerta, M. A., & González Ramírez, G. A. (2023). El diseño centrado en el usuario: Estrategia para la actualización docente. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 18.
- Chen, H., Sun, D., Fang, Y., Gao, S., Zhang, Q., Bíró, I., Tafferner-Gulyás, V., & Gu, Y. (2024). Effect of orthopedic insoles on lower limb motion kinematics and kinetics in adults with flat foot: a systematic review. In *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* (Vol. 12). Frontiers Media SA.  
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2024.1435554>
- Cortez Christian, Chaglla Walter, Ortega John, & Sevilla Jorge. (2023). Diseño y desarrollo de calzado masculino y su importancia en la seguridad industrial. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 205–213.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i4.660>

- Descripción general completa de ISO 20345.* (n.d.). Safety Jogger. Retrieved July 14, 2025, from [https://www.safetyjogger.com/es/eu/technical/iso\\_20345](https://www.safetyjogger.com/es/eu/technical/iso_20345)
- Fernández, P., & Díaz, P. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *La Coruña, España: Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística-Complejo Hospitalario Universitario Juan Canalejo-Cad.*, 76–78.
- Gadañón Arantza, & Bertrand Diego. (2020). *CAPÍTULO 98 - TALALGIAS Y METATARSALGIAS.*[https://unitia.secot.es/web/manual\\_residente/CAPITULO%2098.pdf](https://unitia.secot.es/web/manual_residente/CAPITULO%2098.pdf)
- García I, & Zambudio R. (2002). *Ortesis, calzado y prótesis. Tratado del pie diabético.* 139–153.
- Gómez, B., & Cobos, P. (2024). *APRENDIENDO SOBRE PATOLOGÍA DEL PIE MANUAL DIDÁCTICO Y AUTOEVALUACIÓN* (Vol. 1).
- Herrera Peñafiel, V. P. (2019). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS “REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA CURTIEMBRE ‘MOYOLSA’ DE LA CIUDAD DE AMBATO.”*  
<https://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13112>
- Hoe Victor, Urquhart Donna, Kelsall Helen, Zamri Eva, & Sim Malcolm. (2018). *Intervenciones ergonómicas para prevenir trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo de la extremidad superior y el cuello entre los trabajadores de oficina.* <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008570.púb3>
- Jara Ramírez, M. A., & Barrada Soto, E. (2024). *Metodología activa design thinking: Cartilla para docentes* (Editorial UNAC).
- Karl B Fields, M. (2024, May 2). *Descripción general de la anatomía y biomecánica del pie y evaluación del dolor del pie en adultos.*

- Luengas, L. A., Díaz, M. F., & González, J. L. (2016). *Determinación de tipo de pie mediante el procesamiento de imágenes*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5762962>
- Mantilla Cifuentes, L. A., & Zurita Pinto, D. A. (2020, January 9). *Estudio de la huella plantar y su relación con la angulación de cadera y rodilla en escolares afroecuatorianos de 7 a 11 años de edad de la unidad educativa Valle del Chota*. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9883>
- McRae, R. (1980). *Examen Ortopédico Clínico* (SALVAT EDITORES S.A, pp. 170–196).
- Muñoz, M. (2023, December 29). *Marcha humana. Ciclo y parámetros de estudio*. <https://revistasanitariadeinvestigacion.com/marcha-humana-ciclo-y-parametros-de-estudio/>
- Ochsmann, E., Noll, U., Ellegast, R., Hermanns, I., & Kraus, T. (2016). Influencia de diferentes zapatos de seguridad en la marcha y la presión plantar: un examen estandarizado de los trabajadores en la industria automotriz. *Journal of Occupational Health*, 58(5), 404–412. <https://doi.org/https://doi.org/10.1539/joh.15-0193-OA>
- Osterloh, J., Knaack, F., Blenke, D., Behrens, M., Kebbach, M., Soodmand, I., Surmann, H., Hentrey, L., & Bader, R. (2025). El efecto de los diferentes materiales de la entresuela en los zapatos de seguridad sobre la comodidad percibida, las actividades musculares y los parámetros biomecánicos durante la caminata: un enfoque de modelado musculoesquelético. *Footwear Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/19424280.2025.2472249>

