



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Diseño y fabricación de una órtesis antiequina personalizada para la flexión dorsal del tobillo.

MEMORIA PRESENTADA POR:
Ana Vega Calabuig

GRADO DE INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE
PRODUCTO.

Convocatoria de defensa: Septiembre 2020.

RESUMEN

En este proyecto se muestra el proceso de diseño y fabricación de una órtesis antiequina a medida. El usuario sufre síndrome de pie caído, provocado por una enfermedad crónica denominada esclerosis múltiple.

El objetivo principal de su fabricación es cubrir las necesidades del usuario mediante un diseño innovador, económico y funcional, demostrando que un producto tan útil en el campo de la rehabilitación no ha de centrarse exclusivamente en un factor funcional.

Mediante el uso de las nuevas tecnologías, como la impresión 3D, se consigue obtener piezas que con otros procesos de fabricación serían muy complejos y costosos. Este método permite fabricar en materiales muy resistentes e incorporar un valor estético y personal mediante el uso de uno o varios colores, dejando el diseño final a elección del usuario.

Con esto se consigue que el usuario obtenga un producto funcional, además de un diseño único, económico y personalizable, aportando así nuevas soluciones al campo de la ortopedia.

SUMMARY

This project shows the process of designing and manufacturing a custom anti-corner orthosis. The user suffers from foot drop syndrome, caused by a chronic disease called multiple sclerosis.

The main objective of its manufacture is to cover the user's needs through an innovative, economic and functional design, demonstrating that such a useful product in the field of rehabilitation does not have to focus exclusively on one functional factor.

Through the use of new technologies, such as 3D printing, it is possible to obtain parts that with other manufacturing processes would be very complex and expensive. This method allows manufacturing in very resistant materials and incorporating aesthetic and personal value through the use of one or more colors, leaving the final design to the user's choice.

With this, the user is able to obtain a functional product, in addition to a unique, economic and customizable design, thus providing new solutions to the field of orthopedics.

RESUM

En aquest projecte es mostra el procés de disseny i fabricació d'una "órtesi antiequina" a mesura. L'usuari pateix síndrome dempeus caiguda, provocat per una malaltia crònica denominada esclerosi múltiple.

L'objectiu principal de la seua fabricació és cobrir les necessitats de l'usuari mitjançant un disseny innovador, econòmic i funcional, demostrant que un producte tan útil en el camp de la rehabilitació no ha de centrar-se exclusivament en un factor funcional.

Mitjançant l'ús de les noves tecnologies, com la impressió 3D, s'aconsegueix obtenir peces que amb altres processos de fabricació serien molt complexos i costosos. Aquest mètode permet fabricar en materials molt resistents i incorporar un valor estètic i personal mitjançant l'ús d'un o diversos colors, deixant el disseny final a elecció de l'usuari.

Amb això s'aconsegueix que l'usuari obtinga un producte funcional, a més d'un disseny únic, econòmic i personalitzable, aportant així noves solucions al camp de l'ortopèdia.

Palabras clave:

Órtesis.

Termoplástico.

Impresión 3D.

Personalizable.

Económico.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA ÓRTESIS ANTIEQUINA PERSONALIZADA PARA LA FLEXIÓN DORSAL DEL TOBILLO.

Grado de Ingeniería en Diseño
Industrial y Desarrollo de Productos.

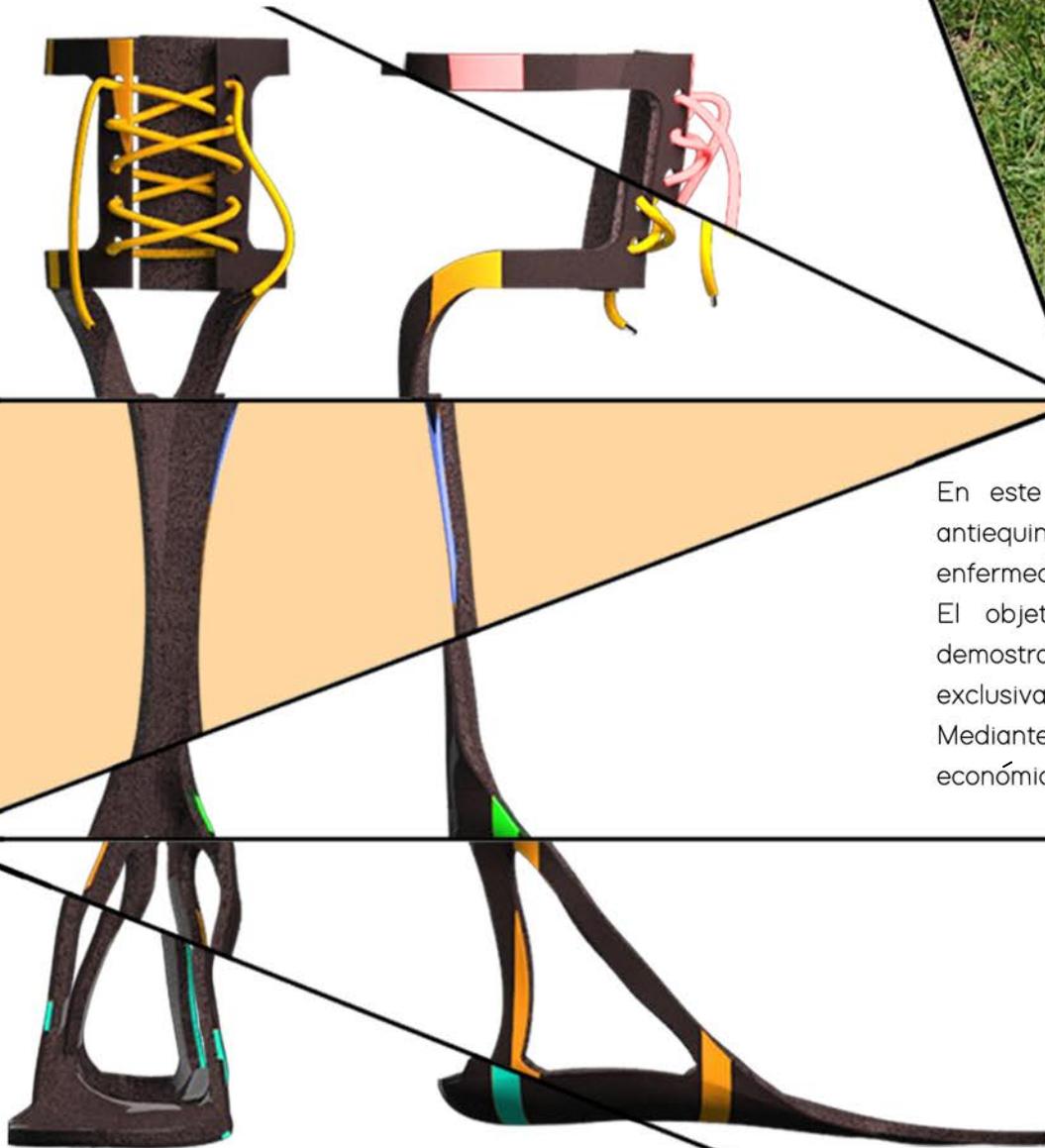
Universitat Politècnica de València,
Escuela Politécnica Superior de Alcoy.

ANA VEGA CALABUIG
Septiembre 2020



DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA ÓRTESIS ANTIEQUINA PERSONALIZADA PARA LA FLEXIÓN DORSAL DEL TOBILLO.

Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y
Desarrollo de Productos.



En este proyecto se muestra el proceso de diseño y fabricación de una órtesis antiequina a medida. El usuario sufre síndrome de pie caído, provocado por una enfermedad crónica denominada esclerosis múltiple.

El objetivo principal de su fabricación es cubrir las necesidades del usuario, demostrando que un producto tan útil en el campo de la rehabilitación no ha de ser exclusivamente funcional.

Mediante el uso de las nuevas tecnologías y materiales se consigue un diseño único, económico y personalizable, aportando así nuevas soluciones al campo de la ortopedia.

ANA VEGA CALABUIG
Septiembre 2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

INDICE

I. MEMORIA	1
1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	2
2. ANTECEDENTES	4
2.1 ANÁLISIS DE LOS USUARIOS	4
2.2 HISTORIA DE LAS ÓRTESIS Y PRÓTESIS.....	5
2.3 ANÁLISIS DE MERCADO.	7
3. ANÁLISIS DE MOTRICIDAD.....	14
3.1 ÁNGULOS.....	14
3.2 FUERZAS	16
4. NORMATIVA.....	22
5. REQUISITOS DE DISEÑO	25
5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS NECESIDADES.....	25
5.2 FUNCIONES DEL PRODUCTO.....	26
5.2.1 FUNCIONES DE USO.	26
5.2.1.1 Funciones principales de uso.....	26
5.2.1.2 Funciones complementarias.....	26
5.2.1.3 Funciones restrictivas.	26
5.2.2 FUNCIONES ESTÉTICAS.....	27
5.2.3 TABLA DE VALORACIÓN.....	28
6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES:	31
6.1 BOCETOS INICIALES.....	31
6.2 MATRIZ DE IMPORTANCIA Y VTP DE LAS PROPUESTAS.	44
6.3 PROPUESTA DE ELECCIONES FINALES.	47
7. RESULTADOS FINALES:.....	50
7.1 ELECCIÓN FINAL, JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN.	50
7.2 VIABILIDAD.....	52
7.2.1 VIABILIDAD TÉCNICA Y FÍSICA.	52
7.2.1.1 Estandarización: medidas y percentiles.	52
7.2.1.2 Estudio de materiales.	56
7.2.1.2.1 Termoplásticos, termoestables y elastómeros.	56
7.2.1.2.2 Materiales termoplásticos.	58
7.2.1.3 Métodos de fabricación.....	63

7.2.1.3.1	Impresión 3D e impresoras 3D.....	63
7.2.1.3.2	Impresoras por disposición de material.	66
7.2.1.3	Recubrimientos interiores.....	70
7.2.1.4	Adhesivos.....	74
7.2.1.5	Cierre y sujeción.....	76
7.2.1.5.1	Investigación de sistemas de cierre y sujeción.....	76
7.2.1.5.2	Aplicación de sistemas de cierre y sujeción.	80
7.2.1.5.3	Elección final y justificación.	87
7.2.1.6	Modelado 3d.....	90
7.2.1.7	Fabricación.....	94
7.2.2	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	101
7.3	ESQUEMA DE DESMONTAJE Y DIAGRAMA SISTÉMICO.....	102
7.4	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	105
7.5	DIMENSIONADO PREVIO.....	111
8.	PERSONALIZACIÓN.....	113
9.	CONCLUSIONES.....	119
9.1	OBJETIVOS CUBIERTOS.....	119
9.2	PROPUESTAS DE MEJORA.....	120
II.	ANEXOS:.....	121
1	PROTOTIPADO.....	122
1.1	ELEMENTOS.....	122
1.1.1	ELEMENTOS COMERCIALES.....	122
1.1.2	ELEMENTOS SEMIELABORADOS.....	124
2	OTROS DOCUMENTOS.....	135
III.	PLANOS.....	144
IV.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	165
V.	ESTADO DE MEDICIONES.....	168
VI.	ÍNDICES:.....	171
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	180

I. MEMORIA

1. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

En este proyecto final de grado se pretende realizar un estudio personalizado a un usuario con síndrome de pie caído, provocado por una enfermedad crónica. El objetivo es diseñar una órtesis¹ operativa que ayude a la flexión dorsal el tobillo.

Se pretende fabricar un producto que aporte nuevas soluciones al campo de la ortopedia mediante los conocimientos adquiridos en los estudios del Grado Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos y la búsqueda de información complementaria, intentando cambiar las posibles connotaciones negativas asociadas a una órtesis¹.

La idea surge por la necesidad de crear un objeto económico y personalizado, que ayude al usuario en sus actividades cotidianas, andar o correr sin tropezarse, y posea al mismo tiempo una estética innovadora a la par que funcional. Se quiere lograr un modelo para usar bajo la ropa y con cualquier tipo de calzado que le proporcione una ayuda externa cómoda y segura de llevar.

Aunque la órtesis¹ se centre en el caso de un usuario en particular, se pretende que en un futuro pueda adaptarse a otros usuarios potenciales, por lo que se tiene en cuenta otros casos que puedan generar pie caído.

Se intenta demostrar que un producto tan útil en el campo de la rehabilitación no ha de ser exclusivamente funcional olvidando la estética, sino que se puede acceder al mismo bajo el prisma de las nuevas investigaciones en materiales, diseños y métodos de fabricación.

DEFINICIONES:

Órtesis¹: Es un apoyo externo aplicado al cuerpo para la ayuda funcional o estructural de un hueso o músculo.

Ataxia²: Falta de coordinación muscular o coordinación de movimientos.

Antiequino³: Apoyo externo del tobillo que según el tipo de antiequino bloquea a 90° o permite cierto movimiento. Ayuda a la flexión dorsal del empeine.

Pie equino⁴: Patología en la cual la flexión plantar del pie es exagerada. La planta del pie mira hacia debajo y hacia detrás.

Técnica Strayer⁵: Técnica para tratar el pie equino a través de un tratamiento quirúrgico, dicho tratamiento consiste en cortar a nivel distal la fascia del gemelo (cortar parte del sistema de tejido conectivo del gemelo) recuperando así la funcionalidad del pie.

Prótesis⁶: Pieza o aparato artificial sustitutivo de un miembro.

Férula⁷: Unión mediante escayola o elementos rígidos para la inmovilización de un miembro para regenerar posibles fracturas.

Termoplástico⁸: Material que mediante la aplicación de calor puede ser maleable y al enfriarse recupera su rigidez.

Hueso astrágalo⁹: También llamado taba y chita, es uno de los huesos que unen la pierna con el pie. Es el hueso que más sobre sale del lateral exterior del tobillo.

Termoestables¹⁰: Material plástico que solo puede ser fundido una vez, no puede ser moldeado por calor.

Elastómeros¹¹: Polímero que presenta características elásticas.

Liner¹²: Cubierta que protege el miembro residual (muñón) del encaje protésico, fabricada de un material flexible y acolchado.

Limoneno¹³: Usado como material disolvente biodegradable para la impresión 3D, de base natural extraída de los cítricos.

Encoder¹⁴: Transductor rotativo que mediante una señal eléctrica sirve para indicar una posición.

2. ANTECEDENTES

2.1 ANÁLISIS DE LOS USUARIOS.

El diseño y fabricación de esta órtesis¹ pretende ayudar a las personas que tienen problemas para realizar una flexión dorsal del tobillo. Este problema se manifiesta en diversos casos, mayoritariamente neuronales, ya sean de causa accidental o de nacimiento.

La órtesis¹ se diseña para un usuario con esclerosis múltiple y ataxia² en la pierna izquierda. La inseguridad en los desplazamientos y la posibilidad de tropezar viene provocada porque el impulso nervioso necesario para elevar el tobillo no siempre llega a esta parte de la extremidad inferior.

El síndrome del pie caído, pie caído bilateral y pie caído unilateral, pueden ser causados por tres factores:

Trastornos musculares o de los nervios: Hay diversos trastornos que generan distrofia muscular; es decir, debilidad muscular progresiva hereditaria, como son la poliomilitis, enfermedad infecciosa que ataca la médula espinal, y la enfermedad de Charcot-Marie-Tooth, trastornos que afectan los nervios periféricos, los nervios que se encuentran fuera del cerebro y la médula espinal.

Lesiones neurológicas: Pueden ser causado por un accidente en el cual el nervio de la pierna que controla los músculos que intervienen para levantar el pie se han comprimido (nervio peroneo). Otra de las causas del pie caído por lesión es el pinzamiento de un nervio en la columna vertebral.

Trastornos cerebrales y de la médula espinal: Se encuentran aquí los trastornos que afectan a la médula espinal o al cerebro como la esclerosis lateral amiotrófica (ELA), enfermedad neuromuscular que genera un desgaste de las neuronas encargadas de activar los músculos implicados en movimientos voluntarios.

El pie caído puede ser también causa de un accidente cerebrovascular.

En este grupo se encuentra también el caso del usuario para el cual se diseñará el antiequino³, la **esclerosis múltiple**, es una enfermedad degenerativa y crónica del sistema nervioso, de origen autoinmune, que afecta al cerebro y la médula espinal. El sistema inmune ataca a la mielina, que es la sustancia que envuelve las fibras nerviosas o neuronas, ésta se deteriora y los impulsos nerviosos se ven entorpecidos, o incluso interrumpidos, lo que provoca que la acción deseada no llegue a realizarse. Sus síntomas son la debilidad muscular localizada, temblores, falta de coordinación, falta de equilibrio, pérdida de visión parcial, visión doble, visión borrosa, balbuceo, fatiga y mareos. Estos síntomas se manifiestan de mayor o menor medida en cada persona, aunque varios de pueden ser generales en todos los afectados como la fatiga, la falta de equilibrio y la debilidad muscular.

Actualmente el pie equino⁴ puede ser tratado por tratamientos ortopédicos, divididos en 4 grupos:

-Órtesis antiequinas³ seriadas.

-Órtesis antiequinas³ a medida.

-Órtesis antiequinas³ metálicos.

-Antiequinos³ por electroestimulación.

Como último recurso se puede recurrir a la cirugía, técnica de Strayer⁵.

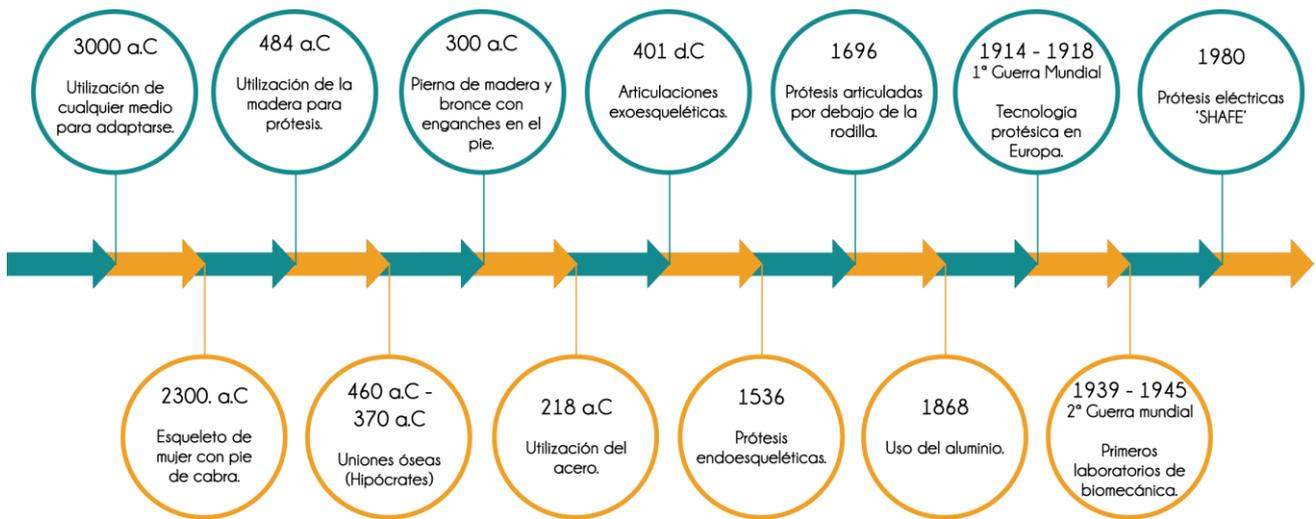
En este proyecto se usará un tratamiento ortopédico, realizando una órtesis antiequina³ a medida.

2.2 HISTORIA DE LAS ÓRTESIS Y PRÓTESIS.

El origen de las órtesis¹ se ha de englobar junto con el de las prótesis ya que a lo largo de la historia se han tratado conjuntamente.

El diseño y utilización de las órtesis¹ y prótesis⁶ ha ido creciendo y adaptándose a las tecnologías de cada época, utilizando los materiales propios del momento y siendo cada vez más complejas.

Su inicio se remonta al año 3000 a.C. donde ya se utilizaron instrumentos como maderas y troncos para facilitar sus actividades.



1. LÍNEA DEL TIEMPO DE LAS ÓRTESIS Y PRÓTESIS.

Según avanzaba la historia, el uso de herramientas y materiales las órtesis¹ y prótesis⁶ cambiaba hacia aspectos más realistas y cada vez más funcionales.

Los egipcios se consideran los iniciadores en cuanto al uso de las prótesis⁶; para ellos suponía una forma de sentirse completos antes de entrar en el mundo de los no vivos.

Las ideas y diseños de Hipócrates, padre de la medicina, supusieron un avance en el campo de las órtesis¹ al utilizar maderas a modo de férulas⁷, las cuales iban sujetadas al miembro dañado para generar uniones óseas.

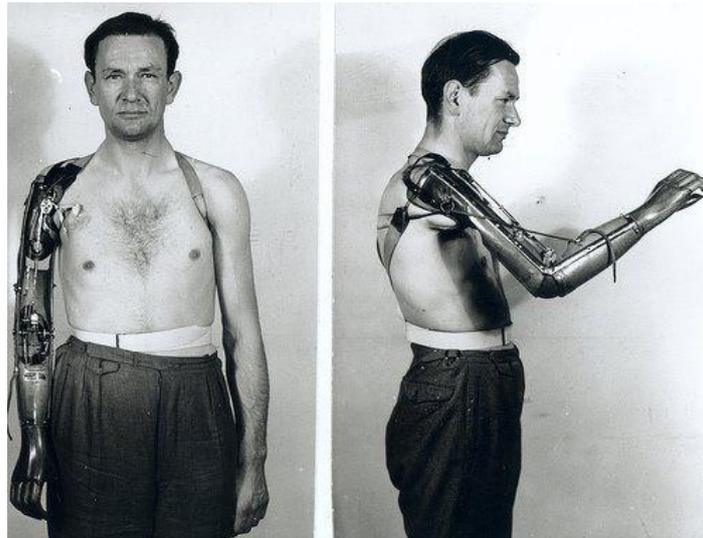


2. PRIMERA PRÓTESIS ENCONTRADA.

Con la utilización del acero se generaron prótesis⁶ y órtesis¹ que se utilizaban para no mostrar signos de debilidad en las batallas. Dichas prótesis⁶ eran realizadas por herreros y artesanos relojeros; las cuales han ido avanzando hasta generar prótesis articuladas.

Debido al gran peso que suponían las prótesis⁶ de acero se introdujo el uso del aluminio para hacerlas más livianas y llevaderas.

Las guerras supusieron un avance tecnológico en todos los campos, incluidos el campo de las prótesis⁶ y órtesis¹, con dicho avance llegó la tecnología protésica a Europa. Después de la 1ª Guerra Mundial se crea la Asociación Americana de Prótesis y Órtesis.



3. PRÓTESIS MECÁNICA 1ª GUERRA MUNDIAL.

Con la finalización de la 2ª Guerra Mundial se crearon los primeros laboratorios de biomecánica y se incorporó la tecnología en los aparatos protésicos, lo cual generó grandes avances en el campo de la ortopedia.

En los años ochenta se fabricó la primera pierna con componente eléctrico, "SHAFE", que mediante la medición de impulsos nerviosos el pie podía realizar un movimiento.

En la actualidad se encuentran numerosos modelos de prótesis⁶ y órtesis¹ cada vez más tecnológicos y adaptados a cada usuario.

2.3 ANÁLISIS DE MERCADO.

Se encuentran diferentes tipos de órtesis antiequinas³, tanto seriadas como a medida. Dichas órtesis¹ se diseñan y fabrican pensando en su futura aplicación, ya que no todos los usuarios tienen el mismo grado de equinismo⁴ ni las mismas necesidades que otros usuarios con este mismo problema.

Se pueden encontrar órtesis¹ para el bloqueo total del pie, que permita cierto grado de libertad y para realizar actividades físicas medias – altas.

Dichas categorías no solo vendrán dadas por la forma, el diseño y la capacidad de realizar actividades físicas, sino también por los diferentes materiales utilizados.

A la hora de estudiar los modelos que se encuentran en el mercado se observan dichos tres conceptos:

- Versatilidad de uso.
- Diseño y forma.
- Materiales.

A parte de otros factores como la innovación, su aplicación y uso, y las posibles observaciones que se puedan dar del producto y que los usuarios puedan tener.