- Ramírez-Bautista, J. A., Huerta-Ruelas, J. A., Chaparro-Cárdenas, S. L., & Hernández-Zavala, A. (2017). A Review in Detection and Monitoring Gait Disorders Using In-Shoe Plantar Measurement Systems. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 10, 299–309. <https://doi.org/10.1109/RBME.2017.2747402>
- Romero Ante, J. D., Montenegro Bravo, J. S., Rodríguez López, D. A., Vicente Samper, J. M., Rodríguez Martínez, A., & Sabater Navarro, J. M. (2024). *Análisis de presión plantar para el diseño de plantillas personalizadas*. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2024.45.10885>
- Sáenz Zapata, L. M. (2006). Ergonomía y Diseño, Análisis y Aplicación para Calzado Laboral. *ICONOFACTO*, 4, 122–139.
- Sanper. (2022, August 22). *Algunas clasificaciones de las plantillas para el calzado*. <https://spmexico.mx/web/algunas-clasificaciones-de-las-plantillas-para-el-calzado/>
- Seul, A., Mihai, A., Costea, M., Bodoga, A., & Curteza, A. (2023). The Influence of Materials on Footwear Behaviour: A Finite Element Simulation Study. *Materials*, 16(22). <https://doi.org/10.3390/ma16227203>
- Soares, C. O., Pereira, B. F., Gomes, M. V. P., Marcondes, L. P., Gomes, F. de C., & Neto, J. S. de M.-. (2019). Fatores de prevenção de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho: revisão narrativa. *Revista Brasileira de Medicina Do Trabalho*, 17(3), 415–430. <https://doi.org/10.5327/Z1679443520190360>
- Torres Tello, P., & Larreal Bracho, A. J. (2024). Ergonomía y Biomecánica: Fundamentos Teóricos para el Diseño de Puestos de Trabajo Seguros y Saludables. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 13124–13150. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.13591](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13591)

Universidad Tulane. (2023, June 9). *Ergonomía y Seguridad en el Lugar de Trabajo: Consejos, Equipos y Ejemplos*. <https://publichealth.tulane.edu/blog/workplace-ergonomics-safety/>

Viladot Voegeli, A. (2003). Anatomía funcional y biomecánica del tobillo y el pie. *Revista Española de Reumatología*, 30(9), 469–477. <http://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanolareumatologia-29-articulo-anatomia-funcionalbiomecanica-del-tobillo-13055077>

Villagrán, G. E. (2022). *GENERACIÓN DE UN PROTOCOLO DE VALORACIÓN BIOMECÁNICA PARA LA EVALUACIÓN DE APTITUD DE TRABAJADORES EXPUESTOS A MANIPULACIÓN DE CARGAS*”.





## ANEXOS

### Anexo 1.

Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador



<b>REDISEÑO DE PLANTILLA PARA CALZADO DE SEGURIDAD EN LA FABRICA MOYOLSA</b>			
<b>Objetivo:</b> La presente investigación se ha diseñado para recopilar las opiniones de los usuarios que utilizan calzado de seguridad de la empresa MOYOLSA, con el objetivo de mejorar el diseño y desempeño del calzado existente para el sustento del tema de tesis “Rediseño de plantilla de calzado de seguridad para la fábrica MOYOLSA”			
<b>Nombre del investigador</b>	Kimberly Doménica Moyolema Criollo		
<b>Fecha</b>	01 de mayo, 2025		
<b>Pregunta 1: Edad</b>			
25 - 35	35 - 45	45 - 55	+56
<b>Pregunta 2: Sector Laboral</b>			
Construcción	Manufactura	Soldadura	Otro
<b>Pregunta 3: Tiempo de uso del calzado MOYOLSA</b>			
< 6 mese	6 meses – 1 año	> 1 año	
<b>Pregunta 4: ¿Con qué frecuencia usa usted calzado de seguridad MOYOLSA?</b>			
A diario	3 – 4 veces por semana	Ocasionalmente	
<b>Pregunta 5: ¿Por cuántas horas continuas suele usar el calzado durante su jornada laboral?</b>			
Menos de 4 horas	4 a 6 horas	Más de 6 horas	
<b>Pregunta 6: ¿Qué nivel de comodidad le ofrece actualmente la plantilla del calzado MOYOLSA?</b>			
Cómoda	Neutral	Incómoda	
<b>Pregunta 7: ¿Ha sentido dolor o fatiga en los pies después de una jornada laboral usando este calzado?</b>			
Si, frecuentemente	A veces	Raramente	Nunca
<b>Pregunta 8: ¿En qué partes del pie ha sentido mayor molestia?</b>			