TABLA 1. ESTUDIO ÓRTESIS "BOXIA PLUS".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino en tejido y elástico.		
Fabricante: Orliman	Observaciones: Es un antiequino ³ que funciona para casos leves de pie equino ⁴ , bloquea el pie en un ángulo de 90° lo que permite la marcha, pero no una actividad física intensa. Resalta la comodidad del enganche, lo que permite que en la postura de reposo se pueda desenganchar para el descanso del pie sin tener que extraer ninguna parte del antiequino ³ . Aunque, como se observa en la imagen, no se puede utilizar con cualquier calzado ni pantalones.	 <p>4. ORTESIS ANTIEQUINA "BOXIA PLUS".</p>
Nombre: Ortesis antiequino "Boxia Plus"		
Materiales: La abrazadera de tobillo está fabricada en velcro de microgancho tipo velour, el elástico en goma elástica trenzada con velcro de microgancho y enganches de aluminio.		
Precio: 90€ IVA incluido.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> No

TABLA 2. ESTUDIO ÓRTESIS "NEURODYN CONFORT".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino en tejido y elástico.		
Punto de venta: Saniprix.	Observaciones: Resalta la calidad de esta órtesis ¹ al poderse ajustar el ángulo deseado con la tensión de las tiras. No obstante, puede resultar incómoda ya que la plantilla no sería necesaria en su totalidad; además, no sería válida para todos los tipos de calzado ni pantalones.	 <p>5. ÓRTESIS ANTIEQUINO "NEURODYN CONFORT"</p>
Nombre: Órtesis antiequino "Neurodyn Comfort".		
Materiales: Plantilla de termoplástico ⁸ y tiras semiplásticas.		
Precio: 90€ IVA incluido.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> No

TABLA 3. ESTUDIO ÓRTESIS "PHILIPP".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino en tejido y elástico.		
Punto de venta: Atemprana.	Observaciones: Este antiequino ³ se utiliza para casos leves de pie equino ⁴ o cuando otro antiequino ³ ha producido una úlcera. Al ser un calcetín con cintas de caucho no diferencia el pie derecho del izquierdo y no puede usarse para casos con un alto grado de pie equino ⁴ .	 <p>6. ORTESIS ANTIEQUINA "PHILIPS"</p>
Nombre: Ortesis antiequina "Philips".		
Materiales: Material elástico con cruzado anterior de caucho.		
Precio: 189,52€ IVA incluido.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> No

TABLA 4. ESTUDIO ÓRTESIS "PUSH ORTHO AFO".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino en tejido y elástico.		
Fabricante: Push Braces.	Observaciones: Funciona por un sistema de gomas y velcro que se engancha a un calcetín con mayor o menos tensión dependiendo del grado de corrección que se desee. Este sistema es cómodo de usar, pero la sujeción puede desgastarse tras un uso prolongado. La plantilla es textil y consta de sus propias sujeciones, lo que permite el funcionamiento sin depender del calzado. Óptimo para casos leves de pie equino ⁴ .	 <p>7. ÓRTESIS "PUSH ORTHO AFO".</p>
Nombre: Órtesis tobillo-pie Push ortho AFO.		
Materiales: Estructura de fibra de vidrio y tensores elásticos.		
Precio: No precisa		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> Si

TABLA 5. ESTUDIO ÓRTESIS "AFO SERVO".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de termoplástico y textil.		
Punto de venta: Ortopedia en casa.	Observaciones: Ideal para casos de pie equino ⁴ leve. El sistema de cierre permite que el usuario controle la presión que hace la órtesis, pudiendo ajustarse al nivel de pie equino. Permite poder ser calzado, pero para un calzado ancho que permita que la estructura y el acolchado entre sin dificultad. Al ser de tobillo no permite que el usuario pueda utilizarlo en actividades de alto rendimiento.	 <p>8. ÓRTESIS ANTIEQUINO "AFO SERVO".</p>
Nombre: Órtesis Antiequino AFO SERVO.		
Materiales: Estructura de polietileno flexible y acolchado con cierre de tensión dial.		
Precio: No precisa.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> No	<u>Innovador:</u> No

TABLA 6. ESTUDIO ÓRTESIS "ORLIMAN TP-2102D".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de termoplástico.		
Fabricante: Orliman.	Observaciones: En el talón hay una abertura que permite una pequeña flexión dorsal del pie, aunque esté pensado para un bloqueo del 90°. La plantilla termina en forma recta y debería estar curvada para una mejor adaptación del pie. Al material parece faltarle consistencia.	 <p>9. ORTESIS TERMOPLÁSTICA "ORLIMAN TP-2102D"</p>
Nombre: Ortesis termoplástica "Orliman TP-2102D"		
Materiales: Polipropileno de alta densidad.		
Precio: 95€ + IVA		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> No

TABLA 7. ESTUDIO ÓRTESIS "AFO110 ORTEC".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de termoplástico.		
Fabricante: Emo es	Observaciones: La órtesis ¹ está fabricada para mantener una postura de 90° y cuenta con un agujero en el talón que permite al usuario cierta libertad de movimiento. En relación con el modelo anterior, esta órtesis ¹ posee cintas elásticas que le proporcionan una mayor resistencia y ligereza.	 <p>10. ÓRTESIS ANTIEQUINO "AFO110 ORTEC".</p>
Nombre: Órtesis antiequino "AFO110 Ortec".		
Materiales: Polipropileno modelado y elásticos.		
Precio: 97€ + IVA.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> No

TABLA 8. ESTUDIO ÓRTESIS "DYNAMIC BRACING".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de fibra de carbono.		
Punto de venta: Cornestone.	Observaciones: Los usuarios destacan que ayuda a reducir el dolor y mejorar el equilibrio, lo que permite mayor posibilidad de realizar actividades físicas más exigentes. Se adapta a la pierna liberando parte del peso que recibe el tobillo, lo cual hace disminuir la presión en la zona y que no se incrementen las molestias. Aunque bloquea el pie a un ángulo de 90°, permite cierta flexión y amortiguación en la parte del tobillo al tener una parte metálica.	 <p>11. ORTESIS ANTIEQUINO "DYNAMIC BRACING".</p>
Nombre: Ortesis antiequino "Dynamic Bracing"		
Materiales: Fibra de carbono y componente metálico.		
Precio: 7210,80 € (\$8000)		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> Si	<u>Fácil aplicación y uso:</u> No	<u>Innovador:</u> Si

TABLA 9. ESTUDIO ÓRTESIS "DYNAMIC WALK".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de fibra de carbono.		
Fabricante: Emo es	Observaciones: Este antiequino ³ tolera una correcta colocación del pie; sin embargo, la planta resulta algo incómoda debido a la rigidez del material utilizado. Los usuarios con alto grado de pie caído bilateral o pie caído unilateral pueden sentirse inestables al no tener refuerzo lateral.	 <p>12. ANTIEQUINO ACTIVO "DYNAMIC WALK".</p>
Nombre: Antiequino activo "Dynamic Walk".		
Materiales: Carbono termo conformable.		
Precio: 495€ + IVA.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> Si	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> Si

TABLA 10. ESTUDIO ÓRTESIS "MATRIX MAX".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de fibra de carbono.		
Fabricante: Trulife	Observaciones: Esta plantilla puede adaptarse a un amplio número de usuarios debido a su mecanismo de altura regulable; además ofrece gran resistencia en la fase de apoyo y mayor impulso en la de despegue. Puede resultar incómoda tras un uso prolongado al estar fabricada en fibra de carbono sin recubrimiento.	 <p>13. ANTIEQUINO "MATRIX MAX".</p>
Nombre: Antiequino "Matrix Max".		
Materiales: Composite de carbono impregnado. Valvas en polietileno de alta densidad negro.		
Precio: 399€ + IVA.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> Si	<u>Fácil aplicación y uso:</u> Si	<u>Innovador:</u> Si

TABLA 11. ESTUDIO ÓRTESIS "SAEBO STEP".

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino de sistema de cierre de cuerdas.		
Fabricante: Saebo Inc.	Observaciones: Este sistema es muy cómodo ya que la tensión puede regularse según el grado de pie equino ⁴ que tenga el usuario. Para su funcionamiento necesita unas zapatillas con cordones, lo que limita el calzado que el usuario puede utilizar. El sistema es externo, lo que impide que la órtesis ¹ pueda ser llevada bajo la ropa.	 <p>14. ANTIEQUINO "SAEBO STEP".</p>
Nombre: Antiequino "Saebo Step".		
Materiales: Cable, sistema de cierre BOA de plástico y adaptador textil para el ajuste a la pierna.		
Precio: No precisa.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> No	<u>Innovador:</u> Si

TABLA 12. ESTUDIO ÓRTESIS MARCHA CORTA TIPO KLEENSACK.

Tipo de órtesis antiequina³: Antiequino metálico.		
Punto de venta: Ortopedia mostkoff.	Observaciones: Es una órtesis ¹ pensada para la corta marcha. Asegura el pie ya que la sujeción la realiza un zapato ortopédico a la cual se adapta. Consta de una sujeción por correa, dicha sujeción asegura la pierna impidiendo que la órtesis pueda fallar, alinea y da soporte al pie. La estructura metálica impide la versatilidad en su uso además de que impide que la órtesis pueda ocultarse con facilidad bajo la ropa. Depende de un calzado concreto para su utilización.	 <p>15. ÓRTESIS DE MARCHA CORTA TIPO KLEENSACK.</p>
Nombre: Órtesis de marcha corta tipo Kleensack.		
Materiales: Varillas de duraluminio de alta resistencia.		
Precio: No precisa.		
Necesidades:		
<u>Versátil:</u> No	<u>Fácil aplicación y uso:</u> No	<u>Innovador:</u> No

Mediante los comentarios que los usuarios han ido dejando en las webs se pueden concretar diferentes características que se tendrán en cuenta a la hora de diseñar la órtesis¹.

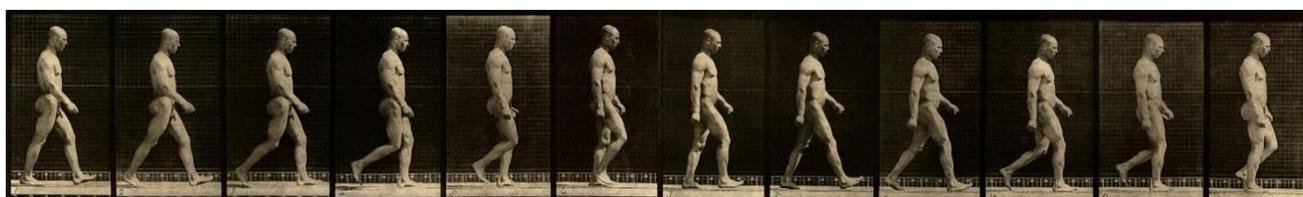
Los usuarios agradecen la capacidad de poner el pie en reposo sin necesidad de extraer ninguna parte de la órtesis¹, además de utilizar un material confortable en la parte de la planta y añadir un posible agarre lateral del pie para evitar inestabilidad dentro del zapato, destacando también que el antiequino³ pueda utilizarse con diferentes calzados y sea apto para una actividad física alta.

3. ANÁLISIS DE MOTRICIDAD.

A la hora de realizar el diseño de un antiequino³ se plantea estudiar con anterioridad el movimiento generado al andar. La estructura debe permitir una marcha cómoda atendiendo al movimiento natural del cuerpo, teniendo en cuenta los ángulos generados y las fuerzas involucradas.

3.1 ÁNGULOS

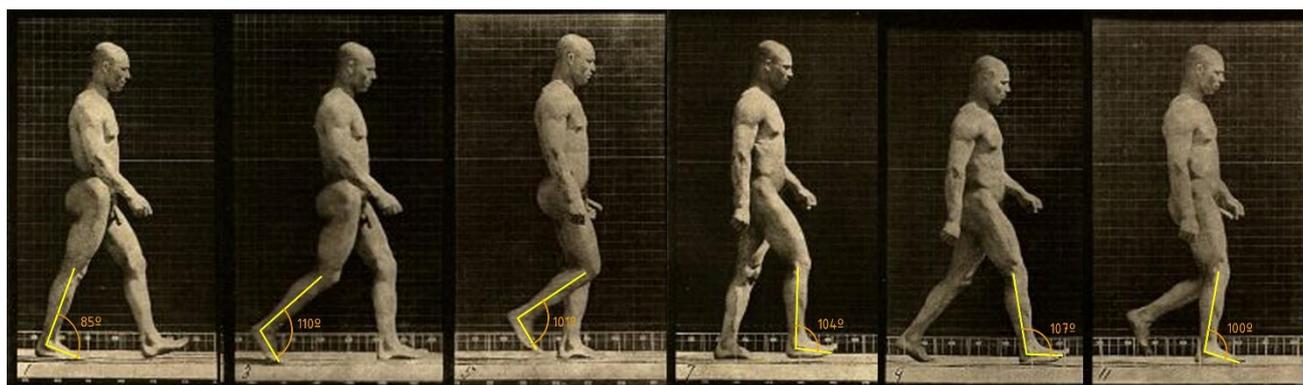
Para poder hacer una órtesis¹ de tobillo se deben analizar los ángulos generados al andar. Una vez realizado dicho estudio se averiguará si el antiequino³ puede estar fijo en una posición de 90° o es necesario permitir cierta flexión. Para ello se utilizará el estudio fotográfico de Thomas Eakins.



16. ANÁLISIS DE LA LOCOMOCIÓN DEL CUERPO HUMANO DE THOMAS EAKINS.

Visualizando la imagen 16 se puede concluir con que el ángulo del tobillo no es fijo, sino que crea diferentes ángulos en las posturas involucradas.

Mediante la medición de los ángulos se puede obtener una aproximación de los ángulo máximos y mínimos.

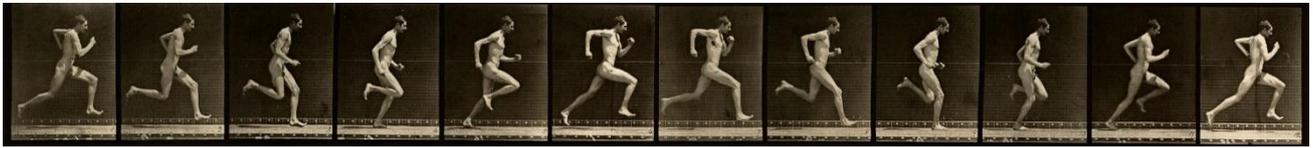


17. MEDICIÓN APROXIMADA DE LOS ÁNGULOS QUE SE GENERAN AL ANDAR.

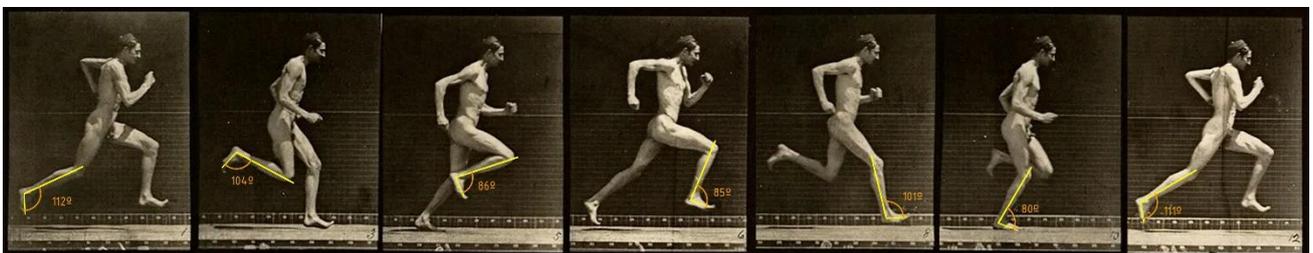
Tras la medición se concluye que los ángulos generados oscilan aproximadamente entre los 80° y 110°, por lo que la estructura y el material del cual estará realizado debe permitir generar dichos ángulos sin que se deteriore el material ni produzca molestias al usuario.

Se plantea que la órtesis¹ pueda ser utilizada para facilitar la realización de una actividad física media-alta, por lo que se deberá tener en cuenta los ángulos generados como correr.

Para poder realizar las siguientes mediciones se utilizará de nuevo el estudio de movimiento de Thomas Eakins, midiendo los ángulos producidos al correr.



18. ANÁLISIS DE LA LOCOMOCIÓN DEL CUERPO HUMANO DE THOMAS EAKINS.



19. MEDICIÓN APROXIMADA DE LOS ÁNGULOS QUE SE GENERAN AL CORRER.

Analizando los ángulos al correr se puede ver que oscilan entre 80° y 113° , bastante similares a los ángulos que se generan al andar. Por lo cual se puede buscar un material que tenga ese nivel de flexión, y adaptarlo para una actividad física media-alta sin necesidad de cambiar de antiequino³.

3.2 FUERZAS

Para poder determinar las fuerzas máximas y mínimas que debe aguantar la órtesis¹ se debe tener en cuenta el peso del usuario y demás fuerzas involucradas.

Según la normativa mencionada en el apartado 4, no hay un peso máximo ni mínimo que una órtesis¹ deba soportar, pero se deberá tener en cuenta, a parte del peso del propio usuario, cualquier altercación o fuerza externa que afecte a la órtesis¹.

Para poder realizar una simulación de las fuerzas involucradas en la acción de andar del usuario se han de calcular una serie de factores por medio de fórmulas, ya que no sólo se ha de tener en cuenta el peso del usuario, sino la fuerza de avance y la fuerza de levantamiento del pie del suelo.

Dichas fuerzas resultantes son aproximadas ya que son obtenidas por medias y pesos aproximados.

Se parte de que el usuario tiene un peso de 75 kg, por lo que la fuerza de empuje hacia el suelo será de unos **735,75 N**, es decir, el peso por la gravedad.

FUERZA POR PESO: $F = 735,75 \text{ N}$

Para poder sacar la fuerza de avance se utilizará dicha fórmula:

$$F(N) = a \cdot m$$

Donde:

F= Fuerza resultante

a = aceleración

m = masa

Como dichos valores no se tienen, se han de sacar por medio de dos fórmulas:

$$a = (v_f - v_o) / t$$

$$m = p / g$$

Donde:

a = aceleración

m = masa

v_f = velocidad final

p = peso

v_o = velocidad inicial

g = gravedad

t = tiempo

Para poder calcular dichas fórmulas se han de tomar medidas generales, como son la velocidad y el tiempo.

Para ello se ha buscado información y se toma de partida que la velocidad a la que una persona adulta anda es a 5,3 km/h lo que pasado a m/s equivale a 1,47222 m/s, es decir $v_f = 1,47222 \text{ m/s}$, ya que se parte de velocidad 0, la $v_o = 0 \text{ m/s}$.

Para poder determinar el tiempo se ha hecho una serie de mediciones desde que el pie está en reposo hasta el momento antes de levantar el talón del suelo, posteriormente se realiza una media y se tomará como factor tiempo el resultado de dicha media.

Medición en segundos:

1. 0,56"

2. 0,54"

3. 0,56"

4. 0,54"

5. 0,64"

Media: $t = 0,578''$

6. 0,59"

7. 0,62"

8. 0,58"

9. 0,57"

10. 0,58"

Por lo que la aceleración será de: $a = (1,4722 - 0) / 0,578; \quad a = 2,547 \text{ m/s}^2$

Para calcular la masa se ha de tener en cuenta, pero no el peso del usuario, sino el peso del cuerpo que lo mueve, es decir, la pierna hasta la rodilla, la cual supone el 5,9% del peso del usuario (75 kg). Es decir, 4,42 kg.

La masa involucrada en la fuerza es de: $m = (4,42 / 9,81); \quad m = 0,4505 \text{ kg}$

Por lo que la fuerza de avance será:

$$F(N) = m \cdot a$$

$$F(N) = 0,4505 \cdot 2,547;$$

$$F(N) = 1,148 \text{ N}$$

FUERZA DE AVANCE: F = 1,148 N

En la simulación de las fuerzas a las que está sometida la órtesis¹ se ha de tener en cuenta una tercera fuerza, y es la que realiza el usuario desde que levanta el talón del suelo hasta el instante antes de que el pie quede en el aire. Se analizará dicho momento, para ello se usará la misma fórmula de fuerza que el paso anterior, pero teniendo en cuenta que la aceleración es diferente ya que se encuentra en otro punto del recorrido, dicha fuerza se interpretará como una fuerza de empuje oblicua, por lo que la fuerza resultante deberá ser repartida entre los ejes Z e Y.

Para poder sacar esta nueva aceleración se utilizará una nueva fórmula en la que el factor desplazamiento se tendrá en cuenta:

$$F(N) = m \cdot a$$

$$x = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$m = p / g$$

Donde:

F = fuerza resultante

x = distancia recorrida

p = peso

m = masa

v_0 = Velocidad inicial

g = gravedad

a = aceleración

t = tiempo

Para poder sacar la aceleración se deberá realizar una nueva medición del tiempo, desde que el pie está en reposo hasta el momento de antes de levantar el pie por completo.

1. 0,86"

2. 0,79"

3. 0,73"

4. 0,78"

5. 0,71"

6. 0,76"

7. 0,81"

8. 0,74"

Media: **t = 0,76"**

9. 0,78"

10. 0,74"

11. 0,78"

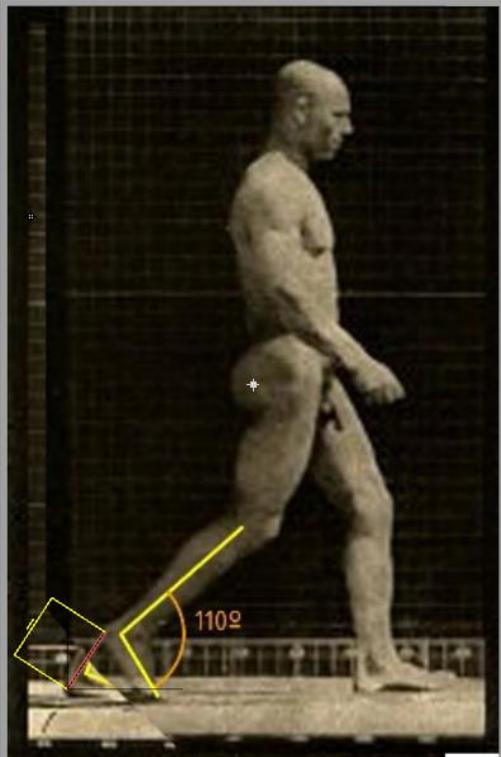
12. 0,74"

13. 0,88"

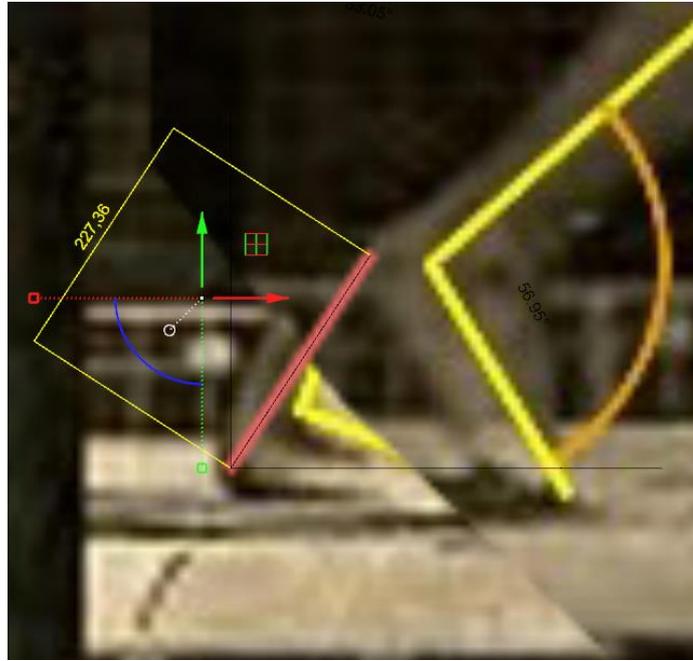
14. 0,75"

15. 0,69"

El factor x será el recorrido que hace el pie de posición 0 a posición final, para ello se usará el estudio de Thomas Eakins del hombre andando, escalando el personaje a las medidas del usuario y superponiendo una imagen con otra y midiendo la distancia desde el mismo punto.



20. SUPERPOSICIÓN DE LA IMÁGENES PARA VER LA DISTANCIA RECORRIDA.



21. MEDICIÓN DE LA DISTANCIA RECORRIDA.

Tomando la medida $x = 227,36$ mm, pasado a metros $x = 0,227$ m.

Sustituyendo los valores en la fórmula y teniendo en cuenta que la $V_0 = 0$, se hallará la aceleración:

$$x = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2; \quad 0,227 = \frac{1}{2} \cdot a \cdot 0,762; \quad a = 0,78 \text{ m/s}^2$$

Para poder sacar la masa se tiene en cuenta el peso y la gravedad, pero en este caso, el peso sería de una pierna completa ya que el empuje realizado sería el de levantar la pierna.

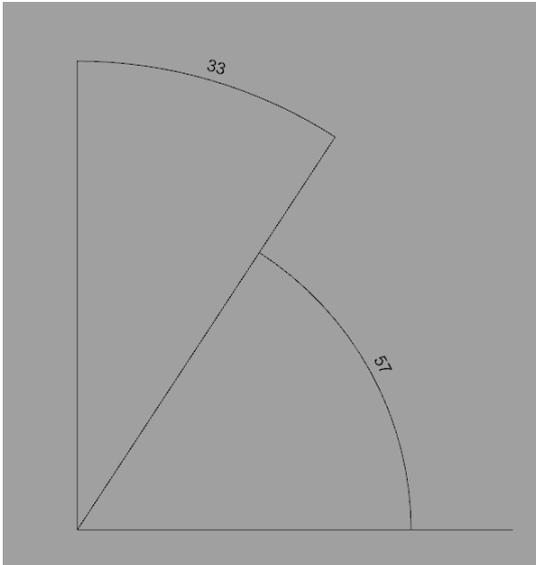
En este caso una pierna completa supone el 16% del peso (75kg), es decir 12 kg.

$$m = 12 / 9,81; \quad m = 1,223 \text{ kg}$$

Sustituyendo los valores en la fórmula de la fuerza sería una fuerza de:

$$F(N) = 1,223 \cdot 0,78; \quad \mathbf{F = 0,95 N}$$

Dicha fuerza es oblicua, por lo que se ha de repartir entre los dos ejes, para ello se debe medir el ángulo que forman.



Midiendo en el archivo a escala real los ángulos formados son de 33° y 57°.

Para repartir la fuerza se utilizará la trigonometría.

$$F_y = 0,95 \cdot \sin(57^\circ) = 0,796 \text{ N}$$

$$F_z = 0,95 \cdot \sin(33^\circ) = 0,517 \text{ N}$$

22. MEDICIÓN DE LOS ÁNGULOS IMPLICADOS EN LAS FUERZAS.

FUERZA DE EMPUJE:

$$\mathbf{F_y = 0,796 N}$$

$$\mathbf{F_z = 0,517 N}$$

Mediante estas tres fuerzas se podrá simular aproximadamente las fuerzas ejercidas por el usuario.

- Fuerza ejercida por el peso del usuario: $\mathbf{F_1 = 735,75 N}$
- Fuerza de avance: $\mathbf{F_2 = 1,148 N}$
- Fuerza de empuje / levantamiento: $\mathbf{F_y = 0,796 N; F_x = 0,517 N}$

Para poder realizar una estimación de la fuerza resultante que ejerce el pie en la órtesis¹ cuando ésta está en reposo y en el aire, se debe tener en cuenta el peso del pie a modo de fuerza, para ello se realiza una medición del peso del pie desde que está completamente libre hasta alcanzar un ángulo de 90°.

El resultado es aproximadamente 2 kg. Para poder realizar posteriormente el estudio de fuerzas dicho peso se pasa a presión (MPa) y se reparte por la planta del pie, tomando la parte de los dedos como una cuarta parte del peso total.

Para ello el peso se pasa a N;

$$2\text{Kg} = \mathbf{19,62\text{N}} \text{ (kg} \cdot \text{gravedad} = \text{N)}$$

La presión se mide en MPa, es decir N/mm^2

Para poder hallar la presión se debe tener en cuenta el área de apoyo del pie, en este caso:

$$\text{área} = \mathbf{20447,833 \text{ mm}^2}$$

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{N}/\text{área} = \text{N}/\text{mm}^2 = \text{MPa}$$

$$19,62\text{N} / 2447,833 \text{ mm}^2 = \mathbf{0,000959515 \text{ MPa}}$$

Para poder repartir aproximadamente la presión ejercida en la planta se utilizará en la parte de los dedos $\frac{1}{4}$ de la presión, es decir, 0,000239878 MPa, y 0,00071963 MPa en el resto de la superficie.

5. REQUISITOS DE DISEÑO

5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS NECESIDADES.

Como se ha comentado anteriormente, el usuario al que va dirigida esta órtesis¹ sufre pie caído, provocado por esclerosis múltiple. Para corregir la posición del pie de deben tener en cuenta diversos factores:

1. Ajuste total a la pierna del usuario, evitando zonas que puedan generar molestia en su uso prolongado.
2. Fijación del pie en esfuerzo cero a 90º.
3. Forma o material que permita al tobillo oscilar aproximadamente 20º respecto de los 90º en esfuerzo 0.
4. Fácil colocación y adaptación a la pierna.
5. Versatilidad en cuanto a su uso en actividades físicas.
6. Diseño que permita la correcta transpirabilidad de la piel.
7. Diseño que permita ser usada bajo la ropa y en una amplia variedad de calzado.
8. Estética atractiva para que el usuario no la relacione con un aparato ortopédico.
9. Fabricación más sencilla y económica.
10. Ligero y a su vez resistente.
11. Fácil limpieza.
12. Material resistente a la intemperie.

5.2 FUNCIONES DEL PRODUCTO.

5.2.1 FUNCIONES DE USO.

5.2.1.1 Funciones principales de uso.

Las principales necesidades que cubrir según el pliego de condiciones técnicas son:

- Funcionalidad.
- Comodidad de uso.
- Fijación del pie.

5.2.1.2 Funciones complementarias.

Las funciones secundarias que debe cumplir el diseño de la órtesis¹ según el pliego de condiciones técnicas son:

- Versatilidad para usar en diferentes actividades físicas.
- Ligero.
- Que se pueda llevar bajo la ropa.
- Fácil limpieza.
- Fácil mantenimiento.
- Precio competitivo en su sector.
- Innovador.

5.2.1.3 Funciones restrictivas.

A la hora de diseñar una órtesis existen una serie de funciones restrictivas que condicionarán el desarrollo del proyecto.

1. FUNCIONES DE SEGURIDAD DE USO:

- Cumplir con todas las normativas UNE EN ISO 22523.

2. FUNCIONES DE GARANTÍA DE USO:

- Garantía del correcto funcionamiento del antiequino³.
- Durabilidad frente a la vida útil del producto.

3. FUNCIONES REDUCTORAS DE IMPACTO NEGATIVO:

- El medio con el producto:
 - Resistente a la intemperie.