<b>Talón</b> 	<b>Arco Plantar</b> 	<b>Metatarso</b> 	<b>Dedos del pie</b> 
<b>Pregunta 9: ¿Qué aspecto considera más deficiente de la plantilla actual? (marque uno)</b>			
<b>Falta de amortiguación</b>	<b>Dureza excesiva</b>	<b>Poca adaptación al pie</b>	
<b>Pregunta 10: ¿Cree que mejorar la plantilla aumentaría la comodidad del calzado?</b>			
<b>De acuerdo</b>	<b>Neutral</b>	<b>En desacuerdo</b>	

Fuente: elaboración propia

## Anexo 2.

Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador



<b>REDISEÑO DE PLANTILLA PARA CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LA FÁBRICA MOYOLSA</b>	
<b>Objetivo:</b> Comprender las necesidades internas y comerciales del producto para identificar las expectativas, observaciones del cliente y proyecciones de mejora, porque se requiere una visión estratégica desde el gerente propietario y el agente de ventas.	
<b>Nombre del investigador</b>	Kimberly Moyolema
<b>Fecha</b>	01 de mayo, 2025
<b>Primera parte: Datos informativos</b>	
<b>Nombre del entrevistado:</b>	
<b>Cargo:</b>	
<b>Edad:</b>	
<b>Segunda parte: Desarrollo</b>	
<b>Pregunta:</b>	¿Considera que la plantilla actual cumple con los estándares ergonómicos del sector industrial?
<b>Pregunta:</b>	¿Ha recibido su equipo comentarios de usuarios o distribuidores sobre incomodidad relacionada con la plantilla?
<b>Pregunta:</b>	¿Cuál considera que es el mayor problema detectado en las plantillas actuales?
<b>Pregunta:</b>	¿Está la empresa dispuesta a evaluar nuevas tecnologías (como impresión 3D) para el desarrollo de plantillas?
<b>Pregunta:</b>	¿Considera que un rediseño de la plantilla aumentar la fidelidad de los clientes actuales?
<b>Pregunta:</b>	¿Qué prioridad le daría al rediseño de la plantilla frente a otros componentes del calzado?

Fuente: elaboración propia

## Anexo 3.

Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador



**Ficha N1**

**Recopilación de datos de la Plantilla Actual de la fábrica MOYOLSA**

**Objetivo:** Analizar las características físicas y funcionales de la plantilla actual para identificar sus limitaciones y oportunidades de mejora, porque proporciona datos objetivos del producto existente