- El producto con el medio:
 - Evitar que la órtesis¹ pueda deformar el calzado tras un uso prolongado.

- El producto con el usuario (ergonomía):
 - La colocación del pie en reposo debe ser ergonómica.
 - Caminar con comodidad.
 - No producir ningún tipo de irritación en la piel del usuario.
 - Agarre a la pierna ergonómico.
- El usuario con el producto:
 - Resistir al desgaste por uso.

4. FUNCIONES INDUSTRIALES Y COMERCIALES.

- Fabricación:
 - Utilizar la maquinaria adecuada en la operación.
 - Utilizar el menor número de herramientas y maquinarias posible.
 - Utilizar el mínimo número de elementos posibles.
- Ensamblaje:
 - Evitar el uso de inserciones metálicas que puedan irritar al usuario.
 - Evitar el máximo número de ensamblajes posible.
- Colocación por el usuario:
 - Fácil colocación por el usuario.
 - Colocación de la órtesis¹ en poco tiempo.
- Utilización:
 - Colocar el pie a 90º y permitir la correcta marcha.
- Mantenimiento:
 - Resistir a los productos de limpieza.
 - Resistir impactos.
- Retirada:
 - Poder ser reciclada en la medida de lo posible.

5.2.2 FUNCIONES ESTÉTICAS.

El diseño de la órtesis¹ debe atender a las necesidades emocionales y simbólicas del usuario.

1. Funciones emocionales:

- Transmitir seguridad.
- Evitar connotaciones negativas.

2. Funciones simbólicas:

- Debe ser para ambos sexos.
- Debe tener estilo.
- Ser para adultos.
- Económico en la medida de lo posible.

5.2.3 TABLA DE VALORACIÓN.

Definición de los valores:

Nº de orden: Se precisa para referenciar a la función.

Designación: Descripción de la función.

Criterio: Magnitud en la que se traduce la designación.

Nivel: Criterio de unidad y cantidad.

Flexibilidad: Representación de la tolerancia.

Restricción: Representación del valor de la tolerancia.

F: Valor en razón al nivel de negociación permitida.

TABLA 13. TABLA NIVEL DE CLASE.

Clase F	Flexibilidad	Nivel de negociación
0	Nula	Imperativo
1	Poca	Poco Negociable
2	Buena	Negociable
3	Alta	Muy negociable

Vi: Valor que marca el nivel de importancia de la función.

TABLA 14. TABLA DE NIVEL DE IMPORTANCIA.

Vi	Importancia de la función
1	Útil
2	Necesaria
3	Importante
4	Muy importante
5	Vital

TABLA 15. TABLA DE FUNCIONES DE USO

FUNCIONES DE USO						
FUNCIONES		CARACTERÍSTICAS DE LAS FUNCIONES				
Nº ORDEN	DESIGNACIÓN	CRITERIO	NIVEL	FLEXIBILIDAD		
				RESTRICCIONES	F	Vi
1.FUNCIONES PRINCIPALES DE USO						
1.1	Ser funcional	Material / diseño	-	-	0	5
1.2	Ser cómoda	Diseño	-	-	1	5
1.3	Ser fija	Diseño	-	-	0	4
2.FUNCIONES COMPLEMENTARIAS DE USO						
2.1	Ser versátil	Diseño	Actividad física alta/media	-	2	2
2.2	Ser ligero	Ligereza Peso	kg	-	1	3
2.3	Debe poder ocultarse	Oculto	-	-	2	3
2.4	Fácil limpieza	Diseño/material	-	-	2	3
2.5	Fácil mantenimiento	Mantenimiento	-	-	2	3
2.6	Ser económico	Diseño/material	-	-	3	2
2.7	Ser innovador	Diseño	-	-	2	4
3.FUNCIONES RESTRICTIVAS DE USO						
3.1 FUNCIONES DE SEGURIDAD EN EL USO						
3.1.1	Cumplir con la normativa UNE EN ISO 22523	Legislación	-	-	0	5
3.2 FUNCIONES DE GARANTÍA DE USO						
3.2.1	Ser fiable	Material/diseño	-	-	0	5
3.2.2	Ser duradero	Tiempo	-	-	1	4
3.3 FUNCIONES REDUCTORAS DE IMPACTOS NEGATIVOS						
3.3.1 Del medio con el producto						
3.3.1.1	Resistencia a la intemperie	Materiales	-	-	1	4
3.3.2 Del producto con el medio						
3.3.2.1	Evitar deformaciones en el calzado	Diseño / Materiales	-	-	1	3
3.3.3 Del producto en el usuario						
3.3.3.1	Forma ergonómica	Ergonomía	-	-	0	5
3.3.3.2	Poder caminar sin molestia	Diseño / Ergonomía	-	-	0	5
3.3.3.3	No irritativo	Diseño / Material	-	-	0	5
3.3.3.4	Agarre ergonómico	Diseño	-	-	1	4
3.3.4 Acciones del usuario en el producto						
3.3.4.1	Resistir al desgaste	Aspecto	-	-	2	3

Sigue en la siguiente página

4. FUNCIONES INDUSTRIALES Y COMERCIALES						
4.1 Fabricación						
4.1.1	Uso de la correcta maquinaria.	Simplificación	-	-	2	4
4.1.2	Utilizar el menor número de herramientas y maquinarias posible.	Simplificación	-	-	2	3
4.1.3	Utilizar el mínimo número de elementos posibles.	Simplificación	-	-	2	3
4.2 Ensamblaje						
4.2.1	Evitar el uso de insertos metálicos	Montaje	-	-	2	3
4.2.2	Evitar ensamblajes	Montaje	-	-	3	2
4.3 Colocación por el usuario						
4.3.1	Fácil colocación	Diseño	-	-	2	4
4.3.2	Colocación rápida	Diseño	-	-	3	2
4.4 Utilización						
4.4.1	Fijación a 90º	Diseño	-	-	0	5
4.5 Mantenimiento						
4.5.1	Resistir productos de limpieza	Material	-	-	2	3
4.5.2	Resistir impactos	Material	-	-	2	3
4.6 Retirada						
4.6.1	Reciclable	Material	-	-	3	1

TABLA 16. TABLA DE FUNCIONES ESTÉTICAS

FUNCIONES ESTÉTICAS						
FUNCIONES		CARACTERÍSTICAS DE LAS FUNCIONES				
Nº ORDEN	DESIGNACIÓN	CRITERIOS	NIVEL	FLEXIBILIDAD		Vi
				RESTRICCIÓN	F	
5.1 FUNCIONES EMOCIALES						
5.1.1 Sensaciones						
5.1.1.1	Transmitir seguridad	Diseño	-	-	2	3
5.1.1.2	Evitar connotaciones negativas	Aspecto	-	-	1	3
5.2 FUNCIONES SIMBÓLICAS						
5.2.1 Genero						
5.2.1.1	Debe ser para ambos sexos	Genero	-	-	3	2
5.2.2 Estética						
5.2.2.1	Debe tener estilo	Aspecto	-	-	2	2
5.2.3 Edad						
5.2.3.1	Ser para adultos	Edad	-	-	1	4
5.2.4 Poder adquisitivo						
5.2.4.1	Ser asequible	Económico	-	-	3	2

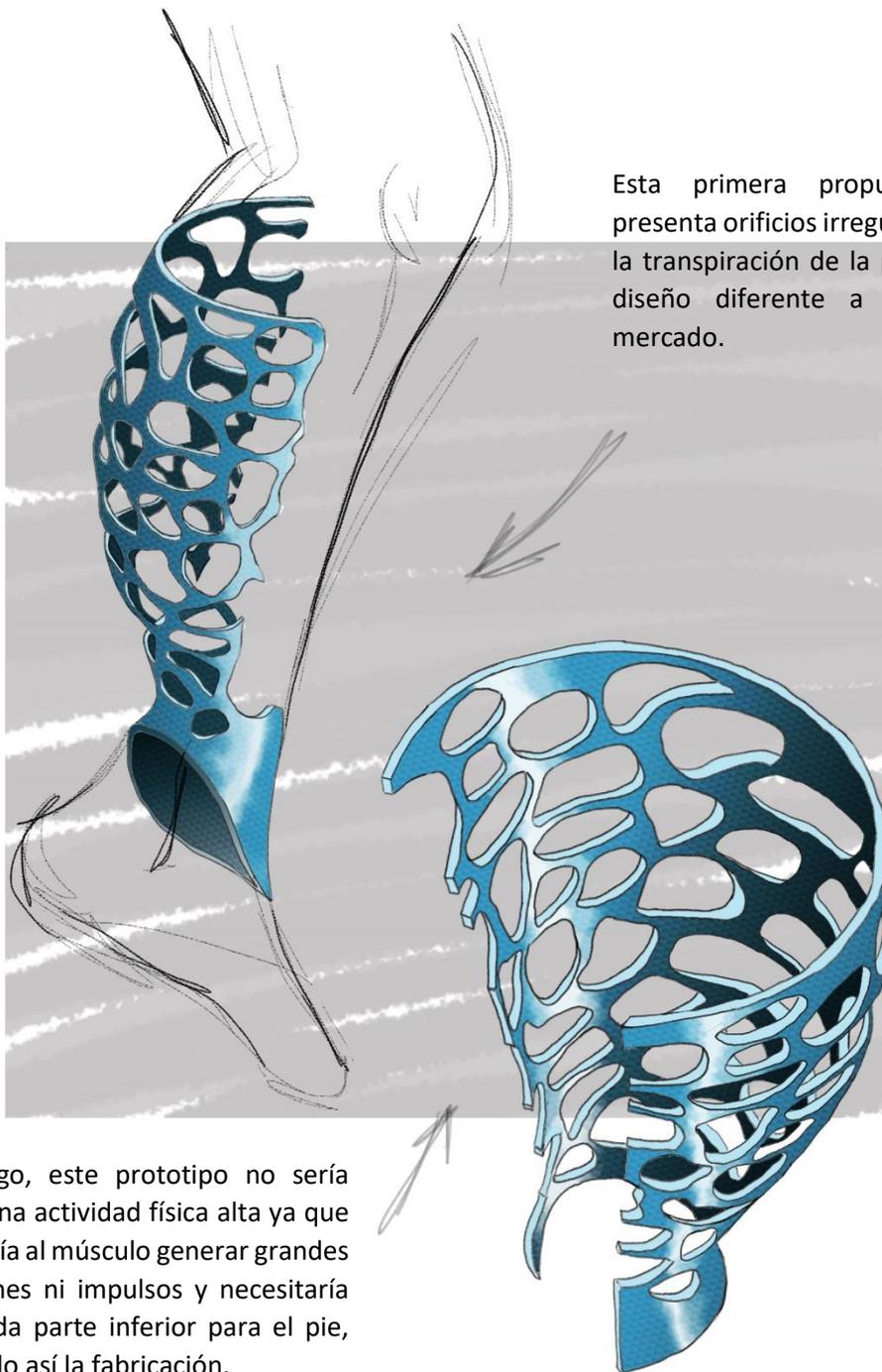
6. ANÁLISIS DE SOLUCIONES:

6.1 BOCETOS INICIALES.



23. BOCETOS INICIALES.

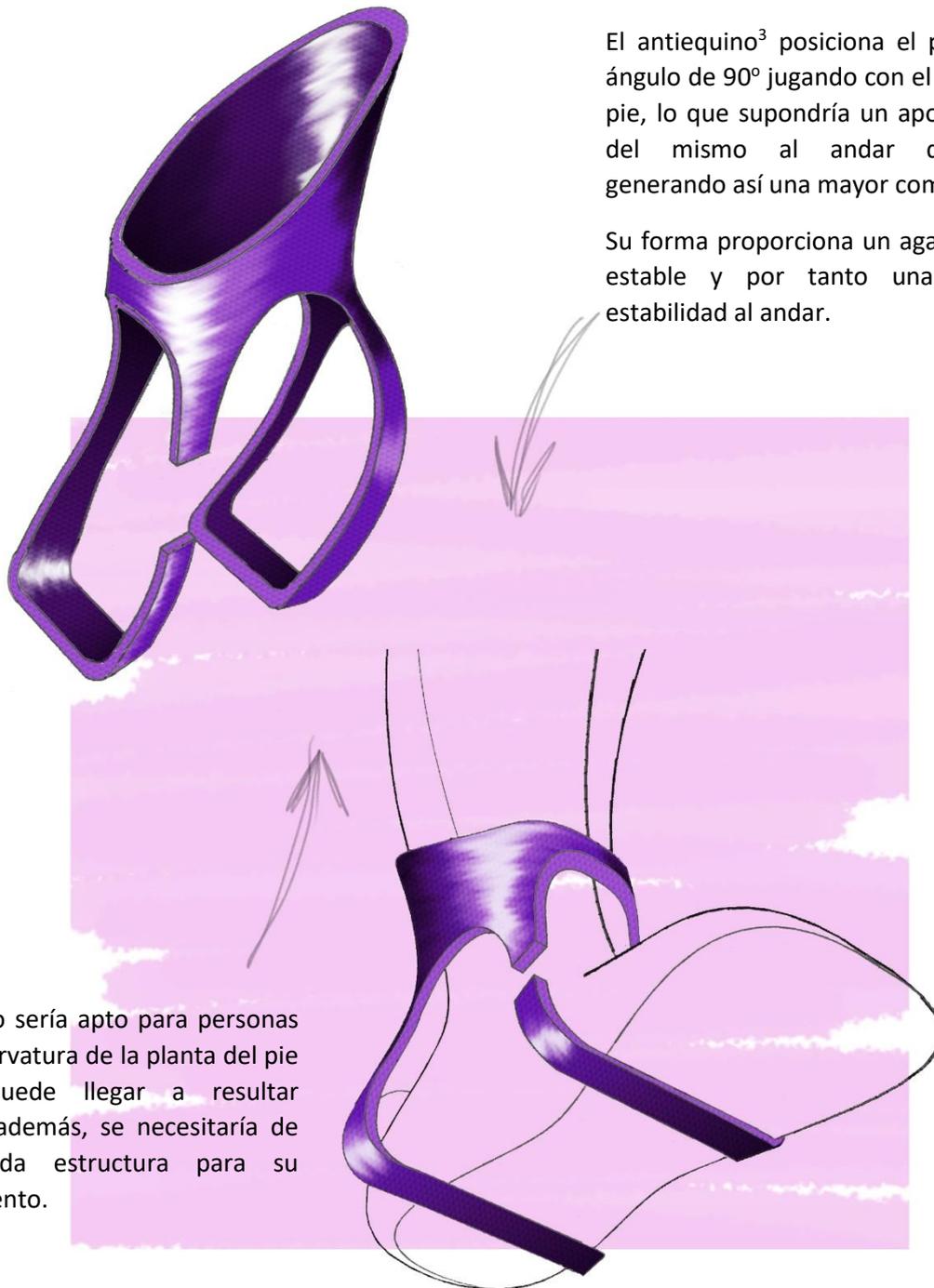
Propuesta nº1:



Esta primera propuesta de órtesis¹ presenta orificios irregulares, lo que facilita la transpiración de la piel y constituye un diseño diferente a lo hallado en el mercado.

Sin embargo, este prototipo no sería viable en una actividad física alta ya que no permitiría al músculo generar grandes contracciones ni impulsos y necesitaría una segunda parte inferior para el pie, complicando así la fabricación.

Propuesta nº2:



El antiequino³ posiciona el pie a un ángulo de 90° jugando con el arco del pie, lo que supondría un apoyo total del mismo al andar descalzo, generando así una mayor comodidad.

Su forma proporciona un agarre muy estable y por tanto una mayor estabilidad al andar.

El diseño no sería apto para personas con poca curvatura de la planta del pie ya que puede llegar a resultar incómoda; además, se necesitaría de una segunda estructura para su funcionamiento.

Propuesta nº3:

Este modelo es el resultado de una mejora del anterior al que se le añade una plantilla completa. Esto proporciona una mayor sujeción y estabilidad.



No obstante, al tener el mismo agarre del diseño anterior, sigue necesitando una segunda estructura, lo cual encarece su precio y dificulta la fabricación y montaje.

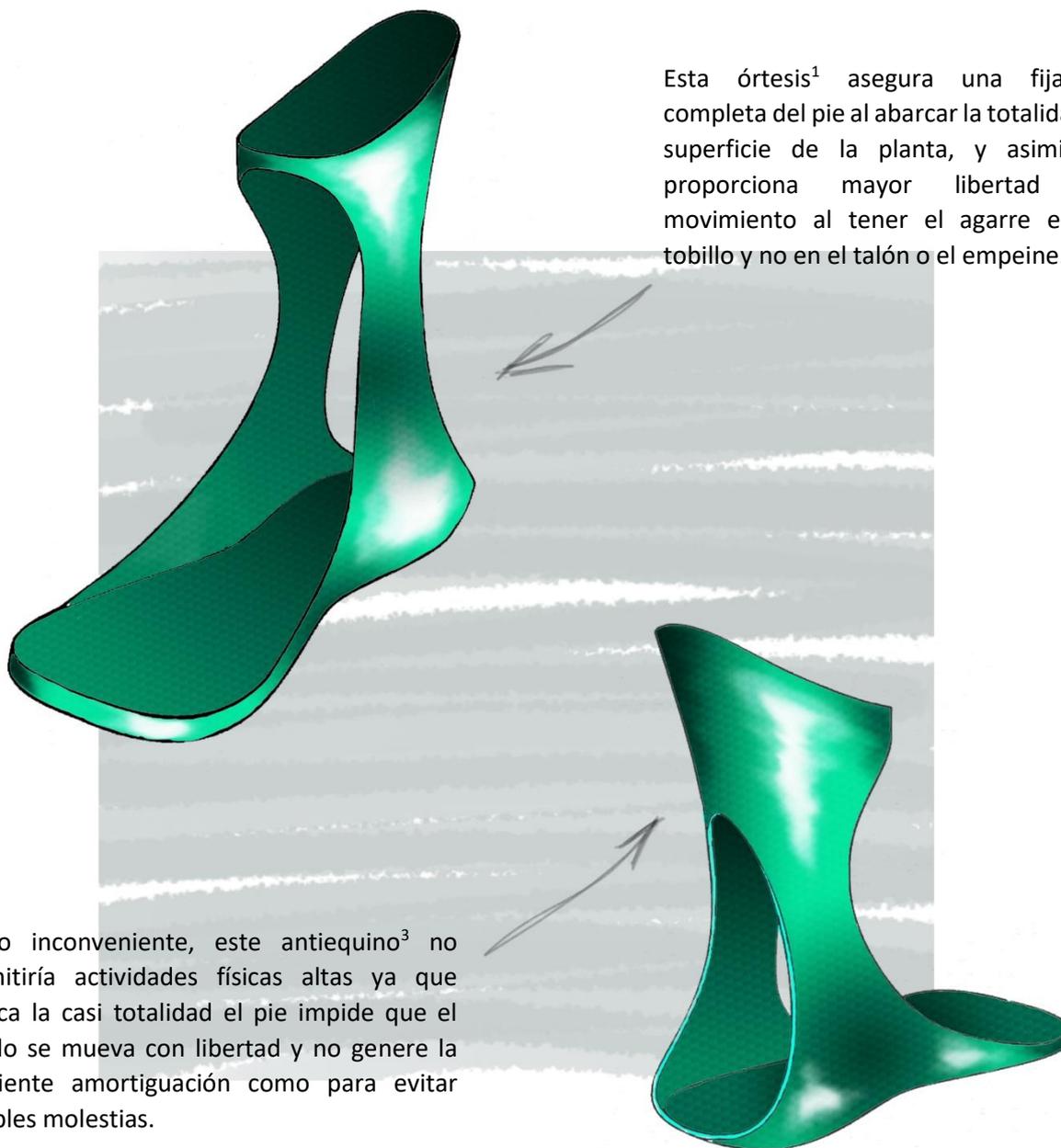
Propuesta nº4:



Esta órtesis¹ tiene como principal ventaja la fabricación en una sola pieza, además la forma innovadora de sujeción y un diseño atractivo.

Puede resultar incómodo el agarre por el puente del pie y la escasa adaptación a una actividad física alta ya que la sujeción se hace por la forma misma de la órtesis¹, sin generar la presión suficiente para una máxima estabilidad.

Propuesta nº5:

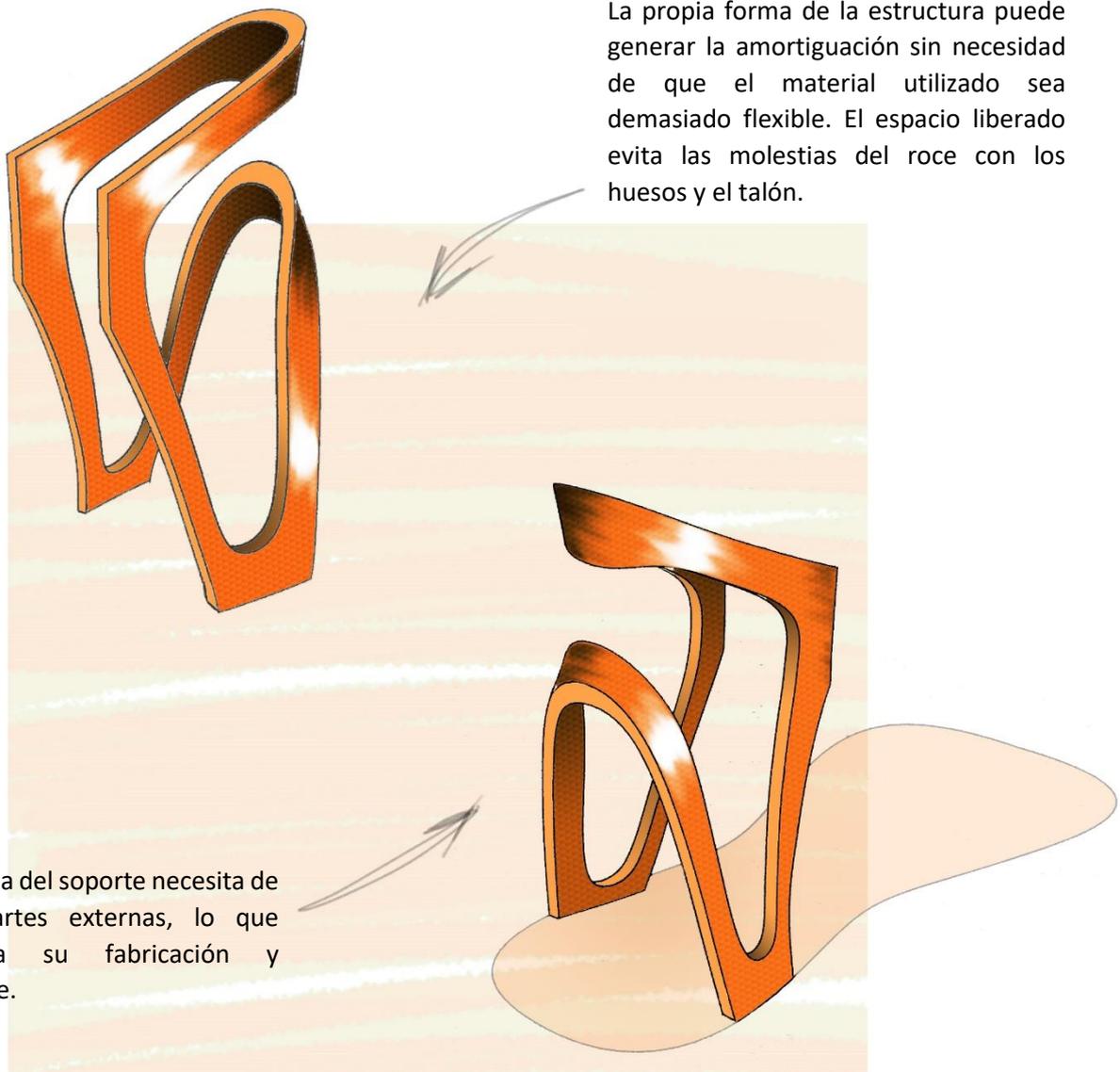


Esta órtesis¹ asegura una fijación completa del pie al abarcar la totalidad la superficie de la planta, y asimismo proporciona mayor libertad de movimiento al tener el agarre en el tobillo y no en el talón o el empeine.

Como inconveniente, este antiequino³ no permitiría actividades físicas altas ya que abarca la casi totalidad el pie impide que el tobillo se mueva con libertad y no genere la suficiente amortiguación como para evitar posibles molestias.

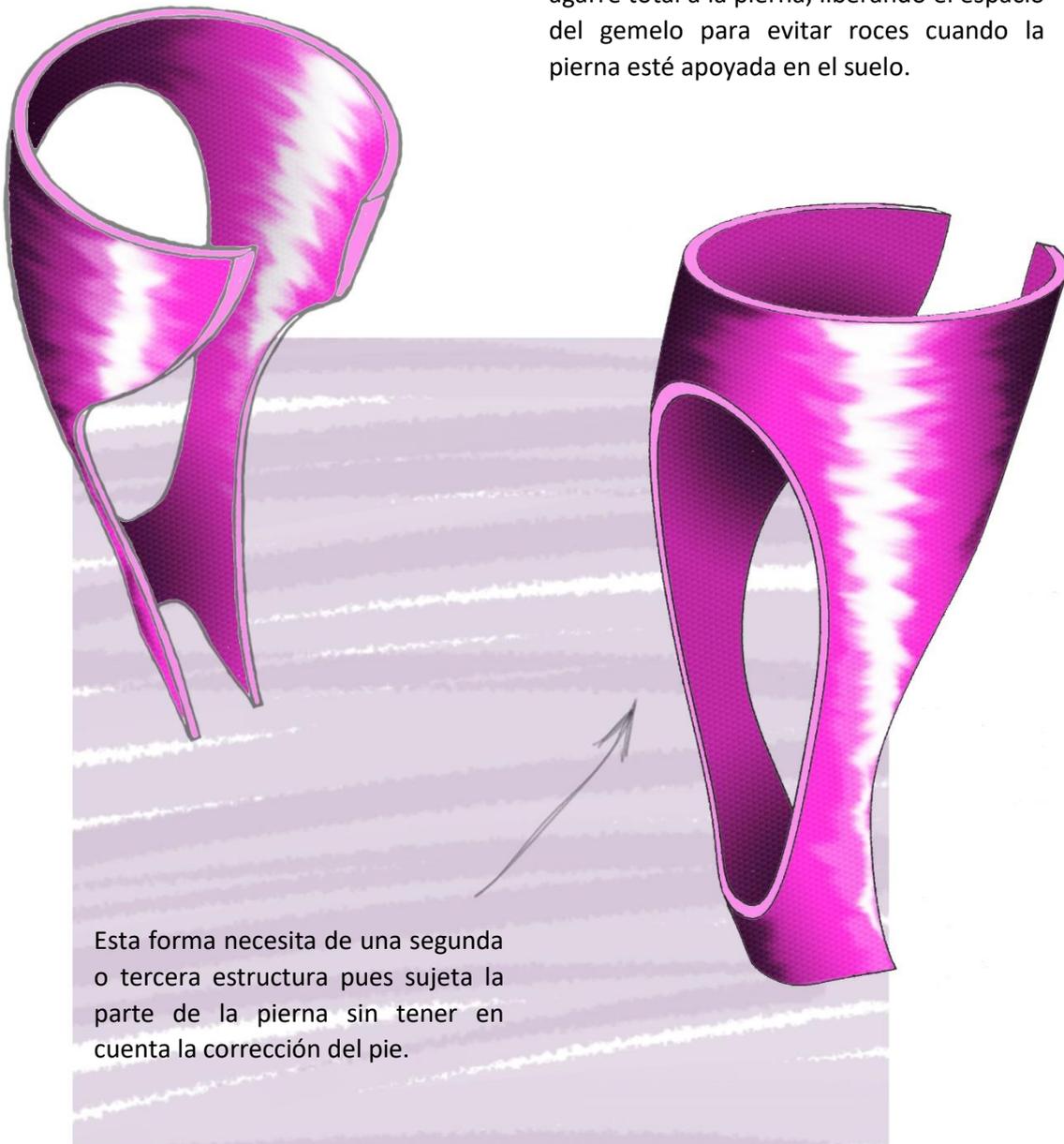
Necesita de una segunda estructura para la fijación de la pierna.

Propuesta nº6:



Propuesta nº7:

La sujeción de este modelo permite un agarre total a la pierna, liberando el espacio del gemelo para evitar roces cuando la pierna esté apoyada en el suelo.

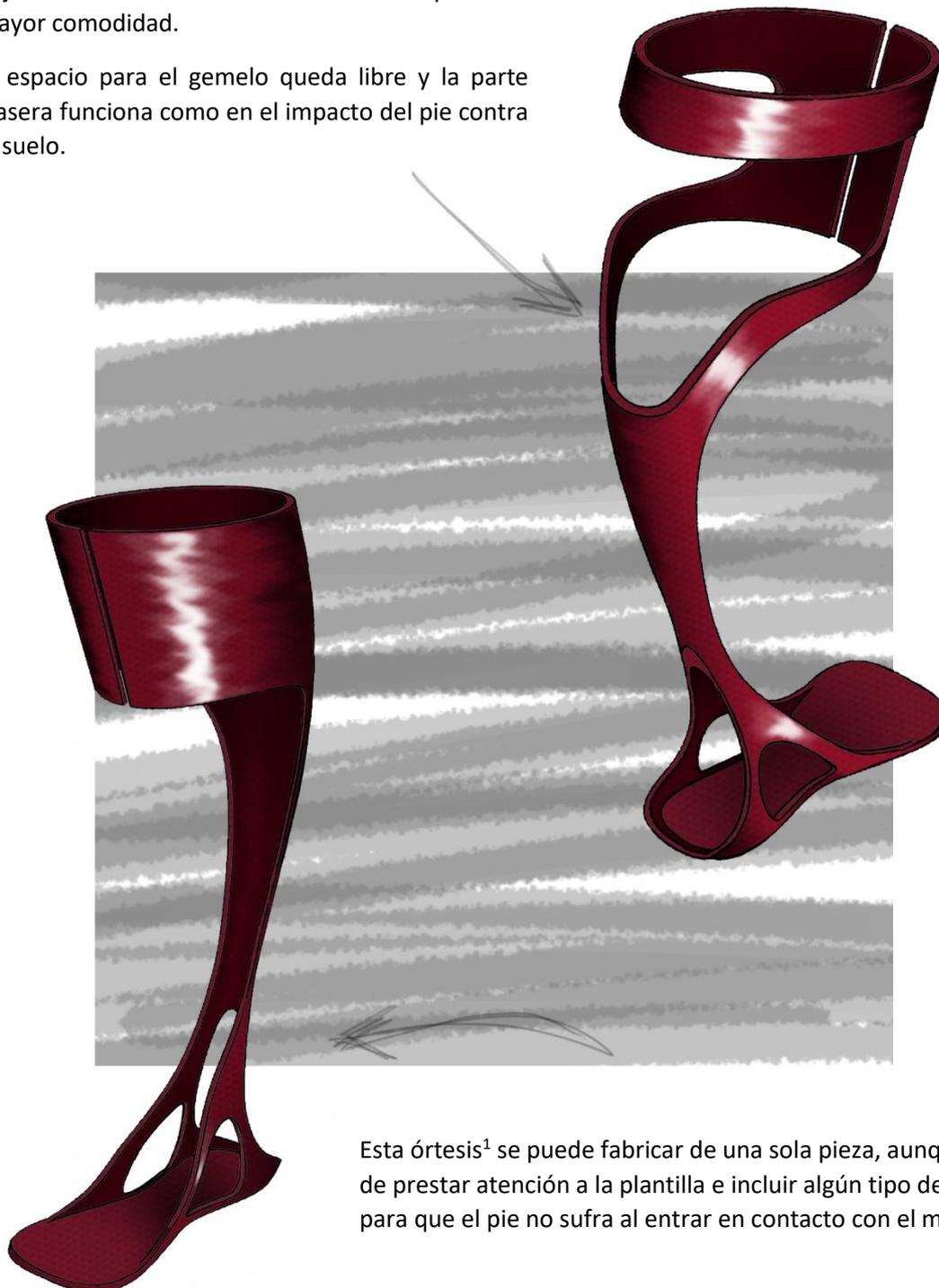


Esta forma necesita de una segunda o tercera estructura pues sujeta la parte de la pierna sin tener en cuenta la corrección del pie.

Propuesta nº8:

El diseño de esta órtesis¹ permite una fijación total del pie al tener agarre lateral por ambos lados, dejando descubierta la zona de los huesos para una mayor comodidad.

El espacio para el gemelo queda libre y la parte trasera funciona como en el impacto del pie contra el suelo.

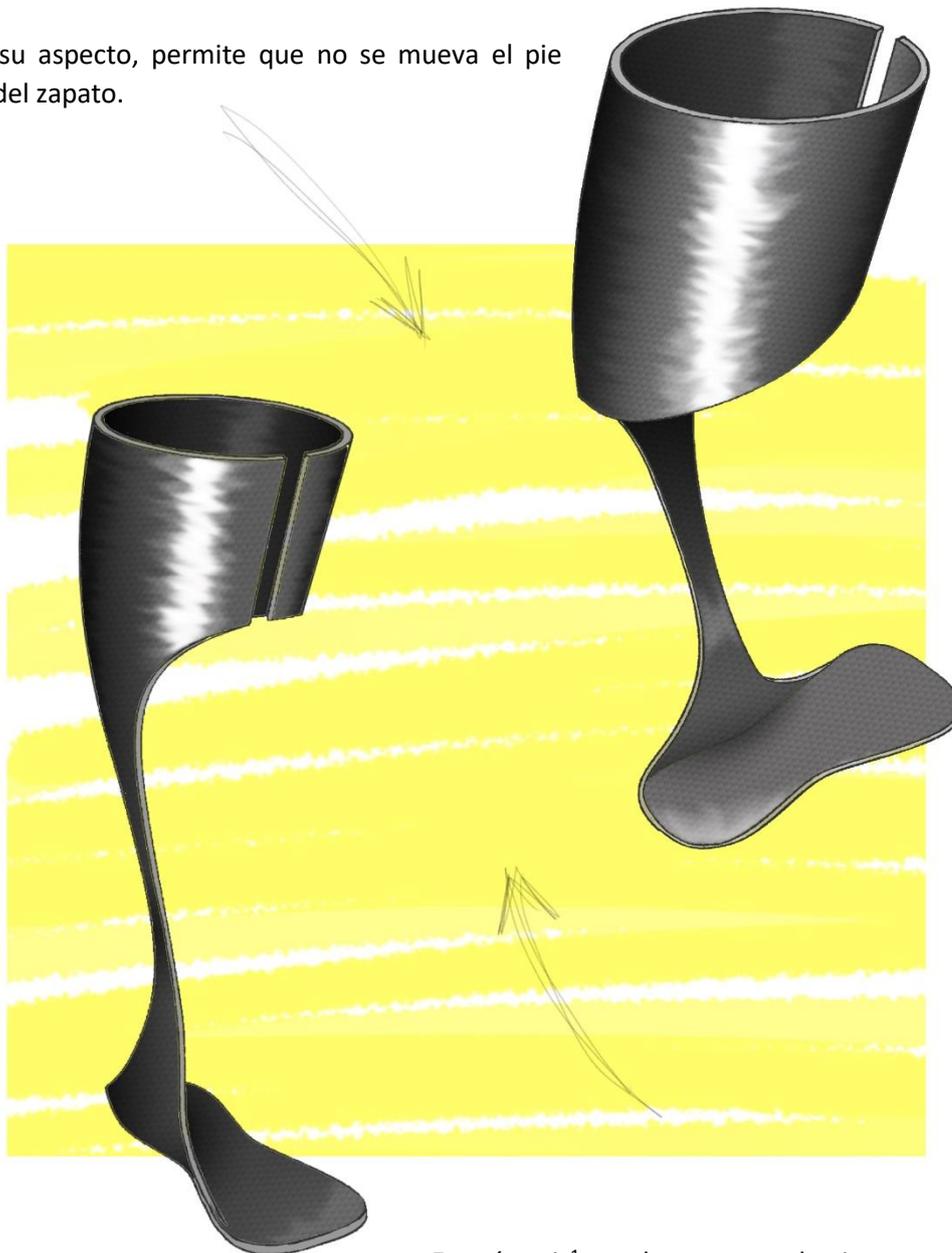


Esta órtesis¹ se puede fabricar de una sola pieza, aunque se ha de prestar atención a la plantilla e incluir algún tipo de silicona para que el pie no sufra al entrar en contacto con el material.

Propuesta nº9:

Este modelo permite la absorción de los impactos sobre el suelo, además de tener un agarre y sujeción total a la pierna.

Pese a su aspecto, permite que no se mueva el pie dentro del zapato.

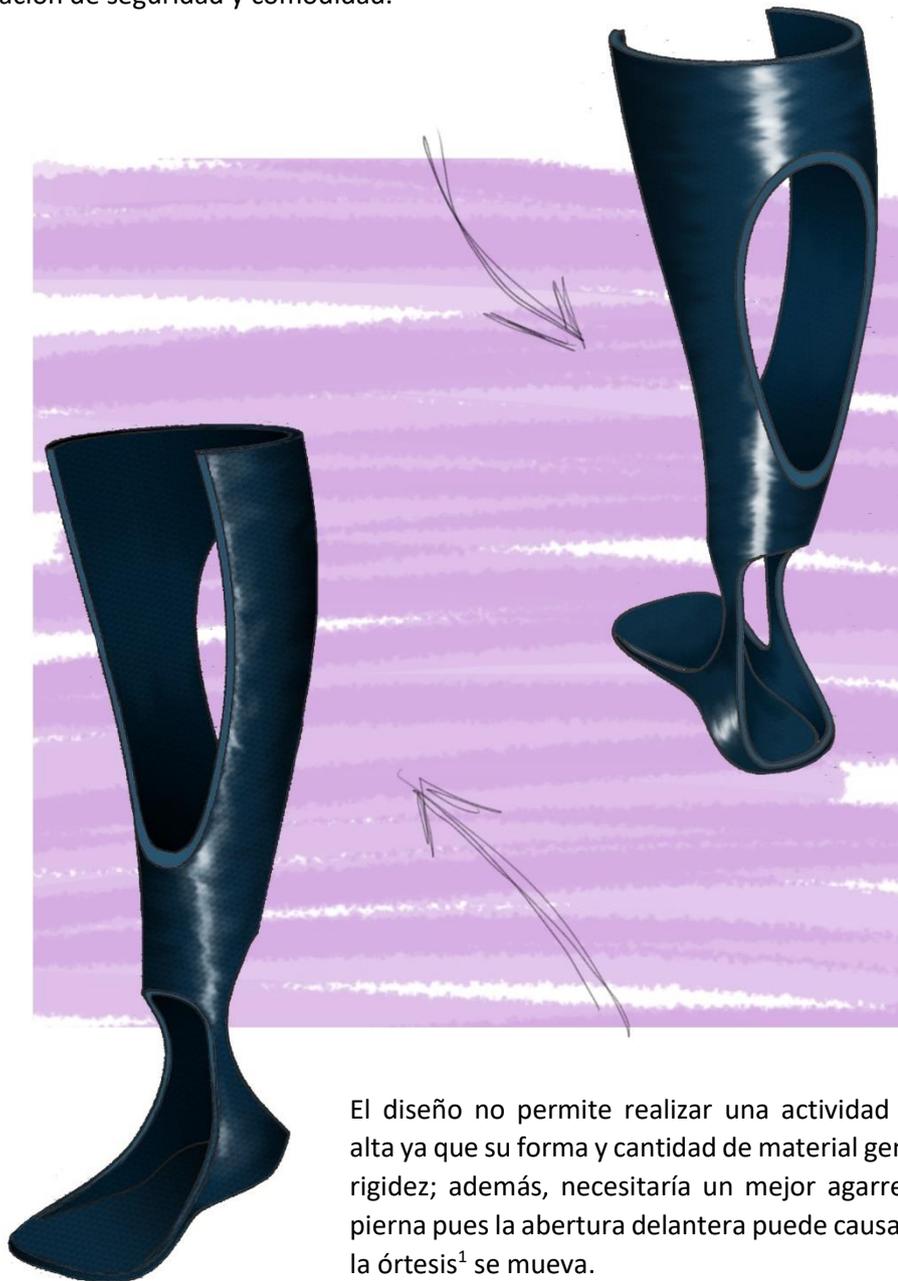


Esta órtesis¹ puede causar molestia tras un uso prolongado al no tener libre el espacio del gemelo.

Aunque pueda llegar a ser operativa en cuanto a sujeción se refiere, se ha de tener en cuenta que, a primera vista, puede generar incertidumbre al usuario al pensar que podría desplazarse y resultar incómoda.

Propuesta nº10:

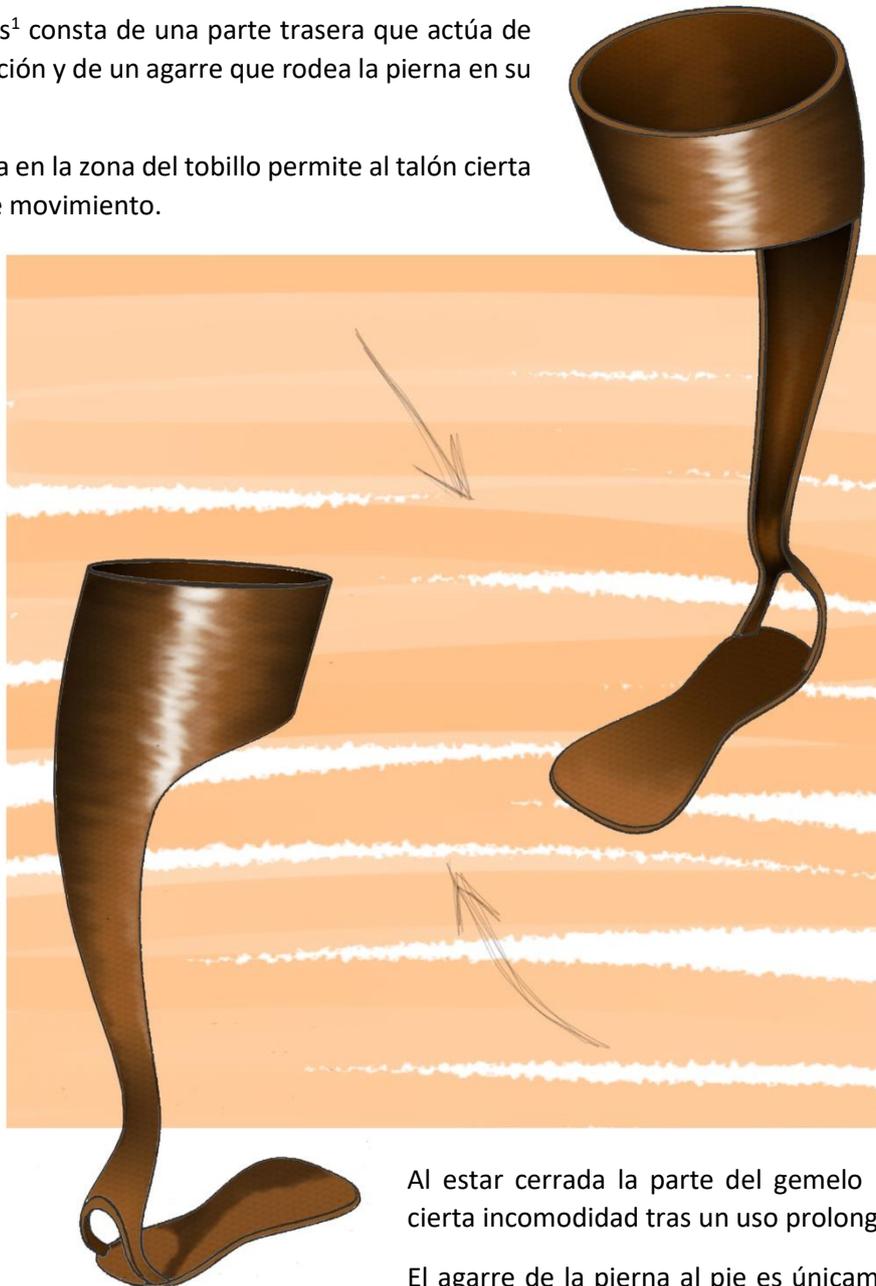
Este modelo permite una sujeción total del pie, dejando espacio libre para el gemelo, el talón y el tobillo, lo que proporciona al usuario gran sensación de seguridad y comodidad.



Propuesta nº11:

Esta órtesis¹ consta de una parte trasera que actúa de amortiguación y de un agarre que rodea la pierna en su totalidad.

La abertura en la zona del tobillo permite al talón cierta libertad de movimiento.



Al estar cerrada la parte del gemelo puede provocar cierta incomodidad tras un uso prolongado.

El agarre de la pierna al pie es únicamente trasero, lo provocaría el desplazamiento del pie dentro del calzado al carecer de refuerzo lateral.

Propuesta nº12:

La forma permite al usuario realizar una actividad física alta pues la casi totalidad de la zona trasera de la pierna queda liberada.

La sujeción se halla en la parte delantera de la pierna al ser la parte más plana de la extremidad y que no sufre cambios en el transcurso de la actividad física.



Puede generar desconfianza en el usuario al pensar que no le proporciona la sujeción necesaria para que el pie pueda mantenerse en la posición correcta.

Su forma es compleja y poco simétrica, lo que complica su fabricación.

6.2 MATRIZ DE IMPORTANCIA Y VTP DE LAS PROPUESTAS.

A la hora de realizar el diseño de la ortesis¹ se han de tener en cuenta una serie de factores, a los cuales se deben priorizar según su capacidad de adaptación a cada diseño.

Se usará una matriz de importancia que determine cuáles son los factores más importantes y posteriormente un VTP (valor técnico ponderado) con los valores asignados a cada propuesta.

Los factores a tener en cuenta son los siguientes:

- (Com) Comodidad de uso.
- (F.Col) Fácil colocación: adaptación y colocación en la pierna.
- (F.Fab) Fácil fabricación: formas sencillas que no necesiten procesos complejos.
- (Ind) Individualidad: que no necesite de una segunda o tercera parte para su funcionamiento.
- (Ver) Versatilidad: forma que permita al usuario tener una actividad física alta.
- (Est) Estética: que no sea meramente funcional y aporte un valor estético a la ortesis¹.
- (Pre) Precio: refiriéndose a la cantidad de material usado y al posible método de fabricación.
- (Lim) Limpieza.
- (Tran) Transpiración: mínimo material en contacto con la piel.
- (Pe) Peso: teniendo en cuenta la cantidad de material utilizado y su estructura.
- (Sen) Sensación/Percepción: impresión que el usuario pueda tener en cuanto a seguridad.

TABLA 17. MATRIZ DE DOMINACIÓN PROPUESTAS.

	(Com)	(F.Col)	(F.Fab)	(Ind)	(Ver)	(Est)	(Pre)	(Lim)	(Tran)	(Pe)	(Sen)	TOTAL:
(Com)	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10,5
(F.Col)	0,5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	9,5
(F.Fab)	0	0	1	0	0	0,5	0,5	1	0,5	0	1	4,5
(Ind)	0	0	1	1	0,5	1	1	1	0,5	0,5	1	7
(Ver)	0	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	9,5
(Est)	0	0	0,5	0	0	1	0,5	1	0,5	0,5	1	5,5
(Pre)	0	0	0,5	0	0	0,5	1	1	0	0	1	4
(Lim)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
(Tran)	0	0	0,5	0,5	0	0,5	1	1	1	0,5	1	6
(Pe)	0	0	1	0,5	0	0,5	1	1	0,5	1	1	6,5
(Sen)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2

TABLA 18. ORDEN DE IMPORTANCIA FACTORES.

Orden (i)	Factores	Peso (g):
1	Comodidad	10,5
2	Fácil colocación	9,5
3	Dinamismo	9,5
4	Individualidad	7
5	Peso	6,5
6	Transpiración	6
7	Estética	5,5
8	Fácil fabricación	4,5
9	Precio	4
10	Sensación	2
11	Limpieza	1

Menos importante: 0
Igual de importante: 0,5
Más importante: 1

Una vez realizada la matriz de dominancia se obtiene el orden de los factores según su importancia, siendo la **comodidad** de uso el factor más importante y la limpieza el que menos.

Para poder determinar el mejor diseño en cuanto a los factores establecidos anteriormente, se realiza un VTP.

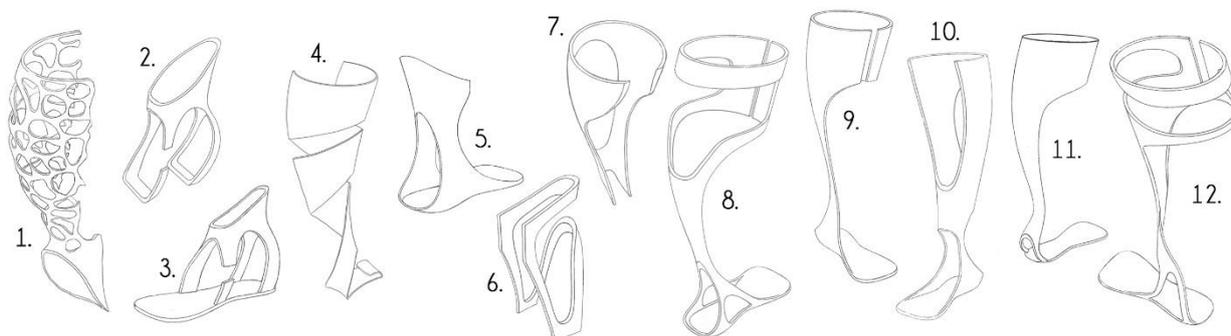


TABLA 19. VTP PROPUESTAS.

i	FACTORES:	Peso (g)	PROPUESTAS											
			Nº1		Nº2		Nº3		Nº4		Nº5		Nº6	
			p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g
1	Comodidad	10,5	3	31,5	1	10,5	4	42	4	42	5	52,5	5	52,5
2	Fácil colocación	9,5	3	28,5	2	19	3	28,5	3	28,5	5	47,5	4	38
3	Dinamismo	9,5	2	19	2	19	2	19	2	19	2	19	3	28,5
4	Individualidad	7	2	14	2	14	2	14	5	35	2	14	1	7
5	Peso	6,5	3	19,5	3	19,5	3	19,5	4	26	3	19,5	3	19,5
6	Transpiración	6	4	24	3	18	3	18	3	18	3	18	5	30
7	Estética	5,5	5	27,5	3	16,5	2	11	4	22	3	16,5	4	22
8	Fácil fabricación	4,5	2	9	3	13,5	3	13,5	1	4,5	3	13,5	3	13,5
9	Precio	4	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12
10	Sensación	2	2	4	2	4	2	4	2	4	3	6	2	4
11	Limpieza	1	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3
		66	191		149		184,5		213		221,5		230	
VTP			0,579		0,451		0,559		0,645		0,671		0,697	

i	FACTORES:	Peso (g)	PROPUESTAS											
			Nº7		Nº8		Nº9		Nº10		Nº11		Nº12	
			p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g
1	Comodidad	10,5	4	42	5	52,5	4	42	3	31,5	4	42	5	52,5
2	Fácil colocación	9,5	4	38	5	47,5	5	47,5	3	28,5	4	38	5	47,5
3	Dinamismo	9,5	3	28,5	4	38	4	38	2	19	3	28,5	5	47,5
4	Individualidad	7	2	14	5	35	5	35	5	35	5	35	5	35
5	Peso	6,5	2	13	3	19,5	4	26	2	13	4	26	4	26
6	Transpiración	6	2	12	5	30	5	30	1	6	5	30	5	30
7	Estética	5,5	2	11	5	27,5	3	16,5	2	11	3	16,5	3	16,5
8	Fácil fabricación	4,5	2	9	4	18	3	13,5	3	13,5	3	13,5	3	13,5
9	Precio	4	2	8	3	12	3	12	3	12	3	12	3	12
10	Sensación	2	3	6	5	10	3	6	4	8	3	6	3	6
11	Limpieza	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		66	184,5		293		269,5		180,5		250,5		289,5	
VTP			0,559		0,888		0,816		0,547		0,759		0,877	

Los valores del VTP se encuentran entre el 0 y el 1, siendo los más próximos al 1 los diseños que mejor se adaptan a los factores y necesidades descritas.

Para la obtención de dichos resultados se han realizado los siguientes cálculos:

$$V_{tp} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i * g_i}{p_{max} * \sum_{i=1}^n g_i}$$

P_i es el valor asignado a cada propuesta según los factores. Este valor será mayor cuando la propuesta estudiada se acerque más a la descripción del factor.

G_i es el valor de importancia asignado a cada factor, estos valores han sido dados gracias a una matriz en la cual se obtiene el orden de importancia de los factores propuestos.

P_{max} es el valor máximo de asignación, en este caso se ha evaluado del 1-5 donde 1 es que apenas cumple la función descrita y 5 es que la cumple totalmente, por lo que **p_{max}** es 5.

Propuesta número 1: 191 / (66*5) = 0,579

Propuesta número 2: 149 / (66*5) = 0,451

Propuesta número 3: 184,5 / (66*5) = 0,559

Propuesta número 4: 213 / (66*5) = 0,645

Propuesta número 5: 221,5 / (66*5) = 0,671

Propuesta número 6: 230 / (66*5) = 0,697

Propuesta número 7: 184,5 / (66*5) = 0,559

Propuesta número 8: 293 / (66*5) = 0,888

Propuesta número 9: 269,5 / (66*5) = 0,816

Propuesta número 10: 180,5 / (66*5) = 0,547

Propuesta número 11: 250,5 / (66*5) = 0,759

Propuesta número 12: 289,5 / (66*5) = 0,877

Se eligen los tres valores que más se acercan al 1, siendo estos, la propuesta 8, 11 y 12.

6.3 PROPUESTA DE ELECCIONES FINALES.

Mediante el VTP se ha determinado las tres propuestas que mejor encajan con la órtesis¹ que se quiere realizar.







26. PROPUESTA NÚMERO 12.

7. RESULTADOS FINALES:

7.1 ELECCIÓN FINAL, JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN.

La propuesta número 8 será la elegida dado que obtuvo la mayor puntuación del VTP en los siguientes parámetros:

- **Comodidad de uso:** El espacio del gemelo y el hueso astrágalo⁹ queda liberado para evitar posibles molestias durante un uso prolongado.
- **Fácil colocación:** Consta de un cómodo agarre de solapas que proporciona un ensamblaje total de la órtesis¹ a la pierna evitando que la extremidad se mueva.

El antiequino³ facilita su colocación al no necesitar de sujeción por partes.