**Responsable:** Kimberly Moyolema

**Fecha:** 01 de mayo, 2025

**Imagen**

**Tipo de plantilla**

**Material principal**

**Recubrimiento superior**

**Color**

**Aplicación**

**Textura superficial**

**Zona de amortiguación**

**Densidad del material**

**Espesor**

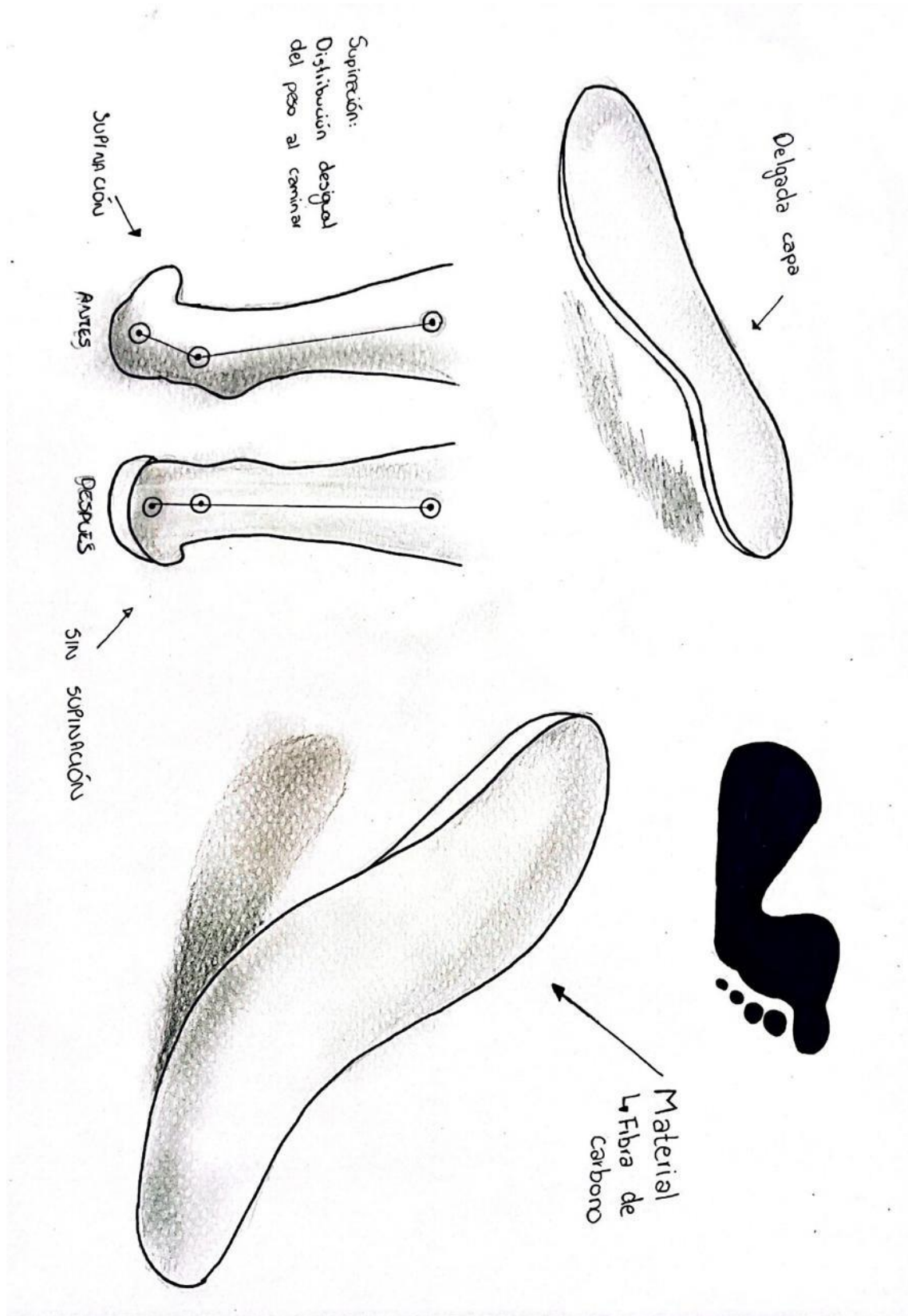
**Características destacadas**

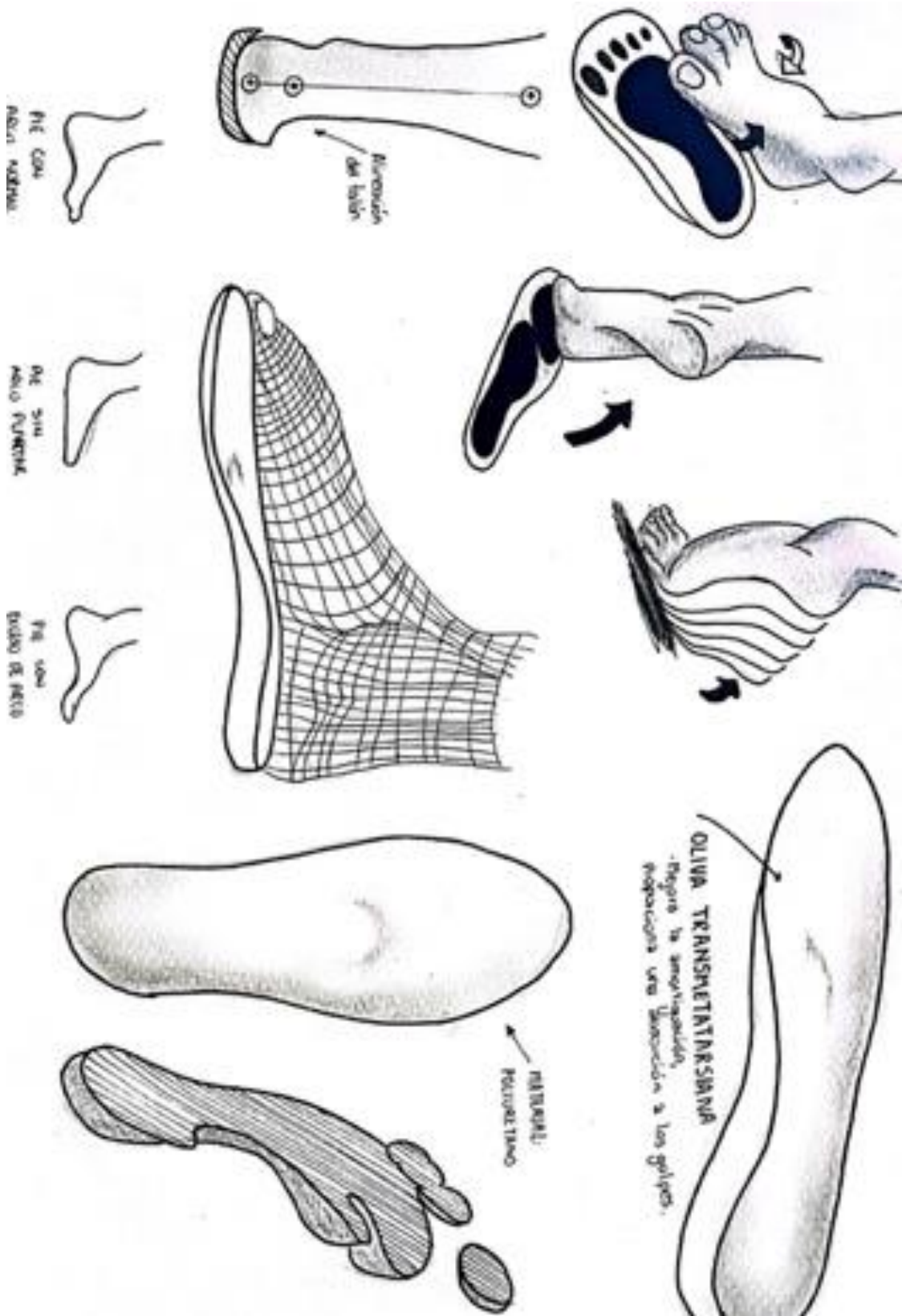
**Limitaciones**

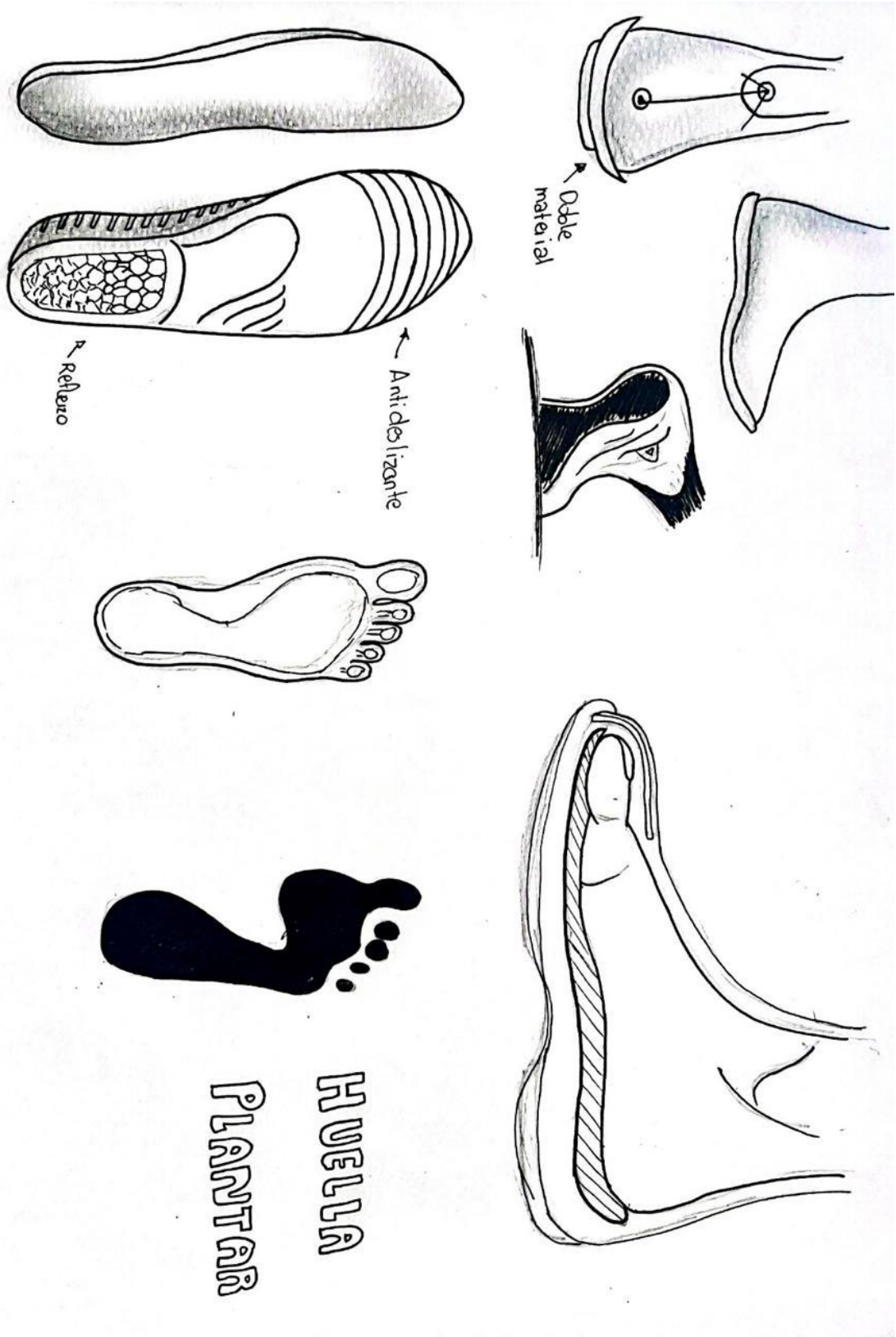
**Análisis:**

Fuente: elaboración propia

Anexo 4.







**Anexo 5.**

Anexo 6.



## Anexo 7.

# FICHA TÉCNICA

## de producto

### PLANTILLA

Plantilla rediseñada para adaptarse a la morfología del pie humano, optimizando el confort y reduciendo la fatiga en jornadas prolongadas de trabajo. Está fabricada en poliuretano (PU) de alta densidad, que proporciona una excelente combinación de amortiguación, retorno de energía y resistencia al desgaste.

#### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tipo de plantilla	Ergonomica
Material principal	Poliuretano (PU) alta densidad
Color	Blanco
Forma	Anatomica, con curvatura para arco plantar, ajuste en talon y metatarso
Transpirabilidad	Alta
Zonas de amortiguacion	Talon y metatarso
Peso	g por plantilla
Propiedades termicas	5 mm de espesor
Funcion principal	Distribucion uniforme del peso, mejora de postura, reduccion de presion en zonas claves del pie
Vida útil	6 - 12 meses







## FICHA TÉCNICA

Rev.0: Junio 2021

### FIBRA DE CARBONO 3K TWILL

#### DESCRIPCIÓN:

Tejido sarga de fibra de carbono 3k para la realización de piezas mediante trabajos de laminado (composites) con resinas de poliéster, epóxicas, etc... Las piezas fabricadas con este tipo de tejido, son famosas por ser sumamente resistentes a la vez que ligeras, lo que convierte al tejido de fibra de carbono en uno de los materiales más usados en la confección de piezas para vehículos automovilísticos de alta competición.