- **Fácil fabricación:** Al estar constituida en pieza única sin necesidad de uniones, simplificando la fabricación.
- **Individualidad:** La órtesis¹ no necesita de una segunda parte para su funcionamiento al estar fabricada de una sola pieza.
- **Versatilidad:** El diseño permite al usuario realizar actividades físicas medio-altas ya que la estructura genera una amortiguación y fijación del pie.
- **Estética:** Su diseño es actual e innovador en el campo de la ortopedia.
- **Precio:** Los costes son más económicos al poder fabricarse de una sola pieza y no constar de ensamblajes.
- **Limpieza:** La órtesis¹ no consta de ninguna zona de difícil acceso y el material del cual estará fabricada se basará en materiales plásticos o similares, facilitando su limpieza.
- **Transpiración:** La zona de contacto con la piel es muy reducida, evitando concentraciones que puedan generar irritaciones.
- **Peso:** La estructura está constituida de una cantidad mínima de material.
- **Sensación/Percepción:** La sujeción lateral del tobillo y un agarre casi total de la pierna causa la impresión al usuario de que su funcionamiento es óptimo.

El modelo finalmente elegido es el que mejor se adapta a las necesidades descritas anteriormente. Es un diseño innovador que rompe con la concepción de órtesis¹ ortopédica y proporciona al usuario un elemento de corrección funcional y estético que le permite por completo ocultarla bajo la ropa.

Las aperturas de los laterales permiten a los huesos del pie maniobrar sin causar roces y la apertura del talón ofrece cierta libertad de movimiento, aunque el antiequino³ vaya acompañando al pie en la marcha.

La liberación de la parte posterior de la órtesis¹ hace que cuando se produzca una contracción del gemelo se destense o no cause incomodidad.

El diseño tiene pocas zonas de contacto con la piel, lo cual permite ligereza y comodidad de uso, pero, sobre todo, que la piel transpire con facilidad.

Los agarres laterales hacen que el pie quede bien sujeto, evitando que se desplace de un lado a otro dentro del zapato, generando así la sensación de seguridad en el usuario.

7.2 VIABILIDAD.

7.2.1 VIABILIDAD TÉCNICA Y FÍSICA.

7.2.1.1 Estandarización: medidas y percentiles.

En este apartado se comprobará si hay una forma de poder estandarizar las medidas de la órtesis¹, aunque esta sea adaptada a medida se deben tener en cuenta los percentiles del usuario, ya que si se quisiera fabricar a un nivel estandarizado se deberá diseñar a partir de dichos datos.

Se parte de un usuario barón de 28 años con una talla de pie 44.

A partir de las siguientes tablas se podrán confirmar las medidas del usuario, demostrando que dicha órtesis¹ puede llegar a fabricarse de forma estandarizada.

TABLA 20. TABLA DE CONVERSIÓN TALLA DE PIE A CM.

RELACIÓN TALLAS DE PLANTILLAS ADULTOS

ES	UK	US	IT	cm
35	2,5	4	34	22,4
36	3,5	5	35	23
37	4	5	36	23,7
38	5	5,5	37	24,4
39	5,5	6	38	25
40	6,5	7	39	25,7
41	7,5	8	40	26,4
42	8	8,5	41	27
43	9	9 ½	42	27,7
44	9,5	10	43	28,4
45	10,5	11	44	29
46	11	11,5	45	29,7
47	12	12,5	46	30,4
48	13	13,5	47	31
49	14	14,5	48	31,4
50	15	15,5	49	32,4

El usuario tiene una longitud de pie de aproximadamente 29 cm, por lo que entra dentro del percentil 95.

TABLA 21. PRIMERA TABLA CON MEDIDAS EN MM SEGÚN PERCENTILES.

Adultos 19-65 años		HOMBRES			MUJERES		
		P5	P50	P95	P5	P50	P95
1	Estatura (altura del cuerpo)	1610	1735	1860	1511	1618	1725
2	Altura de los ojos	1497	1620	1743	1406	1509	1612
3	Altura de los hombros	1326	1439	1552	1227	1329	1430
4	Altura del codo	994	1083	1172	915	995	1074
5	Altura de la cadera	832	921	1010	748	825	902
6	Altura de la entrepierna	721	807	893	667	738	808
7	Altura de la tibia	414	462	510	387	430	474
8	Espesor del cuerpo, de pie	287	333	380	219	272	326
9	Anchura del pecho, de pie	281	331	382	237	279	320
10	Anchura de cadera, de pie	307	359	411	331	389	448
11	Altura sentado/a (erguido/a)	845	910	975	801	856	911
12	Altura de los ojos, sentado/a	728	794	860	686	741	796
13	Altura de la nuca, sentado/a	629	690	751	587	639	692
14	Altura de los hombros, sentado/a	546	603	659	522	572	622
15	Altura del codo, sentado/a	193	241	290	190	231	273
16	Longitud hombro-codo	340	372	405	312	341	370
17	Longitud codo-muñeca	259	285	311	233	256	280
18	Anchura de hombro (biacromial)	368	407	446	337	365	394
19	Anchura de hombros (bideltoide)	440	491	542	401	457	514
20	Anchura entre codos (exterior)	373	444	514	383	444	505
21	Anchura del codo	65	72	79	58	64	70
22	Anchura de caderas, sentado/a	333	388	443	342	411	480
23	Altura del poplíteo	395	444	492	355	398	440
24	Espesor del muslo	131	165	199	116	153	191
25	Altura de la rodilla, sentado/a	487	538	589	449	493	537
26	Longitud poplíteo-trasero (profundidad del asiento)	449	511	574	434	494	555
27	Longitud rodilla-trasero	540	606	671	520	588	656
28	Espesor del pecho a la Altura del pezón (de pie o sentado/a)	205	251	297	218	271	325
29	Espesor abdominal, sentado/a	205	277	347	192	270	347
30	Longitud de la mano	170	188	205	159	175	191

TABLA 22. SEGUNDA TABLA CON MEDIDAS EN MM SEGÚN PERCENTILES.

Adultos 19-65 años		HOMBRES			MUJERES		
		P5	P50	P95	P5	P50	P95
31	Longitud perpendicular de la palma de la mano	98	108	119	90	99	108
32	Anchura de la mano en los nudillos	78	86	95	70	77	84
33	Longitud del dedo índice	66	75	84	62	69	76
34	Anchura proximal del dedo índice	18	21	23	16	18	20
35	Anchura distal del dedo índice	16	18	20	13	15	17
36	Longitud del pie	240	264	287	220	241	262
37	Anchura del pie	91	100	110	85	94	104
38	Longitud de la cabeza	184	198	212	172	184	197
39	Anchura de la cabeza	142	154	166	137	147	158
40	Longitud de la cara (nación-mentón)	103	117	132	95	106	116
41	Arco segital	344	376	408	325	349	374
42	Arco bitragial	319	346	373	315	340	364
43	Alcance de pie hacia arriba	2023	2205	2387	1890	2046	2202
44	Alcance sentado/a hacia arriba	1322	1434	1545	1238	1334	1431
45	Alcance del puño, alcance hacia delante	656	729	802	616	681	745
46	Longitud hombro-agarre	595	655	715	555	608	660
47	Longitud codo-agarre	326	361	397	290	325	360
48	Longitud codo-punta de los dedos	434	472	510	395	430	466
49	Altura del agarre (eje del puño)	686	761	836	658	721	784
50	Altura de la yema de los dedos	593	658	723	563	617	671
51	Envergadura	1661	1808	1955	1541	1672	1804
52	Envergadura de codos	857	936	1014	781	855	928
53	Perímetro de cabeza	538	569	599	521	547	573
54	Perímetro del cuello	348	394	440	328	372	416
55	Perímetro del pecho				819	1006	1194
56	Perímetro de cintura	856	974	1091	721	839	957
57	Perímetro de la muñeca	158	182	207	145	168	191
58	Perímetro del muslo	493	584	675	512	617	723
59	Perímetro de la pantorrilla	312	377	441	315	385	454

A continuación, se comparan las medidas reales del usuario con las medidas obtenidas de los percentiles, pudiendo saber si sería posible una estandarización de la órtesis antiequina³ o de si, en caso contrario, sería necesario un escaneado total de la pierna.

TABLA 23. COMPARATIVAS MEDIDAS P95 Y MEDIDAS ESCANEADAS.

Valores dados por los percentiles	Valores exactos del usuario
Altura de la tibia: 510 mm Altura de la rodilla/ sentado: 589 mm Longitud del pie: 284 mm Anchura del pie: 110 mm Perímetro de la pantorrilla: 441 mm	Altura de la tibia: 500 mm Altura de la rodilla/ sentado: 580 mm Longitud del pie: 280 mm Anchura del pie: 100 mm Perímetro de la pantorrilla: 345mm izquierda

Observando las medidas y teniendo en cuenta que el usuario pertenece al percentil 95, son similares a excepción de una, el perímetro de la pantorrilla, en la que el usuario se encuentra muy por debajo de la medida del percentil, y esto es debido a dos factores:

-El usuario es de constitución delgada.

-Se ha tomado la medida de la pierna izquierda ya que es la pierna afectada. Dicha enfermedad genera una debilitación de los músculos, lo que hace que el propio cuerpo y más la pierna afectada tenga mucha menos masa muscular que el resto de los barones de dicho percentil.

Así mismo no es una medida que afecte directamente al diseño y estandarización de la órtesis¹, ya que el sistema de cierre de la órtesis¹ debe permitir cierta adaptación del perímetro de la pantorrilla, siendo ésta ajustable.

Por lo que se puede concluir que la fabricación de la órtesis¹ puede estandarizarse sabiendo la talla de calzado que utilicen, es decir, la longitud del pie.

7.2.1.2 Estudio de materiales.

Como se ha podido ver en el apartado 2.3, análisis de mercado, el material en el cual puede ser fabricado es muy extenso, incluyendo en este aspecto diferentes polímeros aparte de materiales metálicos, textiles e híbridos.

Para empezar la búsqueda del material óptimo para realizar la órtesis¹ se ha de tener en cuenta la forma, ya que está diseñada de una sola pieza, y no se van a realizar ensamblajes de diferentes partes, lo que lo limita a un solo material.

Principalmente el material que puede llegar a cumplir con dicho requisito es el plástico, por lo que se limitará la búsqueda a polímeros termoplásticos⁸, termoestables¹⁰ y elastómeros¹¹.

7.2.1.2.1 Termoplásticos, termoestables y elastómeros.

Dicha información se encuentra ampliada en el apartado anexos, otros documentos, mediante el programa CES EduPack.

Termoplásticos:

Los polímeros termoplásticos⁸ basan sus estructuras en fuerzas intermoleculares (fuerzas de Van der Waals). Dichas estructuras pueden ser lineales o ramificadas. En función del grado de fuerzas que se producen entre las cadenas pueden adoptar dos tipos de estructuras, amorfas o cristalinas.

- Amorfas: Estructura liada, responsable de las propiedades elásticas de los termoplásticos.
- Cristalinas: Estructura ordenada y compacta, responsable de las propiedades mecánicas.

Debido a su gran variedad los termoplásticos pueden ajustarse mediante la mezcla de la resina termoplástica con otros componentes. Como propiedades generales de los termoplásticos se encuentran:

- Cuando se aplica un impacto a alta velocidad y bajas temperaturas, los termoplásticos se comportan de manera frágil, mientras que con la aplicación de calor se observa un comportamiento más dúctil.
- Los termoplásticos generalmente son materiales aislantes eléctricos.
- Se deforman plásticamente antes de generar rotura.
- Son resistentes al agua y la humedad, y materiales como el polietileno, el propileno y el poliestireno también son resistentes a microorganismos que puedan generar el deterioro del polímero.

Termoestables:

Los polímeros termoestables¹⁰ basan su estructura en cadenas que forman una red tridimensional entrelazados con enlaces covalentes. Pueden moldearse una única vez aplicando presión y temperatura en su fase fluida y antes de que la reacción de polimerización haya finalizado.

Como características generales de los polímeros termoestables¹⁰ se encuentran:

- Son polímeros rígidos y frágiles.
- Presentan una gran estabilidad física y mecánica.
- Su dureza hace que presenten una alta resistencia al impacto.
- Son plásticos que resisten a solventes y a temperaturas altas.

Elastómeros:

La estructura que presentan los elastómeros por medio de enlaces químicos tiende a ser reticulada, formando una especie de red.

Dependiendo del grado de unión y distribución de dicha red se pueden presentar diferentes características que hagan que puedan tener comportamientos similares a materiales termoplásticos o termoestables, por lo que los elastómeros pueden clasificarse como:

- Elastómeros termoestables: Al calentarlos no funden.
- Elastómeros termoplásticos: Al calentarlos funden y se deforman.

Como características generales se encuentran:

- Con la aplicación de calor no funden, pasan directamente a estado gaseoso.
- Son materiales flexibles y elásticos.
- Generalmente insolubles.

Observando las características de los tres tipos de polímeros se puede descartar el uso de elastómeros y termoestables, ya que los elastómeros presentan una flexibilidad y elasticidad que no permitiría a la órtesis¹ la fijación del pie a 90°. Los termoestables¹⁰ quedan descartados debido a su rigidez, ya que como se ha estudiado en el apartado “3.1” la órtesis¹ debe permitir cierta libertad en cuanto al ángulo formado por el pie y la pierna.

Por dichos motivos los polímeros termoplásticos⁸ son los idóneos para realizar la órtesis¹, ya que puede ser fácilmente moldeable, además de que sus características cumplen con las necesidades a satisfacer.

Dentro de los polímeros termoplásticos⁸ se encuentra un gran número de materiales con diferentes características. Se estudian los más comunes analizando sus características, diferentes aplicaciones y precios.

7.2.1.2.2 Materiales termoplásticos.

TABLA 24. ESTUDIO POLICLORURO DE VINILO.

<u>Policloruro de vinilo (PVC)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
-Aspecto: Translúcido. Puede ser tintado. -Resistencia: Es un material rígido, pero mediante el uso de aditivos el PVC puede ser flexible. -Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: No arde por si solo y deja de arder cuando la fuente de calor se ha retirado. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura máx y mín de trabajo: 75°C y -20°C.	-Tuberías -Botellas (Aceite comestibles, shampoos y agua) -Perfiles -Calzado -Recubrimientos de cables y alambre.
	Precio: 1,12 – 1,23 EUR/kg

TABLA 25. ESTUDIO POLIESTIRENO.

<u>Poliestireno (PS)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
-Aspecto: Generalmente transparentes u opacos. -Resistencia: Baja resistencia al impacto, frágil, presentan muy baja elasticidad, aunque los denominados HIPS (poliestireno de alto impacto) alcanzan resistencias al impacto similares a las resinas. -Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Resistente al agua y a químicos inorgánicos. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura máx y mín de trabajo: 103°C y -12°C.	-Estuches de CD y DVD. -Vasos desechables transparentes. -Aislamiento de edificios. -Juguetes. -Embalaje de espuma para equipos electrónicos. -Difusores de luz. -Lentes y espejos.
	Precio: 2,75 – 3,03 EUR/kg

TABLA 26. ESTUDIO POLIAMIDA.

<u>Poliamida (PA)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
<ul style="list-style-type: none"> -Aspecto: Translúcido. Puede ser tintado. -Resistencia: Óptima resistencia mecánica, al desgaste, rigidez y la tenacidad. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Resistencia a la fatiga. Buenas propiedades de deslizamiento. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 100°C y -40°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Ruedas dentadas. -Patines de deslizamiento. -Casquillos. -Contenedores. -Cerdas de cepillos de dientes. -Cubiertas de ruedas de bicicleta. -Sillas. -Asas.
Precio: 3,61 – 3,97 EUR/kg	

TABLA 27. ESTUDIO POLICARBONATO.

<u>Policarbonato (PC)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
<ul style="list-style-type: none"> -Aspecto: Transparente. Puede ser tintado. -Resistencia: Tenaz y muy resistente frente a impactos, rígido. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Es resistente e incluso a altas temperaturas, se muestra efectivo ante la fluencia. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 144°C y -135°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Gafas de seguridad. -Paneles transparentes. -Carcasas de máquinas. -Interruptores eléctricos. -Utensilios de cocina. -Utensilios médicos. -Cascos. -Escudos antidisturbios.
Precio: 3,26 – 3,59 EUR/kg	

TABLA 28. ESTUDIO POLIETILENO.

<u>Polietileno (PE)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
-Aspecto: Translúcido, transparente u opaco, tacto ligeramente ceroso. Puede ser tintado. -Resistencia: Químicamente inerte, es resistente y flexible a temperaturas ordinarias. Muy buena procesabilidad. No se deforma de manera permanente. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Es resistente a la corrosión y a las bacterias. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 110°C y -100°C.	- Botellas de leche. - Juguetes. -Láminas termorretráctiles. -Bolsas de plástico. -Aislamiento de cables. -Cinta de embalaje. -Tupperwares. -Biberones. -Cascos, rodilleras, ...
	Precio: 1,4 – 1,54 EUR/kg

TABLA 29. ESTUDIO TERMOPLÁSTICO DE ACRILONITRILO, BUTADIENO Y ESTIRENO.

<u>Termoplástico de acrilonitrilo, butadieno y estireno (ABS)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
-Aspecto: Opaco, puede ser tintado. -Resistencia: Es muy resistente al impacto, tenaz, estable en altas temperaturas. Alta resistencia mecánica. Material rígido. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Resistente frente a ataques químicos. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 76.9°C y -40°C.	- Cascos de seguridad. -Fontanería. -Rejillas y tapacubos de coche. -Equipamiento interior de automóvil. -Material de acampada.
	Precio: 2,26 – 2,49 EUR/kg

TABLA 30. ESTUDIO TEREFALATO DE POLIETILENO.

<u>Tereftalato de polietileno (PET)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
<ul style="list-style-type: none"> -Aspecto: Transparente. Puede tintarse. -Resistencia: Presenta una alta dureza y rigidez, lo que le hace resistente al desgaste. Es inerte al contenido. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Resistente a químicos, la radiación UV y la humedad. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: +60°C y -40°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Botellas moldeadas por soplado. -Láminas para condensadores. -Accesorios eléctricos y conectores. -Películas decorativas. -Globos metalizados. -Industria fotográfica.
	<p>Precio: 1,65- 1,82 EUR/ kg</p>

TABLA 31. ESTUDIO POLIMETACRILATO.

<u>Polimetacrilato (PMMA)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
<ul style="list-style-type: none"> -Aspecto: Transparente. Puede ser tintado. -Resistencia: Alta resistencia al impacto, más ligero que el vidrio. Presenta una gran dureza, similar a la del aluminio. En lámina es flexible, pero para doblarse debe aplicarse calor. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Tiene fácil combustión sin producir gases tóxicos, pero no es auto extingible. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 56.9°C y -100°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Marquesinas. -Carteles de anuncio. -Embalaje. -Equipos de diseño. -Luces traseras de automóviles. -Sillas. -Ventanas.
	<p>Precio: 2,19 – 2,41 EUR/ kg</p>

TABLA 32. ESTUDIO POLIPROPILENO.

<u>Polipropileno (PP)</u>	
Características:	Aplicaciones principales:
<ul style="list-style-type: none"> -Aspecto: Translúcido. Puede ser tintado. -Resistencia: Al someterse a flexión o fatiga presenta una gran resistencia y no se fractura fácilmente. Es sensible a la luz UV. Frágil a bajas temperaturas. - Aislante eléctrico y térmico. -Seguridad: Es resistente frente a químicos, resistente al agua y evita el traspaso de humedad. -Reciclable: Es un material reciclable. -Temperatura max y min de trabajo: 115°C y -30°C. 	<ul style="list-style-type: none"> -Conductos de aire para automóviles. -Teteras. -Muebles de jardín. -Césped artificial. -Maletas. -Parachoques. -Aspiradores.
	<p>Precio: 1,53 – 1,76 EUR/ kg</p>

Teniendo en cuenta las necesidades que debe cumplir la órtesis¹ se plantea la utilización de cuatro polímeros termoplásticos⁸, como son el policloruro de vinilo (PVC) mezclado con aditivos, termoplástico de acrilonitrilo butadieno y estireno (ABS), el polietileno (PE) y el polipropileno (PP).

Dichos materiales tienen como característica común la flexibilidad y elasticidad, además de su resistencia al agua, función necesaria para poder realizar el antiequino³.

7.2.1.3 Métodos de fabricación.

Para poder estudiar el método de fabricación idóneo para la órtesis¹ se han de tener en cuenta las diferentes formas de obtener objetos de polímeros termoplásticos⁸.

Para trabajar un material termoplástico⁸ existen diferentes operaciones en las que puede trabajar, como son:

- Moldeo por inyección.
- Moldeo por extrusión.
- Moldeo por soplado.
- Moldeo por compresión.
- Método de termo-conformado.
- Moldeo por rotación (rotomoldeo).
- Moldeo por laminado calandrado.
- Moldeo blando.
- Moldeo por inmersión.

La compleja forma de la estructura impide que se pueda realizar en casi la totalidad de los métodos de moldeo anteriormente expuestos, siendo únicamente el moldeo por inyección el método en el cual la órtesis¹ puede ser generada.

El método por inyección consiste en introducir el plástico en forma de grana en la máquina, en la cual el usillo calienta dicha grana hasta alcanzar el estado líquido. Una vez calentado se introduce a presión en un molde cerrado formado por dos o más partes en el cual el plástico se enfría. Una vez enfriada la pieza, el molde se abre y la pieza es extraída mediante unos expulsores.

Para poder realizar la órtesis¹ por inyección se ha de generar con anterioridad un molde que se cerraría entre sí dejando hueca la parte en la que se inyectará el plástico fundido para posteriormente expulsar la pieza acabada.

Debido a la complejidad de la estructura dicho molde debería estar formado por diferentes partes, lo que encarecería el precio de la órtesis¹ ya que su coste de fabricación se elevaría.

Cada día más, gracias al avance de la tecnología, aparecen nuevos métodos de fabricación y procesado de plásticos, alternativas más económicas y con menos restricciones en cuanto a diseño, como es la impresión 3D.

7.2.1.3.1 Impresión 3D e impresoras 3D.

La impresión 3D consiste en la aplicación de material por capas siguiendo un modelo anteriormente creado en 3D.

La impresión 3D permite crear impresiones de prototipos o incluso piezas acabadas funcionales.

Hay diversas formas de impresión 3D, muchas de ellas se rigen por el material o la forma del objeto a imprimir.

Se encuentran cuatro tipos de impresoras 3D dependiendo del proceso en el cual la pieza se crea.

TABLA 33. MÉTODO DE IMPRESIÓN 3D SLS.

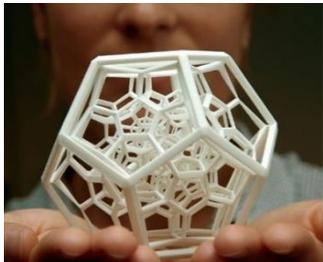
<p>- <u>Impresoras 3D por sinterización selectiva por láser (SLS):</u></p>	
 <p>27. EJEMPLO PIEZA POR IMPRESIÓN SLS POLIMÉRICA.</p>	<p>Este tipo de impresión 3D consigue realizar objetos de plástico o metal funcionales sin recurrir a ensamblajes ni otros métodos de fabricación más complejos.</p> <p>La impresora consta de dos plataformas, una donde se encuentra el material en forma de polvo y otra donde se irá formando la pieza. Es un proceso capa por capa, en el que la máquina posiciona una primera capa de polvo y un láser de CO2 lo calienta hasta conseguir que el polvo solidifique. Posteriormente la máquina baja la plataforma y sube la que contiene el material, posteriormente descarga una segunda capa en la que el láser volverá a fundir el material. Este proceso se repite hasta que la pieza esté finalizada.</p> <p>Una vez acabada la pieza se encontrará sumergida en polvo, ahí la pieza deberá permanecer hasta su enfriamiento, posteriormente se extraerá la pieza y se limpiará mediante aire comprimido u otros medios.</p>
 <p>28. EJEMPLO PIEZA POR IMPRESIÓN SLS METÁLICA.</p>	<p>Materiales: Poliamida (Nylon), Polipropileno, Alumide, PEEK, ...</p>

TABLA 34. MÉTODO DE IMPRESIÓN 3D SLA.

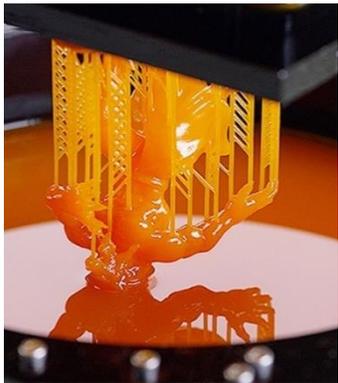
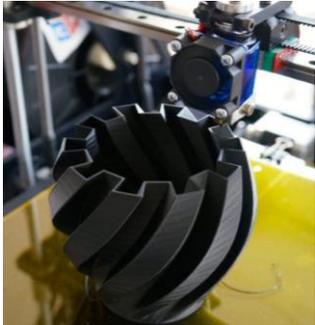
<p>- <u>Impresoras 3D por estereolitografía (SLA):</u></p>	
 <p>29. EJEMPLO PIEZA POR IMPRESIÓN SLA.</p>	<p>La impresión 3D por estereolitografía consiste en la fotopolimerización de resina mediante rayos UV. Dicho sistema permite realizar piezas complejas de alta calidad.</p> <p>La resina se presenta en estado líquido la cual solidifica capa por capa mediante un láser UV, una vez que la primera capa está solidificada la plataforma desciende para crear la siguiente capa. Dicha impresora consta de una cubierta naranja, verde, amarilla o roja protectora del láser UV.</p> <p>Dicho tipo de impresión necesita de un segundo proceso, el de limpieza, en el que se usa un disolvente, denominado como isopropanol que elimina la resina no solidificada.</p>
	<p>Materiales: Resinas tales como accura 25, poly 1500, Xtreme, clear vue, ...</p>

TABLA 35. MÉTODO DE IMPRESIÓN 3D FDM.

<p>- <u>Impresión por deposición de material fundido (FDM):</u></p>	
	<p>Es el método de impresión más sencillo y utilizado. Consta de un filamento que es calentado por la extrusora que deposita capa a capa el material fundido de la pieza que se quiere imprimir sobre una plataforma. El extrusor va imprimiendo de abajo a arriba. Para piezas complejas el propio programa puede generar contrafuertes para poder depositar el material y que éste no caiga ni la pieza se deforme. Una vez acabada la impresión dichos contrafuertes se eliminan y la pieza se despegue de la plataforma con ayuda de una espátula. Dichas piezas suelen necesitar de un posterior limado para eliminar las impurezas que se hayan podido quedar al eliminar los contrafuertes.</p>
<p>30. EJEMPLO PIEZA POR IMPRESIÓN FDM.</p>	<p>Materiales: Polímeros termoplásticos como PLA, ABS, PET, PS, ASA, PVA, ... Aunque su uso puede extenderse para crear piezas de cerámica, o materiales alimenticios como el chocolate.</p>

Analizando los diferentes tipos de impresión se puede concluir según los materiales que emplea cada tipo de impresora, que el proceso de impresión 3D óptimo para realizar la órtesis¹ es la impresión por deposición de material fundido (FDM), ya que es el proceso más sencillo e incluso de 4 extrusores en un mismo cabezal, lo que permite poder disponer diferentes colores en una misma pieza.

Mediante la elección de dicho sistema de fabricación se descarta el uso del polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC) con plastificantes para la fabricación de la órtesis¹ ya y económico que utiliza polímeros termoplásticos⁸.

La impresión por disposición de material fundido permite poder realizar impresiones de más de un color, ya que se encuentran impresoras de dos cabezales exteriores

que no se fabrican bobinas de filamentos para impresoras 3D por deposición de material fundido.

7.2.1.3.2 Impresoras por disposición de material.

Para poder determinar el modelo de impresión en la cual realizar la estructura se debe tener en cuenta las dimensiones aproximadas de la órtesis¹, para ello se tomarán como medidas generales el ancho y el largo del pie del usuario además de una medida tomada por debajo de la rodilla, es decir 100 x 280 x 500 mm.