#### CARACTERÍSTICAS:

- Elevada resistencia mecánica..
- Resistencia a las variaciones de temperatura conservando su forma.
- Material de baja densidad y conductividad térmica.
- Material flexible y maleable.
- Buena resistencia química, al fuego y a la corrosión.
- Alta durabilidad.

#### ESPECIFICACIONES/ PROPIEDADES:

FIBRA DE CARBONO 3K, TWILL 200GR			FIBRA DE CARBONO 3K, TWILL 240GR		
Tipo de tejido	Twill / Sarga		Tipo de tejido	Twill / Sarga	
Ancho	1000±10 mm		Ancho	1000±10 mm	
Peso gr/m <sup>2</sup>	200 ±5%		Peso gr/m <sup>2</sup>	240 ±5%	
Densidad	Deformación	5 ±1 ud/cm	Densidad	Deformación	6 ±1 ud/cm
	Trama	5 ±1 ud/cm		Trama	6 ±1 ud/cm
Fuerza de rotura (Mpa)	Deformación	≥3000-3500 (3165)	Fuerza de rotura (Mpa)	Deformación	≥3000-3500 (3189)
	Trama	≥3000-3500 (3133)		Trama	≥3000-3500 (3145)
Grosor (mm)	0.26±0.1		Grosor (mm)	0.28±0.1	

\*Condiciones del Test - Temperatura ambiente: 23° C, Humedad ambiente: 64 %.

#### USOS:

Tejido de fibra de carbono para la fabricación de piezas mediante laminados compuestos.  
Apto para la fabricación de moldes y piezas en la industria automovilística, deportiva, náutica e industrial.  
Compatible con todo tipo de resinas termoestables como epoxi, poliéster, vinilester...  
Tablas de surf, encadenados, motocicletas, automóviles, aeroplanos, hélices eólicas etc...

#### MODO DE EMPLEO:

- Impregnar el tejido de fibra de carbono con resinas epoxídicas, poliéster o vinílicas realizando laminados compuestos.
- Los laminados con resinas epoxídicas pueden llegar a alcanzar un mayor rendimiento estructural.
- Usar técnica de vacío para mejor compactación y mayores prestaciones.



## Producto: XEVA-5LB-35° ROLLO

**Base:** Espuma crosslink en base polietileno de baja densidad y EVA

Propiedad física	Valor	Tolerancia	Unidad	Método
Dureza	35° (26°C)	+/- 5°	Shore C	EVA-IT-LA-14
Densidad	5.0	+/- 1	lb/ft3	ASTM D3575
Tensión	8.29	MIN	kg/cm <sup>2</sup>	ASTM D3575
Desgarre	5.56	MIN	kg/cm	ASTM D3575
Elongación	115	+/-15	%	ASTM D3575
Encogimiento	1.16	MAX	%	ASTM D3575
Set de compresión	10	MAX	%	EVA-IT-LA-07

### Medidas disponibles

	Molde	Textura	Espesor	Unidad	Ancho	Unidad	Largo	Unidad
Opción 1	RMX5-27.5T	Liso	1.5-9	Milímetros	1.45	Metros	1	Metros
<b>Tolerancias de espesor:</b>		La tolerancia en espesor es de +/- 0.3mm a lo largo y +/- 0.1 mm a lo ancho						
<b>Tolerancia de ancho:</b>		La tolerancia en rollo es de +/- 2 cm						

### Atributos visuales

La espuma Crosslinked de Polietileno y EVA es un material reticulado que paso por un proceso intenso de expansión. En el cual es muy común tener algunos defectos en la lámina o rollo, tales como pinhole, burbuja o capote. Sin embargo la lámina o rollo debe de tener un aprovechamiento de al menos un 95%.

**NOTA:** Se recomienda cortar el material a una temperatura entre 20° y 30°