Se encuentran en el mercado una amplia gama de impresoras 3D por disposición de material que pueden producir piezas que cumplen con las medidas deseadas. Dentro de estos modelos se encuentran marcas de precios muy elevados y modelos mucho más económicos.

Se pretende generar una órtesis¹ económica a la par que funcional y estética por lo que se busca generar la estructura en una impresora económica que consiga los resultados deseados.

Se encuentran los siguientes modelos:

TABLA 36. ESTUDIO IMPRESORA BIG 60 V2 DE MODIX 3D.

<p>- <u>Big 60 V2 de Modix 3D</u></p>	
 <p>31. BIG 60 V2 DE MODIX 3D.</p>	<p>Bandeja de impresión de hasta 130 °C.</p> <p>Superficie de impresión PEI (Polieterimida).</p> <p>Sensor de fin de filamento.</p> <p>Volumen de impresión: 600 x 600 x 600 mm.</p>
	<p>Precio: 3.500 \$ (3.098,72 €)</p>

TABLA 37. ESTUDIO IMPRESORA 3D ARTEMIS 300 ARP DE SeeMeCNC.

<p>- <u>Artemis 300 ARP de SeeMeCNC.</u></p>	
 <p>32. ARTEMIS 300 ARP DE SeeMeCNC.</p>	<p>Bandeja de impresión de hasta 120 °C.</p> <p>Viene con un kit parcial para su ensamblaje con la mayoría de las partes, aunque dicha viene pre – ensamblada.</p> <p>Imprime hasta 280 °C.</p> <p>Volumen de impresión: 290 x 290 x 525 mm.</p>
<p>Precio: 1.999 \$ (1.769,81 €)</p>	

TABLA 38. ESTUDIO IMPRESORA 3D DUPLICATOR 5S DE WANHAO.

<p>- <u>Duplicator 5S de Wanhao.</u></p>	
 <p>33. DUPLICATOR 5S DE WANHAO.</p>	<p>Bandeja de impresión de hasta 120 °C.</p> <p>Imprime a una velocidad de 300 mm/s.</p> <p>Es una de las impresoras FDM más alta del mercado, alcanzando los 860 mm de altura.</p> <p>Volumen de impresión: 305 x 205 x 575 mm.</p>
<p>Precio: 1.659 \$ (1.468,79 €)</p>	

TABLA 39. ESTUDIO IMPRESORA 3D JRC 600 PRO.

- <u>JCR 600 Pro.</u>	
 <p>34. JRC 600 PRO.</p>	<p>Doble boquilla de impresión intercambiables desde 0,2 a 0,8 mm.</p> <p>Doble extrusor basculante de hasta 500 °C.</p> <p>Ambiente calefactado hasta 70 °C y bandeja calefactada de hasta 130 °C.</p> <p>Volumen de impresión: 580 x 400 x 500 mm.</p>
	<p>Precio: 28.500€</p>

TABLA 40. ESTUDIO IMPRESORA DT 60 DYNAMICAL 3D.

- <u>DT 60 Dynamical 3D</u>	
 <p>35. DT60 DYNAMICAL 3D.</p>	<p>Doble extrusor independiente de hasta 500 °C.</p> <p>Temperatura de la cámara/ cama hasta 120 °C.</p> <p>Cuatro modos de impresión: SINGLE, DUAL, TWIN, REFLEX.</p> <p>Diámetros disponibles: 0,2 / 0,4 / 0,8 / 1 / 1,2 mm</p> <p>Volumen de impresión: 600 x 450 x 450 mm</p>
	<p>Precio: 29.500€</p>

Aunque el precio de las impresoras encarezca, se ha de tener en cuenta que la órtesis ha de poder ser personalizable, para ello ha de tener dos extrusores compatibles con filamentos de ABS y que el espacio de trabajo tenga un mínimo de 100 x 280 x 500 mm.

Se encuentra el modelo **JCR 600 Pro**, descrita anteriormente, dicha impresora permite realizar piezas de 580 x 400 x 500 mm además de contar con dos extrusores que permiten imprimir piezas en ABS, PVA, TPU, PLA,

ABS FP, ABS Medical, PC, Nylon, Nylon + fibra de carbono, ... con una precisión de 15 micras que consigue un acabado superficial óptimo, por lo que dicho modelo es óptimo para la realización de la órtesis antiequina³.

Y el modelo **DT 60 Dynamical 3D**, una impresora industrial con un volumen de impresión de 600 x 450 x 450 mm, y una precisión en el eje Z de 1,25 micras y en el eje XT 7,5 micras.

Cuenta con dos extrusores independientes compatibles con PLA, PLA HQ, ABS, ASA, HIPS, TPU, PETG, PETG – CF, PA12 – CF, PVA, PP, PC, PC – ABS, PA12 y PA12-GF. Gracias a la precisión con la que puede fabricar las impresiones dicho modelo es el óptimo para realizar el antiequino³, ya que no necesitaría de ningún proceso post – impresión exceptuando la eliminación de columnas posiblemente generadas.

7.2.1.3 Recubrimientos interiores.

Para el recubrimiento interno de la órtesis antiequina³ se necesita de un material que se adhiera bien al material de la órtesis¹ y que no irrite al entrar en contacto con la piel.

Para ello se tendrán en cuenta materiales usados para el recubrimiento interior de las prótesis⁶ y otros tipos de recubrimientos.

Al recubrimiento interior de la prótesis⁶ se le denomina Liner¹² suele estar formado de (gel) Silicona o (gel) poliuretano, aunque también se encuentran materiales como TPE (elastómero termoplástico) y copolímeros como neopreno con nylon.

TABLA 41. CARACTERÍSTICAS DE LA SILICONA.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>SILICONA:</u> 	
<p>La silicona es uno de los materiales más utilizados para recubrimientos interiores de prótesis⁶ y acabados exteriores imitación piel.</p> <p>Como característica primordial se encuentra su capacidad de repeler el agua, lo que permite una cómoda limpieza.</p> <p>La silicona es usada en diversos ámbitos de la medicina debido a su baja toxicidad, su baja reactividad química y debido a que no es compatible con el crecimiento microbiológico.</p> <p>Su uso también es debido a su estabilidad térmica, ya que sus propiedades permanecen constantes desde los -100 °C hasta los 250 °C, y tiene una excelente resistencia al oxígeno, al ozono y a la luz ultravioleta, lo que hace que el material sea resistente a la intemperie.</p>	 <p>36. MUESTRA DE SILICONA.</p>

TABLA 42. CARACTERÍSTICAS DEL GEL DE POLIURETANO.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>GEL DE POLIURETANO:</u> 	
<p>El gel de poliuretano empezó inicialmente como un material destinado para aplicaciones médicas, pero que poco a poco se ha ido adaptando su uso en diferentes campos, como son la automoción, el diseño, la moda, etc.</p> <p>Mantiene sus propiedades mecánicas a lo largo del tiempo, es resistente al agua y a ambientes salinos. Es idóneo para su uso a la intemperie, ya que resiste a los rayos ultravioletas y al desgaste y su temperatura de uso oscila entre los -30 °C y 80 °C.</p> <p>Su método de fabricación es a partir de moldes de inyección o colada y su método de unión a diferentes materiales es mediante adhesivos.</p>	 <p>37. MUESTRA DE GEL DE POLIURETANO.</p>

TABLA 43. CARACTERÍSTICAS DEL TPE.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>TPE (PLÁSTICOS ELASTÓMEROS TERMOPLÁSTICOS):</u> 	
<p>Presentan las características de un caucho, aunque sea procesable en máquinas para plástico, como el soplado, inyección, extrusión y termo conformado.</p> <p>Son resistentes a la intemperie ya que su temperatura de uso máximo es de -60 °C hasta 60 °C, es resistente al agua y a los rayos ultravioletas, además de a ambientes salinos.</p> <p>Tienen una alta memoria elástica lo que les permite volver a su forma original e incluso cuando dicho material se ha calentado más allá de su punto de distorsión por calor.</p> <p>Su uso es muy variado, este tipo de material se ve aplicado a juguetes, utensilios de cocina, recubrimientos eléctricos, etc, hasta en la industria automotriz como fuelles de dirección y tubos de alimentación de combustible.</p>	 <p>38. MUESTRA TPE.</p>

Para poder determinar cuál es el recubrimiento adecuado para la órtesis¹ se han de tener en cuenta materiales más allá del campo de las prótesis⁶, ya que los liners¹² deben cumplir ciertas características que no son necesariamente aplicables en la órtesis¹, como materiales que permitan realizar sistemas de cierre por presión o ventosa.

El campo de búsqueda de un material óptimo para el recubrimiento interior de la órtesis¹ debe ir más allá que los citados anteriormente. Se pretende utilizar un material que no irrite la piel, elástico para que la órtesis sea lo más cómoda posible para el usuario y que sea fácil de limpiar y mantener.

Con estas características surge una nueva gama de materiales: espuma de poliuretano flexible, etilvinilacetato (EVA) y la espuma de poliéster.

TABLA 44. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPUMA DE POLIURETANO FLEXIBLE.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>ESPUMA DE POLIURETANO FLEXIBLE:</u> 	
<p>El poliuretano se puede presentar en muchas formas, en este caso se usaría la espuma de poliuretano flexible de celda abierta y baja densidad. Dicha espuma se usa frecuentemente como sistema de filtrado debido a su variación de gramaje.</p> <p>El poliuretano presenta un aspecto de esponja perforada, pero manteniendo las propiedades del poliuretano. Tiene una excelente resistencia al agua de lluvia y salina y presenta una excelente resistencia al calor.</p> <p>Sus perforaciones permiten que el agua pueda evaporarse sin crear humedades. Su gramaje se mide por PPI, y dependiendo del uso que se le quiera dar variará de 10 PPI hasta 60 PPI.</p>	 <p>39. MUESTRA ESPUMA DE POLIURETANO.</p>

TABLA 45. CARACTERÍSTICAS DEL EVA.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>ETILVINILACETATO (EVA):</u> 	
<p>Se considera un elastómero termoplástico⁸ ya que muestra una suavidad y flexibilidad similar a los elastómeros, pero que puede ser tratado igual que a los termoplásticos.</p> <p>El EVA es óptimo para el uso a la intemperie, ya que presenta una buena resistencia al agua y a la radiación ultravioleta, además de que su temperatura de fragilidad es de -76 °C, su punto de ablandamiento a 67 °C y su punto de fusión a 89 °C.</p> <p>Dicho material se puede ver aplicado en diferentes ámbitos, como son la medicina, los juguetes, juntas de hermeticidad, etc.</p>	 <p>40. MUESTRA GOMA EVA.</p>

TABLA 46. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPUMA DE POLIÉSTER.

<ul style="list-style-type: none"> • <u>ESPUMA DE POLIÉSTER</u> 	
<p>La espuma de poliéster es una espuma utilizada generalmente para revestimientos, aislamientos, automoción y mobiliario.</p> <p>Presenta una estructura de celda fina, lo que hace que la absorción de agua sea mayor, aunque su resistencia a esta sea alta.</p> <p>Su temperatura de servicio mínimo es de -20°C, y su temperatura de servicio máximo es de 100 °C.</p> <p>Permite una unión adhesiva, química o mecánica.</p>	 <p>41. MUESTRA DE ESPUMA DE POLIÉSTER.</p>

Habiendo analizado los materiales anteriores se concluye que el más idóneo para el recubrimiento interior de la órtesis¹ es la espuma de poliuretano flexible, ya que es un material muy económico que se vende en forma de planchas, por lo que permite recubrir el interior del antiequino³ con facilidad. Además, se puede elegir el tamaño de celda deseado, y controlar el espesor de las láminas.

Es un material resistente al agua y al calor, lo que permite que tras su uso la órtesis¹ pueda ser limpiada sin el riesgo de que se almacenen humedades en el interior de la espuma.

7.2.1.4 Adhesivos.

En cuanto a métodos de unión se necesita un adhesivo que una ABS o Polipropileno con la espuma de poliuretano, para ello se buscan adhesivos específicos de cada material o adhesivos de uso general para plásticos duros.

TABLA 47. ESTUDIO PATTEX NURAL 92.

PATTEX NURAL 92	
<p>Aspecto: Translúcido.</p> <p>Materiales: PVC, ABS, metacrilatos, formica, baquelita, poliuretano, poliestireno, skay, nylon, hule y telas plastificadas, además de metales, madera, cerámica y vidrio.</p> <p>Resistencia: Resistente a líquidos y a temperaturas entre (-30° hasta 150°).</p> <p>No apto para PE, PP y teflón.</p> <p>Dicho adhesivo sería válido para unir ABS con poliuretano.</p>	 <p>42.PATTEX NURAL 92.</p>

TABLA 48. ESTUDIO UNIVERSAL 820 TRANSPARENTE.

UNIVERSAL 820 TRANSPARENTE	
<p>Aspecto: Transparente.</p> <p>Materiales: PVC, metacrilato, poliéster, ABS... entre sí o sobre otros materiales como vidrio, caucho, metales, madera, cerámica, poliuretano, algunas gomas, ...</p> <p>Resistencia: Contiene disolventes inflamables, mantener alejado del calor, vapores tóxicos durante su aplicación.</p> <p>Dicho adhesivo sería válido para unir ABS o Polipropileno con poliuretano.</p>	 <p>43. UNIVERSAL 820 TRANSPARENTE.</p>

TABLA 49. ESTUDIO PATTEX EXTREME PRO.

PATTEX EXTREME PRO	
<p>Aspecto: Translúcido.</p> <p>Materiales: Cristal, vidrio, madera, aglomerados, porcelana, cerámica, mármol, piedra, metales, corcho, fibra de vidrio, cartón, tejidos, fieltro y plásticos como (PVC, ABS, metacrilato, baquelita, policarbonato, poliamida, formica, poliuretano y porexpan)</p> <p>Resistencia: Resistente a líquidos, aceite, disolventes usuales y a temperaturas entre (-30° hasta 150°). Permite mecanizar o taladrar el producto.</p> <p>No apto para PE, PP y teflón.</p> <p>Dicho adhesivo sería válido para unir ABS con poliuretano.</p>	 <p>44. PATEX EXTREME PRO.</p>

Los adhesivos encontrados en el mercado serían válidos para unir ABS con poliuretano, pero es más complicado si se trata de unir polipropileno con poliuretano, y es que el adhesivo universal 820 transparente podría utilizarse, pero su aplicación produce gases tóxicos, es irritativo con la piel y los ojos y no es recomendable utilizar en altas temperaturas, por lo que su uso en la órtesis¹ queda descartado.

Se encuentran pocos adhesivos que puedan unir la totalidad de los plásticos por lo que se investiga otros métodos de unión para la estructura.

Se encuentran pocos adhesivos que puedan unir poliuretano, por lo que se plantea recubrir la espuma. Dicho recubrimiento tiene que ser apto para una unión entre el ABS o el polipropileno, y que a su vez sea resistente al agua y a la humedad, además de poder estar en contacto con la piel sin causar molestia.

Entre dichos materiales se encuentran materiales textiles como el Poliéster, cuyo tejido es muy apretado e impide el paso del agua, la Microfibra, que consta de un revestimiento impermeable, el TPU, poliuretano termoplástico y la Popelina, un material de base natural a la cual se le aplica una capa impermeable.

Como otra solución se encuentra la capacidad de forrar la espuma de poliuretano flexible con una tela no impermeable, ya que la unión de tejido a plástico es mucho más sencilla que de plástico a plástico, aunque dicho recubrimiento tuviera que ser reemplazado por uno nuevo cuando éste se deteriore.

Como mejor opción se encuentra el **PATTEX EXTREME PRO**, para una unión entre ABS y poliuretano, y para una unión entre Polipropileno y poliuretano se tendría que recurrir a un sistema de unión entre tejidos.

7.2.1.5 Cierre y sujeción.

7.2.1.5.1 Investigación de sistemas de cierre y sujeción.

Para asegurar la órtesis¹ a la pierna se plantean diferentes tipos de sujeción, para ello se investigan las diferentes sujeciones que hay en el mercado.

Entre ellas se encuentran el velcro, por presión, por correa y por sistema de presión por cuerdas.

- VELCRO:

Es el sistema de cierre más usado ya que permite una sujeción excelente y la capacidad de poder ser ajustable a la medida deseada.

Como inconveniente está que la estructura necesita la adaptación para introducir la correa de velcro, lo que supone un inserto externo a la órtesis¹ o una unión adhesiva, deteriorando la estructura.

El velcro con el paso del tiempo acaba perdiendo la superficie de sujeción, lo que provocaría que fallara y la órtesis¹ se moviera.



45. EJEMPLOS DE ÓRTESIS CON SUJECIÓN DE VELCRO.

- PRESIÓN:

El sistema por presión es el menos usado, ya que al no constar de ningún tipo de ajuste la órtesis¹ puede moverse provocando que esta no pueda llegar a realizar su función principal.

Para que dicho sistema funcione debe estar sujeto a la pierna mediante mucha presión, lo que puede provocar que para el usuario sea incómodo y que provoque rozaduras.

Es el sistema de sujeción más económico ya que la propia estructura provoca la sujeción. A su vez es el sistema que mejor se puede ocultar bajo la ropa, ya que no tiene ningún elemento externo.



46. EJEMPLO DE ÓRTESIS CON SUJECIÓN POR PRESIÓN.

- POR CORREA:

El sistema de sujeción por correa es el más antiguo, únicamente empleado en órtesis¹ metálicas de corta marcha.

Pese a que su utilización se ha ido descartando es uno de los sistemas más seguros de sujeción, ya que no hay forma de que a mitad de uso la órtesis¹ pueda soltarse, además de ser ajustable.

El material empleado suele ser el cuero, un material muy resistente y que, pese a su deterioro debido al tiempo de uso y otros aspectos como el agua, su funcionalidad no se ve afectada.

La correa necesita de una parte metálica que es la encargada de la sujeción, esta parte puede producir molestia en el usuario.



47. EJEMPLOS ÓRTESIS CON SUJECIÓN DE CORREA.

- TENSIÓN POR CUERDAS (CIERRE DE TENSIÓN DIAL):

Es un sistema innovador por tensiones de cuerda. Dichas órtesis¹ constan de una rueda externa que al girarla tensa o destensa la estructura, siendo esta medida regulable en base al tipo de actividad que se quiera realizar.

Este sistema es también usado en botas de esquí y patines.

Al necesitar una rueda externa supondría una dificultad a la hora de ocultar la órtesis¹ bajo la ropa, ya que sería un elemento que sobre saldría respecto de la estructura.

La incorporación de este sistema de sujeción al diseño de la órtesis¹ necesitaría de insertos metálicos y adaptar el diseño para que la cuerda pasase por dentro de la estructura, un proceso muy complejo.



48. EJEMPLOS ÓRTESIS CON SUJECIÓN DE CUERDAS.

Una vez estudiados los sistemas de cierre convencionales se plantea aplicar diferentes sistemas de cierre al diseño de la órtesis¹, investigando otras aplicaciones.

- SISTEMA DE CARRACA:

Es el sistema usado sobre todo para patines y botas de esquí, que consiste en una cinta plástica con dientes y una carraca que va tensando dicha cinta.

Este sistema es muy seguro ya que el sistema de carraca no permite que se destense la sujeción, únicamente se destensa cuando la carraca se abre.

La incorporación de este sistema de sujeción al diseño de la órtesis¹ necesitaría de insertos metálicos, además de que la carraca sobresaldría de la estructura, dificultando que la órtesis¹ pueda ocultarse con facilidad bajo la ropa.



49. EJEMPLOS DE CIERRE DE CARRACA.

- CORDONES:

El sistema de cierre de cordones es el más usado en calzado. Es el sistema más económico ya que solo necesitaría para su aplicación unos orificios en la órtesis¹ donde introducir los cordones, y el cierre sería manual y ajustable, además de que permitiría al usuario utilizar los cordones que el mismo deseara.

En el caso de no asegurar bien el cierre de cordones puede provocar que estos se destensen y la órtesis¹ se mueva.

El uso de los cordones puede causar que se deterioren, pero su inserción en la órtesis¹ es tan sencilla que estos únicamente pueden ser sustituidos por otros diferentes.



50. EJEMPLOS DE CIERRE POR CORDONES.

- CREMALLERA:

El sistema de cierre por cremallera es menos convencional en el ámbito del calzado, aunque también es usado en diferentes tipos de calzado.

El cierre por cremallera no supondría una alteración del volumen de la órtesis¹ ya que ocuparía el espacio libre del antiequino³. Una vez abrochado es muy seguro ya que no se soltaría a no ser que el usuario quisiera.

Es un sistema muy cómodo y rápido en cuanto a montaje, ya que el usuario puede abrocharlo y desabrocharlo con facilidad.

Como inconveniente está que no es regulable, además de que la aplicación a la órtesis¹ sería mediante adhesión o insertos, lo que dificultaría que cuando la cremallera se viera deteriorada pudiese ser remplazada.



51. EJEMPLOS DE CIERRE POR CREMALLERA.

7.2.1.5.2 Aplicación de sistemas de cierre y sujeción.

- VELCRO:



52. CIERRE DE VELCRO.

- POR PRESIÓN:



53. CIERRE POR PRESIÓN.

- CIERRE POR CORREA:



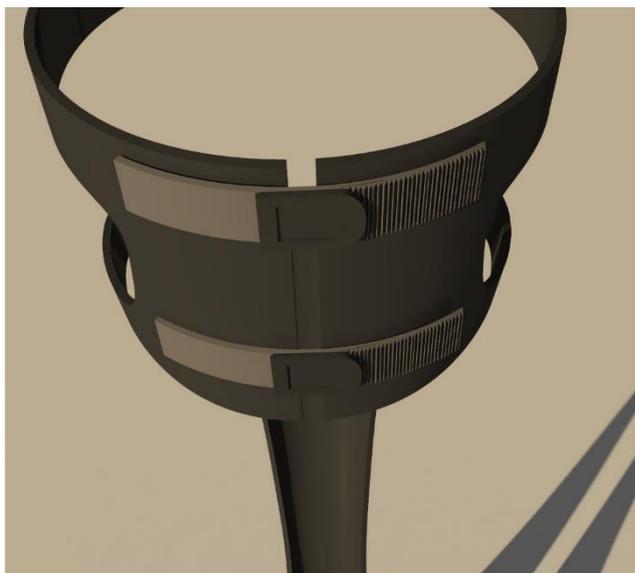
54. CIERRE DE CORREA.

- CIERRE POR SISTEMA DE CUERDAS (CIERRE DE TENSIÓN DIAL):



55. CIERRE POR SISTEMA DE CUERDAS.

- CIERRE POR CARRACA:



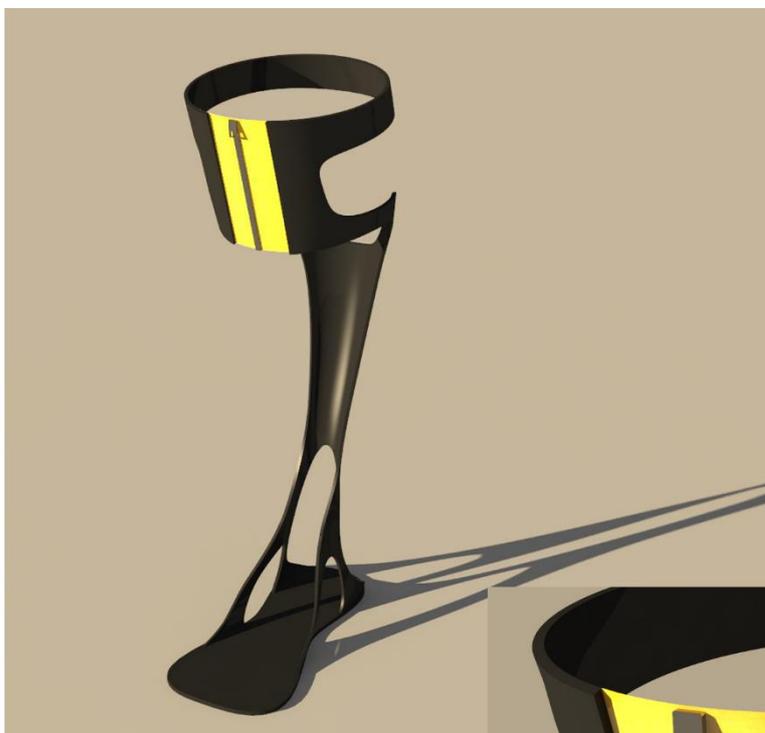
56. CIERRE DE CARRACA.

- CIERRE DE CORDONES:



57. CIERRE POR CORDONES.

- CIERRE POR CREMALLERA:



58. CIERRE POR CREMALLERA.

7.2.1.5.3 Elección final y justificación.

Para poder elegir el sistema óptimo de cierre se han de tener en cuenta una serie de factores, como son:

- Funcional.
- Cómodo de usar.
- Económico.
- Recambiable.
- Estético.
- Personalizable.

Para ello se realizará una matriz de importancia para determina que factor es el más y menos importante, y posteriormente un VTP que indique el sistema óptimo para la órtesis¹.

TABLA 50. MATRIZ DE IMPORTANCIA CIEERES.

	Funcional	Cómodo de usar	Económico	Recambiable	Estético	Personalizable	Total
Funcional	1	0.5	1	1	1	1	5.5
Cómodo de usar	0.5	1	1	0.5	1	1	5
Económico	0	0	1	0	0	0.5	1.5
Recambiable	0	0.5	1	1	1	1	4.5
Estético	0	0	1	0	1	0.5	2.5
Personalizable	0	0	0.5	0	0.5	1	2

TABLA 51. ORDEN DE IMPORTANCIA CIERRES.

Orden (i)	Factor	Peso (g)
1	Funcional	5.5
2	Cómodo	5
3	Recambiable	4.5
4	Estético	2.5
5	Personalizable	2
6	Económico	1.5

Menos importante: 0

Igual de importante: 0,5

Más importante: 1

Una vez realizada la matriz de dominancia se obtiene un orden de importancia de factores, siendo la **funcionalidad** el factor más importante y ser económico el que menos.

Mediante un VTP se sabrá el sistema de cierre óptimo para incluir a la órtesis¹.

TABLA 52. VTP CIERRES.

i	FACTORES:	Peso (g)	PROPUESTAS													
			Velcro		Presión		Correa		Cuerdas		Carraca		Cordones		Cremallera	
			p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g	p	p x g
1	Funcional	5.5	4	22	2	11	4	22	4	22	5	27.5	4	22	3	16.5
2	Cómodo	5	5	25	2	10	4	20	4	20	4	20	4	20	3	15
3	Recambiable	4.5	2	9	1	4.5	3	13.5	1	4.5	1	4.5	5	22.5	2	9
4	Estético	2.5	4	10	4	10	1	2.5	3	7.5	4	10	3	7.5	4	10
5	Personalizable	2	1	2	0	0	3	6	1	2	1	2	4	8	2	4
6	Económico	1.5	4	6	5	7.5	3	4.5	1	1.5	1	1.5	5	7.5	3	4.5
		21	74		43		68.5		57.5		65.5		87.5		59	
VTP			0.70		0.40		0.65		0.54		0.62		0.83		0.56	

Los valores del VTP se encuentran entre el 0 y el 1, siendo aquellos más próximos al 1 el sistema de cierre que mejor se adaptan a los factores descritos.

Para la obtención de dichos resultados se han realizado los siguientes cálculos:

$$Vtp = \frac{\sum_{i=1}^n pi * gi}{p_{max.*\sum_{i=1}^n gi}$$

El cálculo del VTP es similar al VTP realizado en el apartado 6.2.

Según los resultados obtenidos por el VTP muestra que el sistema por cordones es el óptimo para la órtesis¹.

Funcional: El sistema por cierre de cordones es un sistema seguro y fiable ya que se puede asegurar con un doble nudo cuya probabilidad de que se deshaga es muy baja, y en el caso de que falle el sistema es muy fácil y rápido de volver a asegurarlo a la pierna.

Cómodo: Los cordones tienen la capacidad de poder ser ajustado a la medida que el usuario desee, pudiendo ajustarse más a la pierna para actividades físicas medias – altas, o un ajuste más ligero para actividades físicas bajas. Los cordones sustituyen una parte de la órtesis¹, y al ser un material textil genera una baja molestia al usuario.

Recambiable: Los cordones se pueden cambiar según el gusto del usuario, pudiendo elegir el color, la forma y la textura. Una vez que dichos cordones se deterioren simplemente son extraídos de la estructura por los orificios y recambiados por otros nuevos, sin necesidad de adquirir una nueva órtesis¹ o necesitar de adhesivos ni insertos exteriores.

Estético: Al ser el sistema más usado en calzado su uso evoca al concepto de calzado, evitando el concepto de aparato ortopédico. Los cordones pueden ser cambiados al gusto del usuario.

Personalizable: Como se ha ido citando anteriormente el usuario puede cambiar al gusto los cordones en cada momento, dejando una infinita gama de combinaciones, jugando con colores, texturas y formas.

Económico: Es un sistema muy económico ya que la adquisición de cordones es muy sencilla y a muy bajo coste, además de su sustitución únicamente implica la compra de otro cordón. Su vida útil es larga debido a su resistencia.

7.2.1.6 Modelado 3d.

Para realizar el modelo 3D se escanea por partes la pierna afectada del usuario. Dichas partes se juntan mediante el programa "Meshlab" consiguiendo una visión completa a escala real de la pierna izquierda.

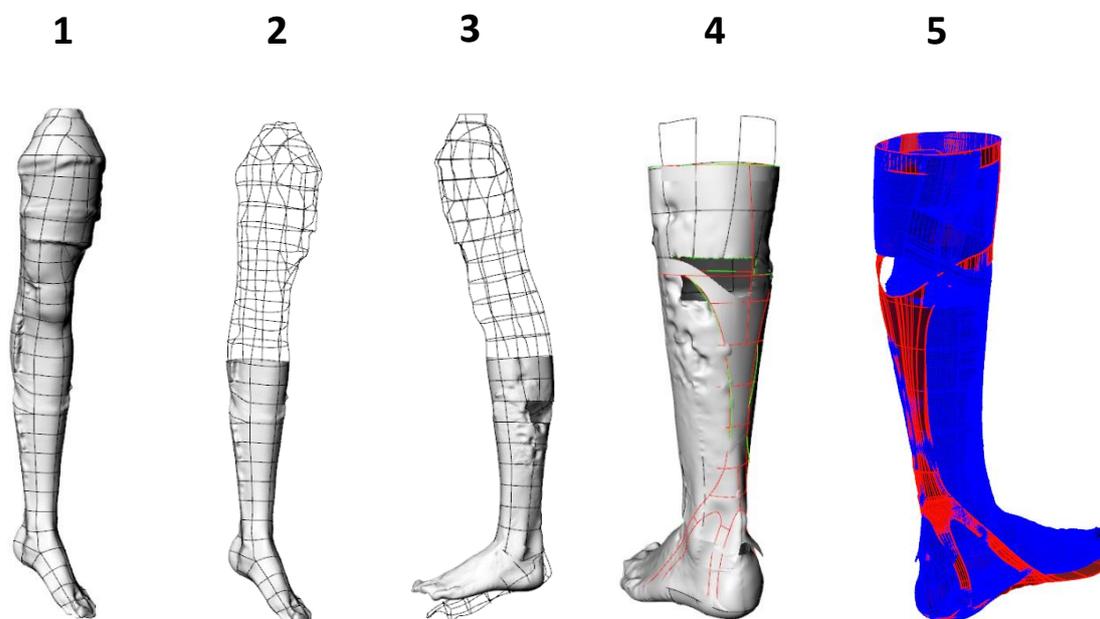
Para realizar el modelo 3D se introduce el escaneado a modo de superficie en el programa Rhinoceros y mediante la activación de los puntos de control del archivo escaneado se trazan líneas de construcción que posteriormente servirán para la realización de la superficie final.



59. VISTAS DE LA PIERNA ESCANEADA.

- Se parte del escaneado completo de la pierna. Este escaneado se trata como superficie sacando líneas guía para poder sacar el diseño de la órtesis¹ totalmente adaptada a la pierna, tal como aparece en la imagen **número 1**.
- Se corta la superficie por la altura debajo de la rodilla, que es la altura final que tendrá la órtesis¹ como se puede ver en la imagen **número 2**.
- El escaneado se realizó estando la pierna del usuario en suspensión, lo que provocó que la postura del pie no fuera a 90°. Este hecho se corrige en el archivo 3D usando como punto de rotación el hueso astrágalo⁹ aunque sin llegar a posicionar por completo la planta a 90° ya que al usuario le resulta incómodo. Permite tener las curvas adecuadas en el talón pero deforma ligeramente la parte delantera. El diseño de la órtesis¹ libera por completo la parte del empeine, por lo que no supone problema alguno a la hora de realizar la estructura en la imagen **número 3**.

- Mediante las superficies y guías iniciales se trazan las nuevas guías que constituirán el diseño definitivo de la órtesis¹, quedando adaptadas por completo a la curvatura de la pierna tal como se ve en la imagen **número 4**.
- Por último, se perfeccionan las curvas debido a las irregularidades de las superficies y del propio pie, creando superficies más lisas siguiendo la estructura de la pierna como aparece en el **número 5**.

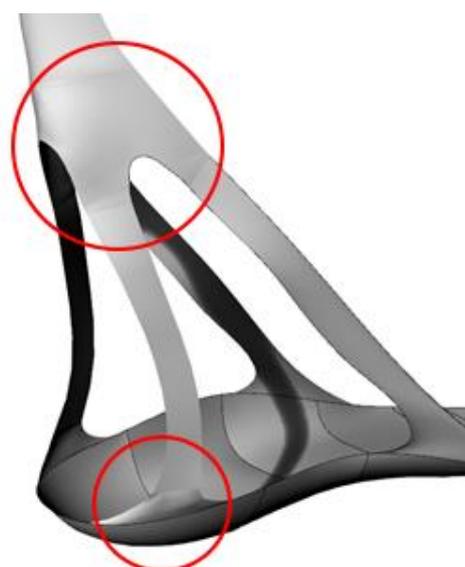


60. EVOLUCIÓN DEL MODELADO 3D.

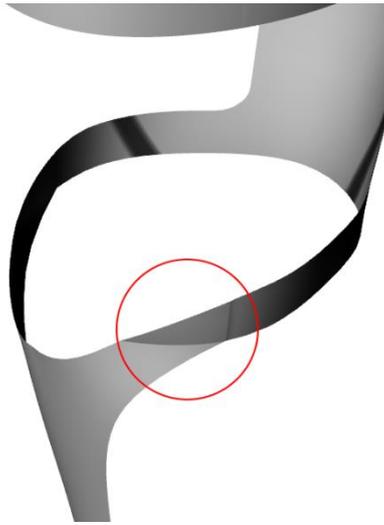
Debido a la complejidad de algunas partes de la órtesis¹ se han generado imperfecciones en las superficies, estas imperfecciones pueden ser eliminadas mediante la activación de los puntos de control de cada superficie.



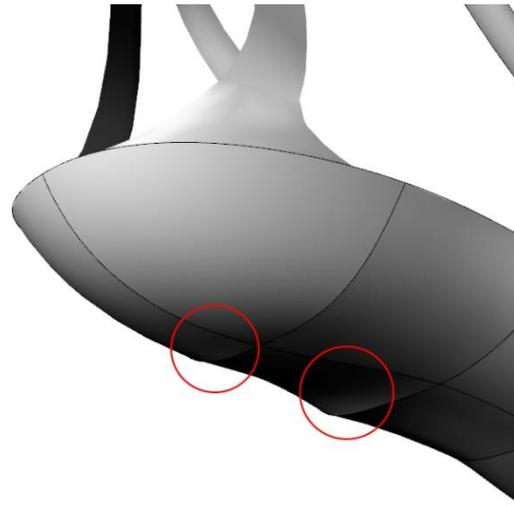
61. SUPERFICIE DE LA ÓRTESIS.



62. DETALLE IMPERFECCIONES 1.

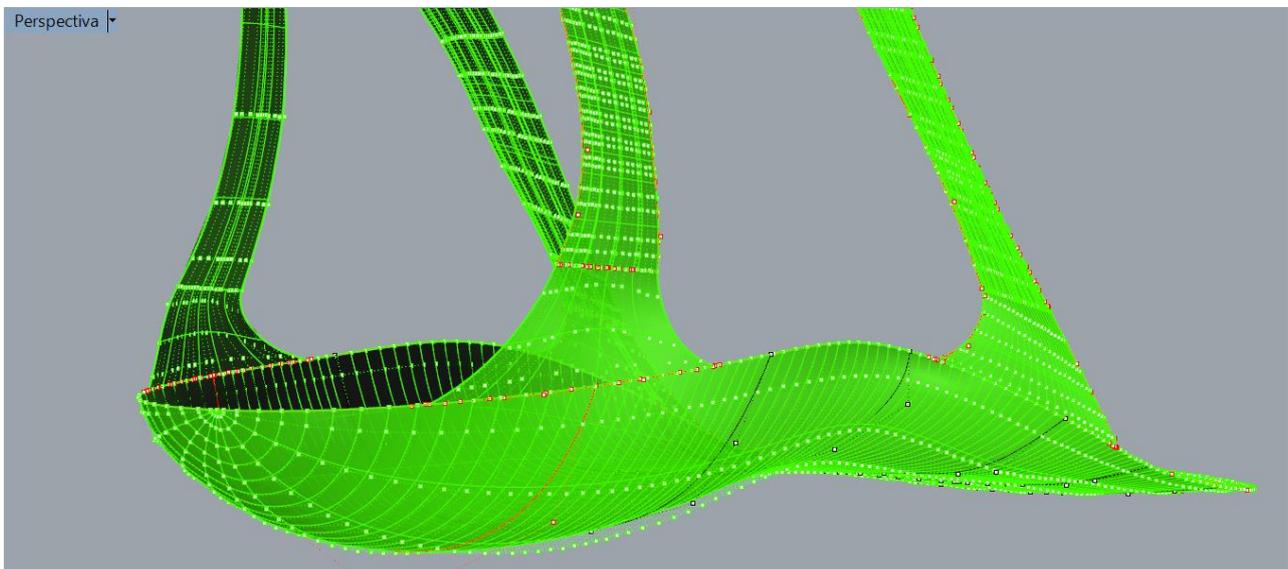


63. DETALLE IMPERFECCIONES 2.



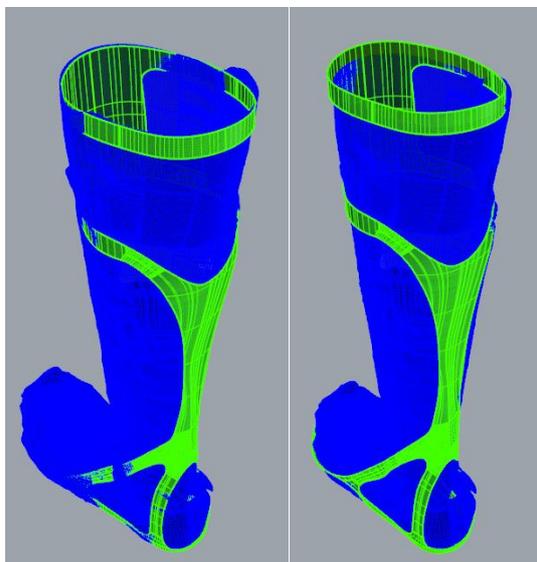
64. DETALLE IMPERFECCIONES 3.

Una vez activados los puntos de control se trata de localizar las superficies afectadas y de generar unas nuevas líneas de construcción que omitan las irregularidades; generando así nuevas superficies.



65. PUNTOS DE CONTROL EN SUPERFICIE.

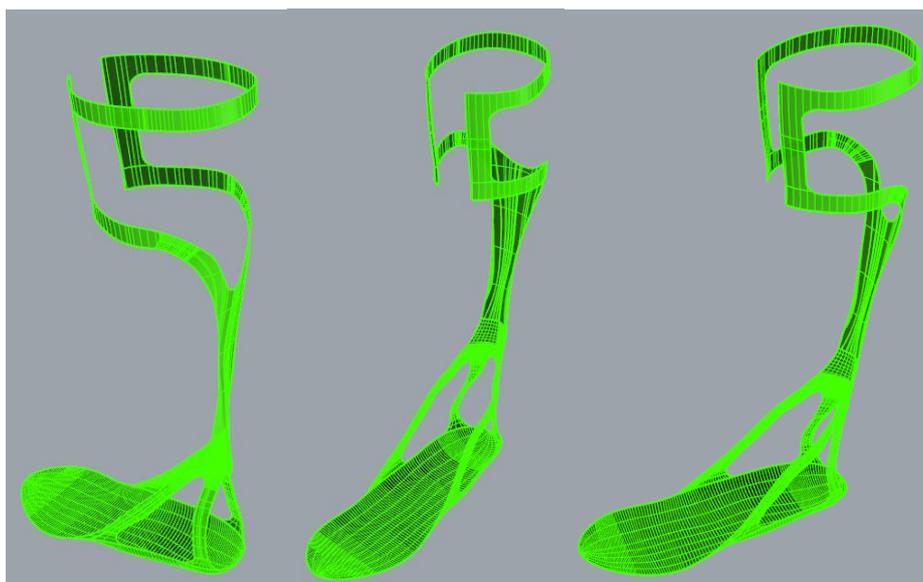
Una vez realizada la optimización de las superficies, estas se han de unir hasta formar una polisuperficie. Esta polisuperficie se genera a partir del escaneado del usuario, por lo que se ha de tener en cuenta la tolerancia para otorgarle el espesor adecuado e introducir el recubrimiento interior, además de cierta holgura para que el usuario pueda llevarlo con comodidad.



66. SUPERFICIE SIN TOLERANCIA Y SUPERFICIE CON TOLERANCIA DE 6 MM POR CADA LADO.

Cuando la superficie está acabada, el archivo se exporta como.STL, lo que permite que el programa de la impresora 3D pueda leerlo y posteriormente imprimirlo.

El modelo puede ser exportado como superficie para otorgarle el espesor deseado en el programa de impresión 3D o bien darle un espesor en el programa de modelado a riesgo de que este pueda fallar.



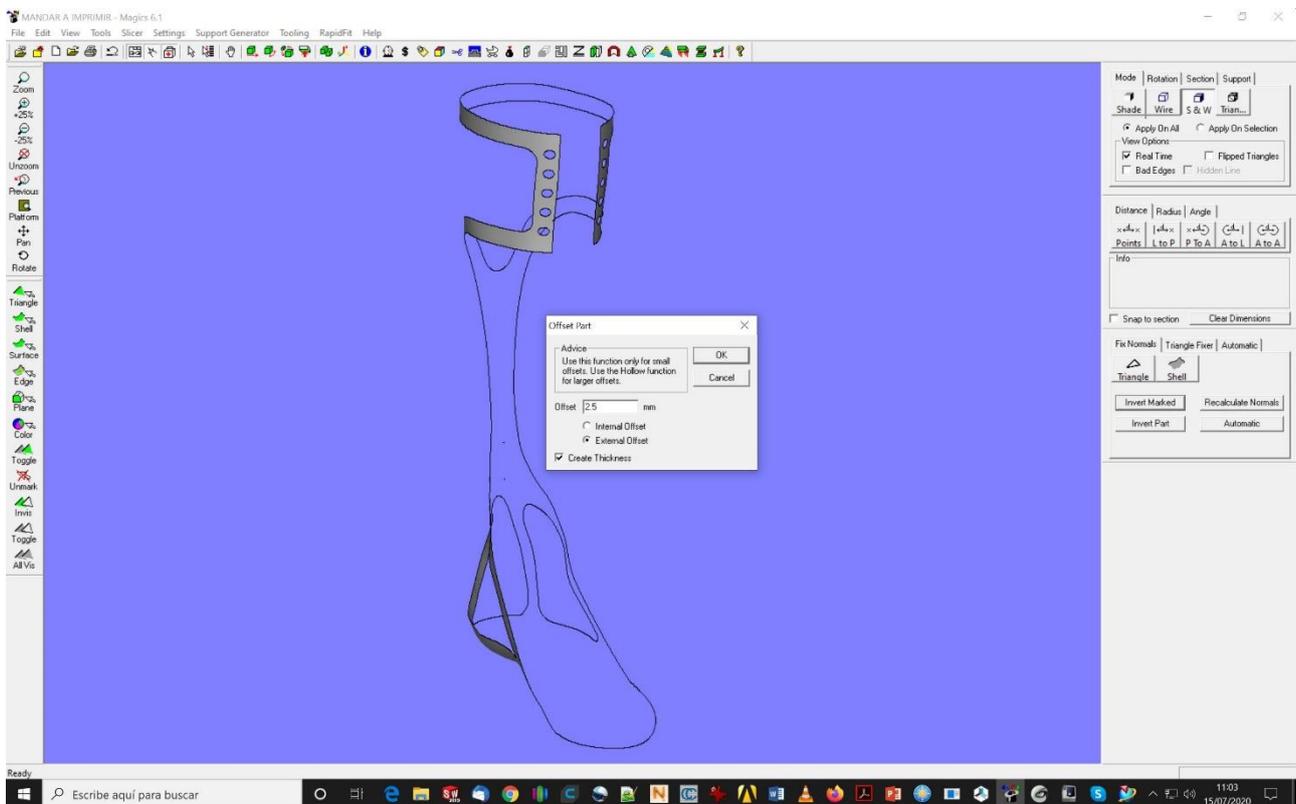
67. SUPERFICIE FINAL.

7.2.1.7 Fabricación.

El método de fabricación anteriormente citado en el apartado “7.2.1.3”, es la impresión 3D por disposición de material. Este es un sistema innovador que permite realizar piezas complejas de plástico de una manera económica.

Para poder realizar el modelo en 3D se parte de un archivo guardado como superficie lo que permitirá ser abierto por los softwares necesarios para su impresión.

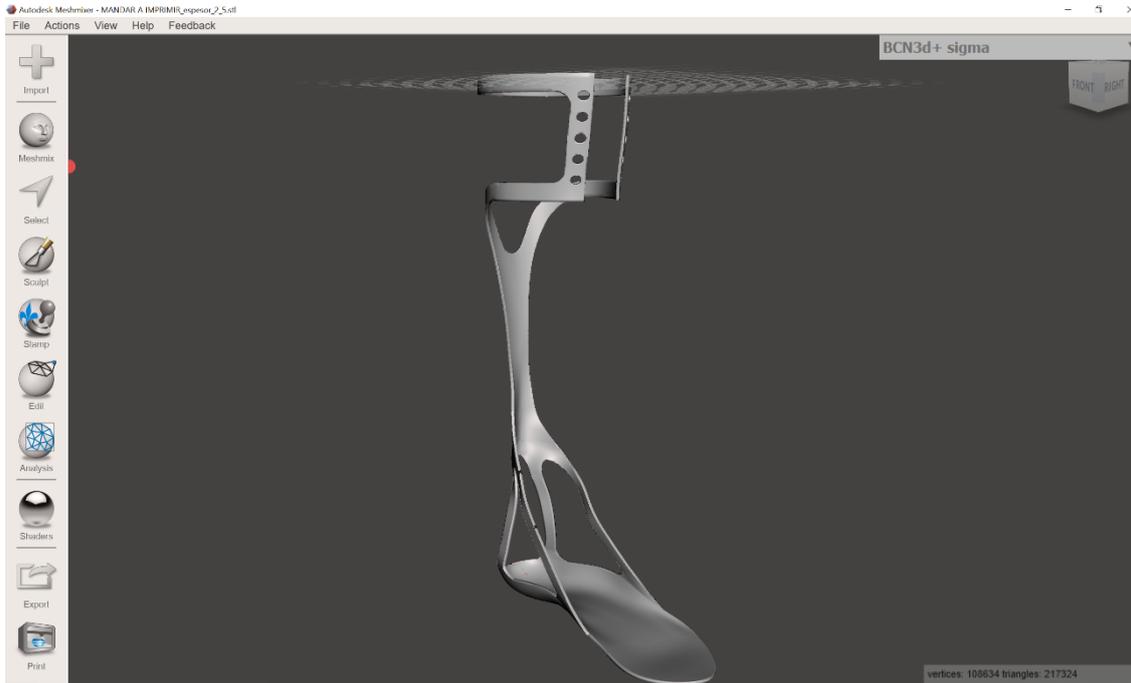
Como se ha trabajado como superficie, la órtesis¹ no tiene espesor por lo que se usa el software “magics” para asignárselo.



68. VISUALIZACIÓN DE LA SUPERFICIE EN EL SOFTWARE "MAGIC".

Se aplica un espesor de 2,5 mm hacia afuera, con lo que las dimensiones interiores no cambian y el pie puede adaptarse a la superficie creada inicialmente.

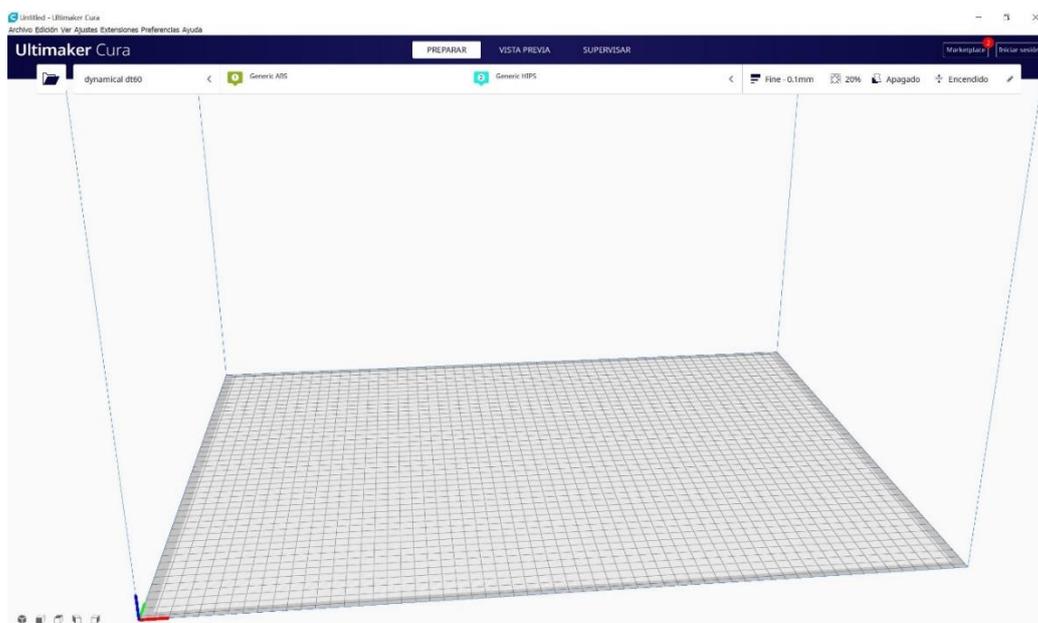
Mediante el uso del software “Meshmixer” se exporta el archivo como .stl con el espesor ya dado para su posterior impresión.



69. VISUALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA CON ESPESOR.

Para simular la impresión 3D se utiliza el software “Ultimaker cura” en su versión 4.6.1, seleccionar la impresora **DT60 Dynamical 3D**, como se ha comentado en el apartado “7.2.1.3.2”, e introducir sus características y dimensiones.

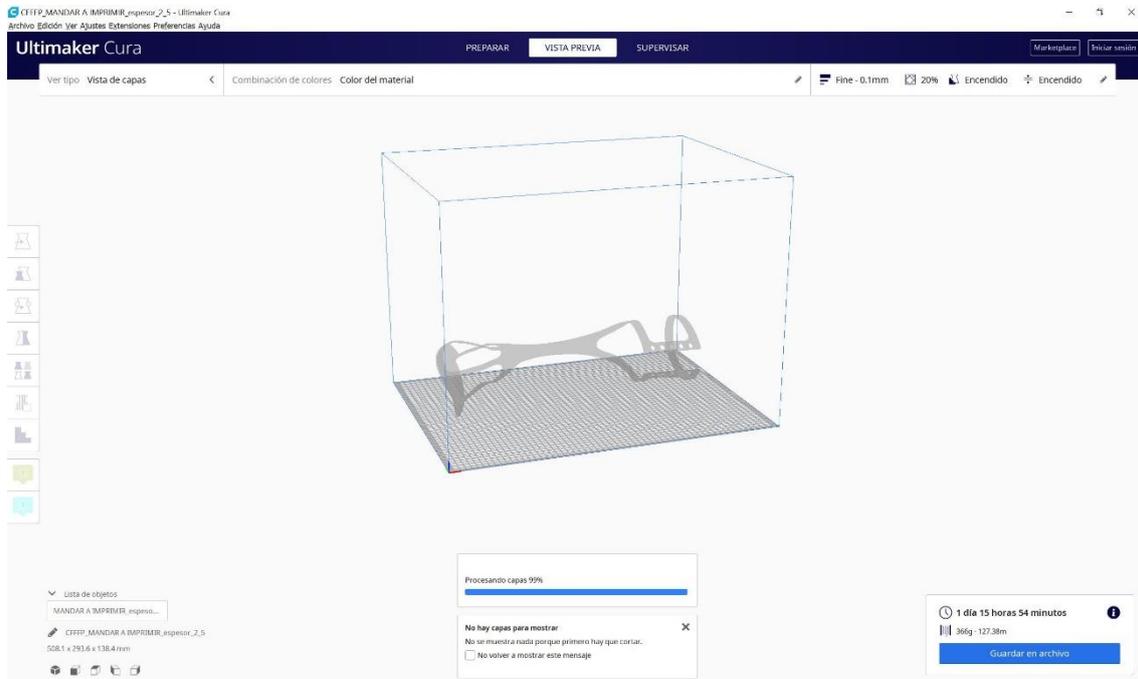
El programa genera un espacio de trabajo similar al de la impresora 3D seleccionada.



70. ESPACIO DE TRABAJO SIMULADOR ULTIMAKER CURA.

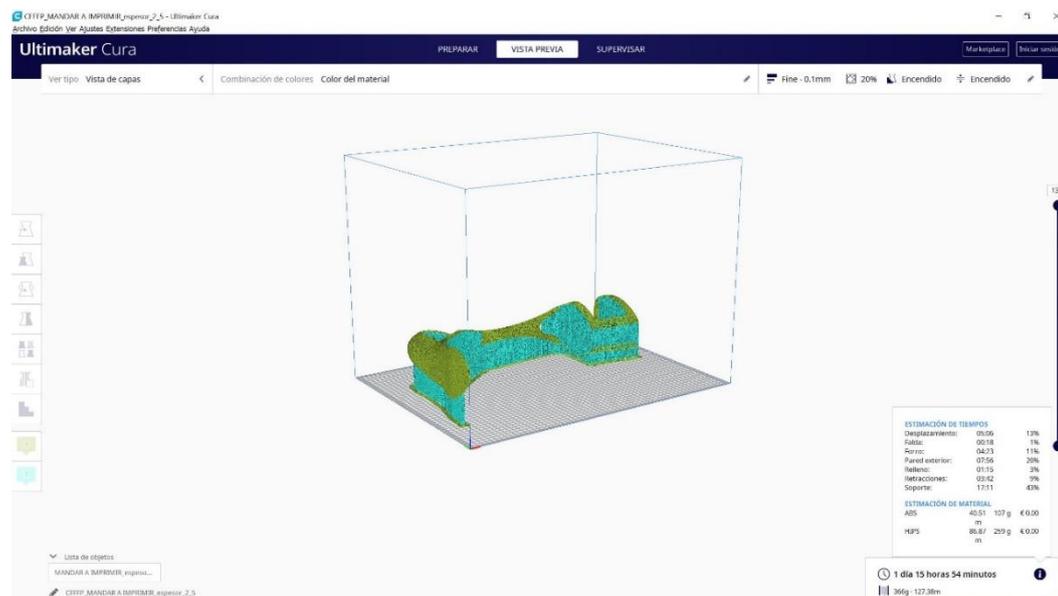
La impresora consta de dos cabezales independientes, por lo que un extrusor se utilizará para el ABS y otro extrusor para los soportes en HIPS (Poliestireno de alto impacto). Se utiliza como material soluble el limoneno¹³.

Para poder ser impresa de forma completa, la pieza ha de posicionarse tumbada lateralmente sobre la base de la impresora.



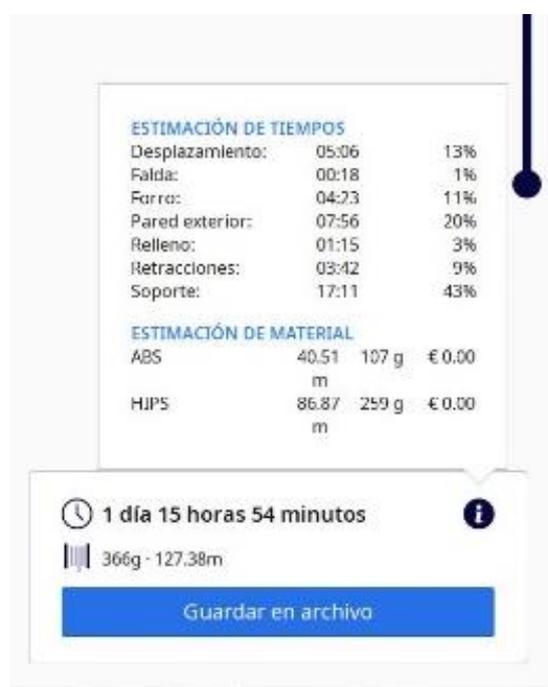
71. POSICIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA EN LA CAMA DE LA IMPRESORA 3D.

Como el material caliente se deposita capa a capa, algunas partes pueden deformarse al no tener sujeción donde el material pueda enfriarse, por lo que el propio software de la impresora 3D genera unas columnas, que una vez impresa la pieza, se eliminarán.



72. COLUMNAS GENERADAS PARA LA IMPRESIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Una vez acabado el proceso, el propio software indica la cantidad de material utilizado y el tiempo en el que se tarda en obtener la órtesis¹ impresa.



73. TIEMPO Y MATERIAL UTILIZADO PARA LA IMPRESIÓN.

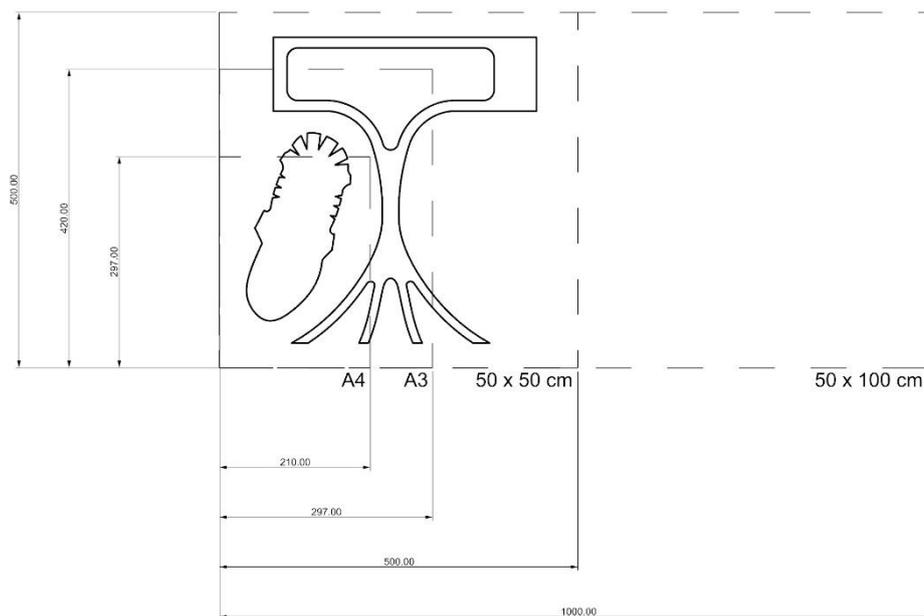
Se ha utilizado un total de 107g de ABS para la estructura y 259g de material de soporte HIPS. El tiempo de impresión es de 1 día, 15 horas y 54 min.

Una vez extraída la estructura se han de eliminar los soportes de HIPS con la ayuda de unos alicates. Dichos soportes pueden dejar imperfecciones en la estructura que han de ser lijados y pulidos hasta conseguir un mejor acabado.

Para el recubrimiento interior se ha de tener en cuenta que los cordones utilizados para asegurar la estructura pueden generar molestias al estar en contacto directo con la piel, por lo que parte del recubrimiento interior se alarga para posicionarse entre los cordones y la piel del usuario.

Se utiliza espuma de poliuretano flexible. Esta espuma se encuentra en establecimientos especializados en filtraciones de aire y agua.

En este caso se utilizará una plancha de espuma de poliuretano flexible de 5 mm de espesor de celda abierta y 45 PPI (poros por pulgada). Estas planchas se pueden encontrar en tamaños A4, A3, 50 x 50 cm y 50 x 100 cm. Para poder determinar la plancha en la que la órtesis puede ser realizada se realiza un patronaje del recubrimiento interior, tomando las medidas a partir de la estructura.



74. ELECCIÓN PLANCHAS DE POLIURETANO.

Al posicionar el recubrimiento interior de la órtesis¹ en láminas que se encuentran en el mercado se debe dejar un espacio entre los bordes de la lámina y las piezas para que al operario le resulte más cómodo el cortar y extraer las partes de la lámina deseadas.

Se ha de utilizar la plancha de 50 x 50 cm ya que sobre el resto de las medidas no se podría posicionar al faltar o sobrar demasiado material.

1

2

3

4

FICHA DE PATRONAJE

Nombre del diseño: Órtesis antiequina

Grosor de la lámina:
5 mm

Marca:

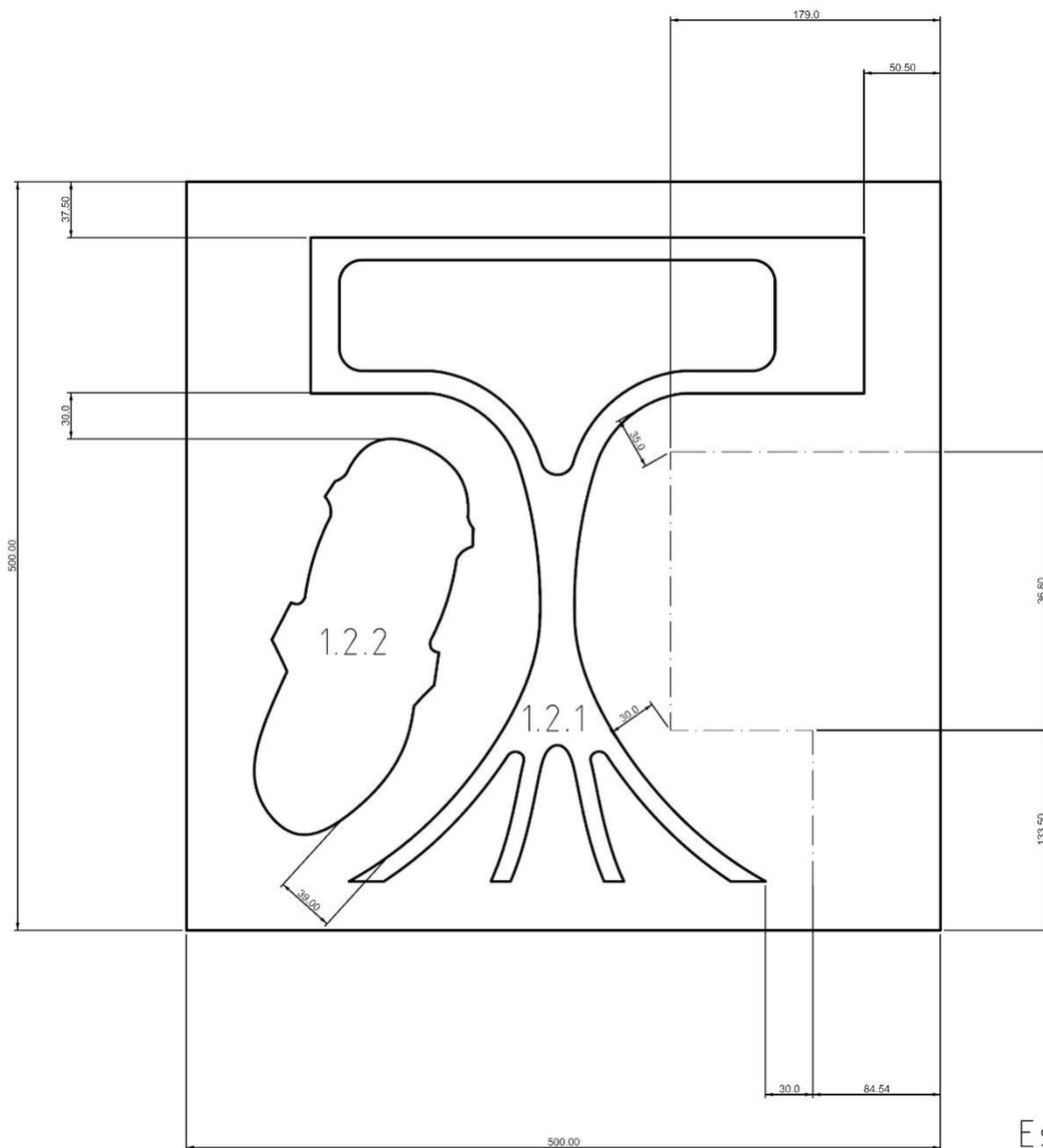
1.2.1

1.2.2

Nº de piezas

1

1



Escala: 1:5

$$\begin{aligned}
 &500 \times 500 - (36,8 \times 179 + 133,5 \times 84,54); \\
 &500 \times 500 - (6587,2 + 11286,09); \\
 &500 \times 500 - 17873,29; \\
 &250000 - 17873,29; \\
 &232126,71 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

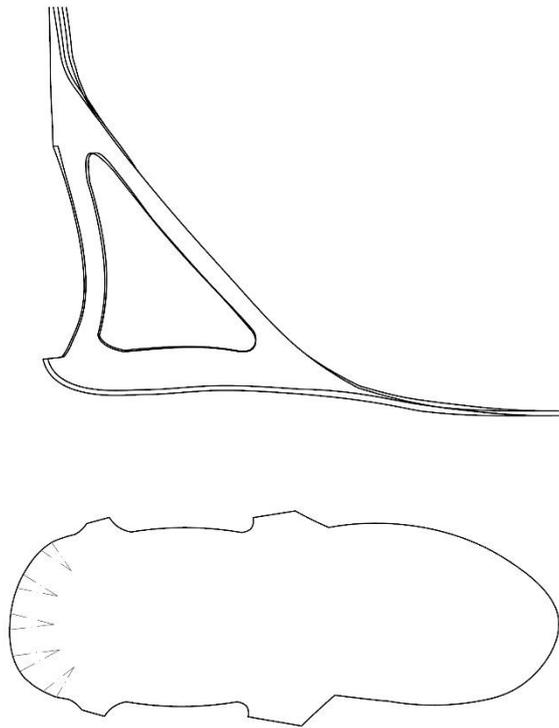
$$232126,71 \times 5 = 1160633,55 \text{ mm}^3$$

Al posicionar las piezas en la lámina, sobra una gran cantidad de material, por lo que la colocación de las piezas debe optimizar al máximo el espacio y el material. Teniendo en cuenta el margen de 30 mm se puede extraer parte de la lámina para su utilización. Es el motivo por el cual en el plano anterior se extrae parte de la lámina.

Extrayendo dicha parte de la lámina se utiliza un total de $1160633,55 \text{ mm}^3$ de material, del cual la parte de la plantilla ocupa $113284,979 \text{ mm}^3$ y la parte de la estructura $148323,5055 \text{ mm}^3$; es decir un total de $261608,4845 \text{ mm}^3$, quedando un residuo de material de $899025,0655 \text{ mm}^3$.

Para determinar el peso del material utilizado se ha de multiplicar el volumen por la densidad del material, que en este caso es de 34 kg/m^3 ; es decir, $0,0002616084845 \text{ m}^3$ que multiplicado por la densidad da un total de **0,00894688473 kg**, equivalentes a **8,94688473 g**, quedando un residuo de $0,03056685223 \text{ kg}$; es decir, $30,56685223 \text{ g}$, una cantidad muy elevada teniendo en cuenta el material útil, pero no al tratarse de un material a medida. En caso de producirse industrialmente, el material podría optimizarse para conseguir la menor pérdida de material posible.

Una vez extraídas las partes del recubrimiento se observa que es plano y la parte de la estructura curva. Para ajustarlo se han de realizar incisiones posteriores a su extracción con el fin de lograr que el recubrimiento interior se amolde a la curva de la estructura. Al ser un material elástico en forma de espuma no supone ningún problema ajustar la forma a la curva.



75. EJEMPLO CORTES DEL RECUBRIMIENTO INTERIOR DE LA PLANTILLA.

Para conseguir la mayor precisión posible, los recortes se realizan cuando se une a la estructura

7.2.2 VIABILIDAD ECONÓMICA.

En este apartado se muestra un presupuesto del producto simplificado cuyos datos se especifican en el apartado “VI. Estado de mediciones y presupuestos”.

Se miden aspectos de forma general como son el material, las máquinas, el utillaje, el montaje y los elementos comerciales.

TABLA 53. PRESUPUESTO.

Descripción	Cantidad	Precio (euros)
Material	-	8,321
Maquinaria	2	108,532
Utillaje	3	0,814
Montaje		42,38
Elementos comerciales	1	3,90
Total:		163,9

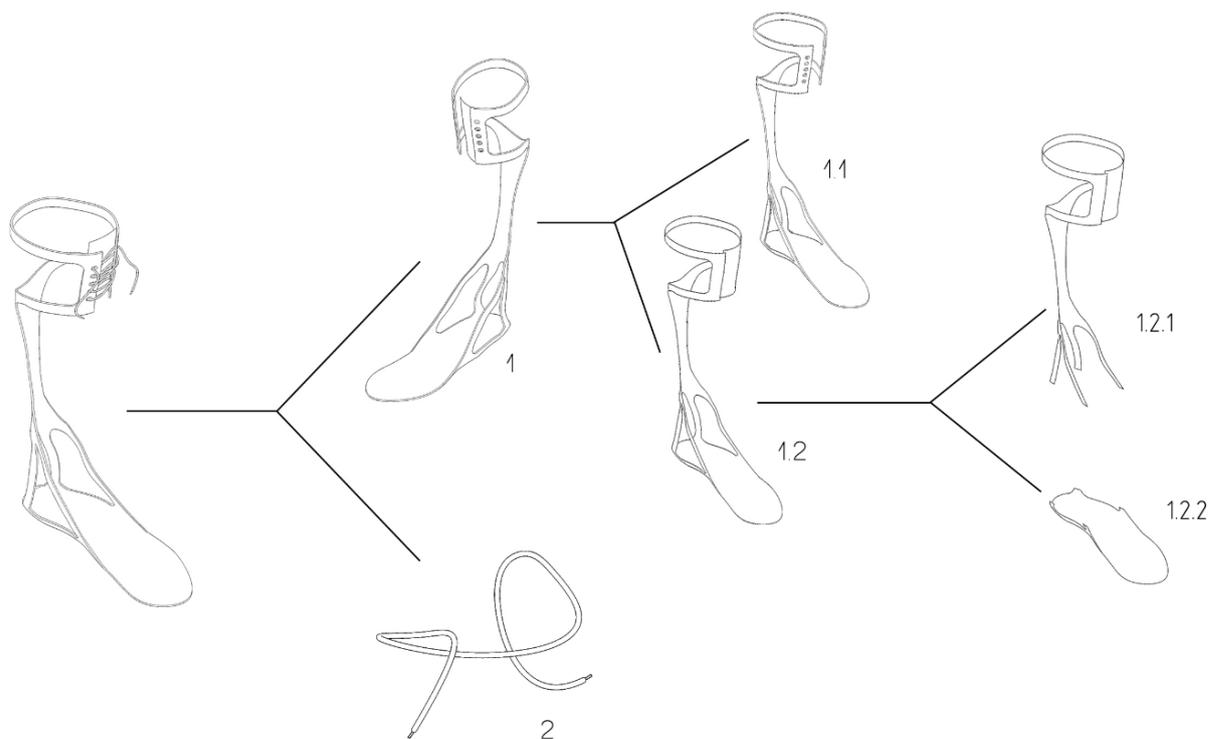
El precio final es el de 163,9 €, igual que el estudio de mediciones y presupuestos indica.

7.3 ESQUEMA DE DESMONTAJE Y DIAGRAMA SISTÉMICO.

Para entender el montaje del producto se realiza un esquema de desmontaje en el cual se separan y nombran las partes de la órtesis¹. Este esquema se entiende por subconjuntos separándose las partes que conforman cada subconjunto.

Inicialmente se separan los elementos que pueden ser extraídos manualmente desligándolos en dos partes, los cordones y la estructura con el recubrimiento interior; esta última, a su vez, se divide entre la estructura y el recubrimiento unidos por el adhesivo.

Como se ha comentado anteriormente la estructura interior se divide en dos partes, la plantilla y la parte superior.



76. ESQUEMA DE DESMONTAJE.

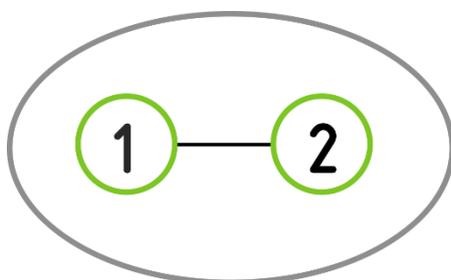
En este apartado se realiza un sistema en el que se observan las conexiones de cada elemento de la órtesis¹; es decir, los contactos entre las piezas.

Al ser impreso en una sola pieza, encontramos cuatro elementos que conforman la órtesis¹ divididos entre comerciales y no comerciales.

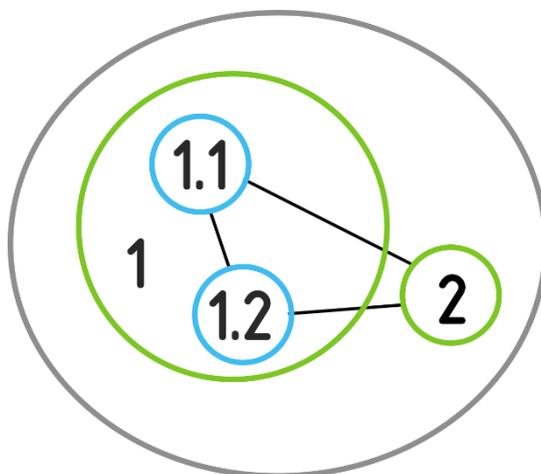
En la siguiente tabla se aprecia la asignación dada a cada elemento, el material del que está compuesto y su método de fabricación.

TABLA 54. ASIGNACIÓN GRAFO SISTÉMICO.

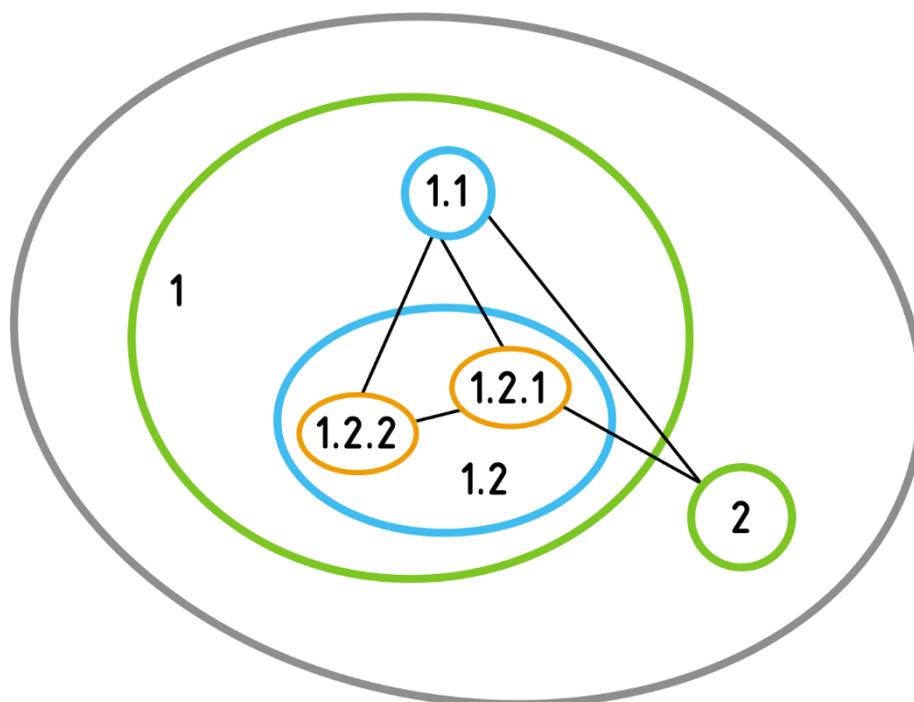
Asignación	Descripción	Material	Fabricación
1	Subconjunto: Estructura y recubrimiento interior		
1.1	Estructura	Polipropileno o ABS	Impresión 3D
1.2	Subconjunto: Partes recubrimiento interior.		
1.2.1	Forro interior parte superior	Espuma de poliuretano flexible.	Comercial/ Recortado
1.2.2	Forro interior parte inferior	Espuma de poliuretano flexible.	Comercial/ Recortado
2	Cordones	Material textil	Comercial



77. DIAGRAMA SISTÉMICO CONJUNTO.



78. DIAGRAMA SISTÉMICO SUBCONJUNTO 1.1



79. DIAGRAMA SISTÉMICO SUBCONJUNTO 1.2

Mediante el diagrama sistémico se puede ver que la mayoría de los elementos están en contacto entre sí, exceptuando el elemento 1.2.2 con el 2, ya que la marca 1.2.2 corresponde a la parte inferior del recubrimiento interior, la parte de la plantilla, y el elemento 2 a los cordones.

7.4 ANALISIS ESTRUCTURAL.

Para realizar el cálculo estructural se estudian dos materiales que cumplen las características necesarias para la órtesis y que pueden ser utilizados en impresión 3D por disposición de material: el polipropileno y el ABS.

Para realizar el estudio correctamente se tendrán en cuenta las fuerzas calculadas en el apartado "3.2", además de estudiar el comportamiento del material con diferentes espesores y observar la deformación en cada caso.

TABLA 55. TENSIONES Y DEFORMACIONES DEL ABS SEGÚN EL ESPESOR.

ABS		
Fuerza ejercida por el usuario		
Espesor (mm)	Tensión (MPa)	Deformación (mm)
1	29,561	36,941
1,5	16,255	17,092
2	10,033	9,983
2,5	6,742	6,565
3	4,911	4,589
3,5	3,729	3,387
4	2,969	2,575
Límite elástico: 41,4 MPa		
Límite plástico: 44,3 MPa		

Según el límite elástico del ABS, ningún espesor, con la fuerza ejercida por el usuario deformaría permanentemente la estructura.

TABLA 56. TENSIONES Y DEFORMACIONES DEL PP SEGÚN EL ESPESOR.

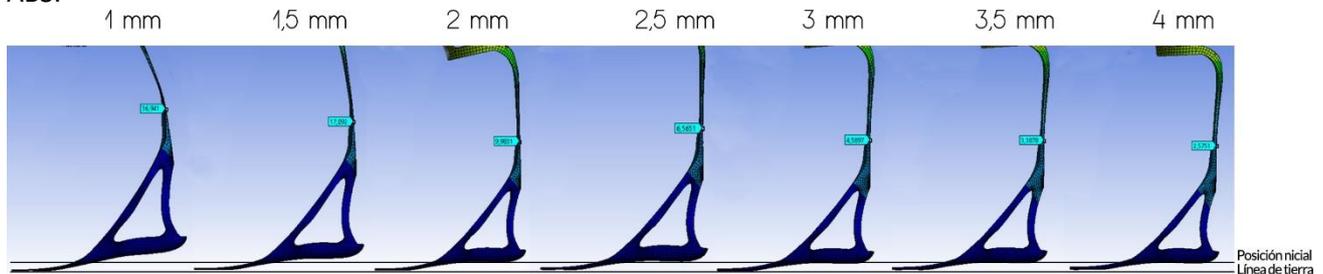
Polipropileno (PP)		
Fuerza ejercida por el usuario		
Espesor (mm)	Tensión (MPa)	Deformación (mm)
1	29,588	93,587
1,5	16,261	43,807
2	10,031	25,694
2,5	6,740	16,771
3	4,782	8,822
3,5	3,586	11,79
4	2,780	6,597
Límite elástico: 26,2 MPa		
Límite plástico: 29.9 MPa		

Como se puede observar, el polipropileno con el espesor de 1 mm generaría una deformación permanente de casi rotura.

El material y el espesor debe permitir cierto grado de libertad para que el usuario pueda caminar con comodidad. Para ello se debe observar la deformación generada en las diferentes posiciones a las que la órtesis¹ va a estar sometida.

Dicho estudio de la deformación se realiza mediante las fuerzas generadas por el usuario.

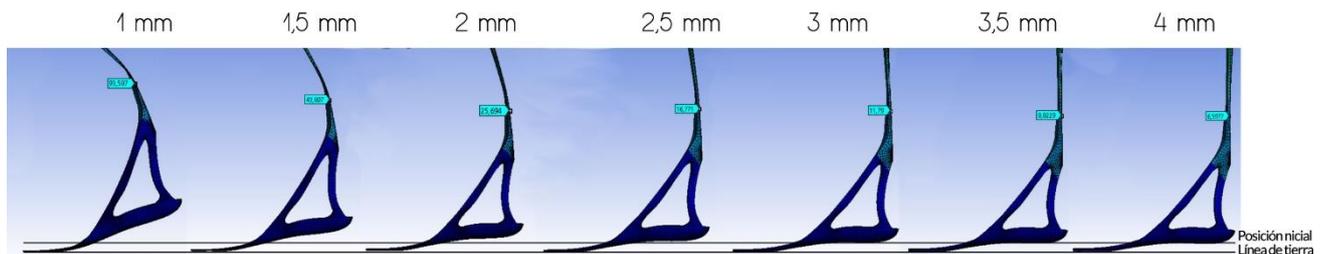
ABS:



80. DEFORMACIÓN ABS SEGÚN ESPESOR (FUERZA DEL USUARIO)

El ABS es un material rígido, aunque si tiene un espesor reducido la propia forma de la estructura generará la deformación.

Polipropileno:



81. DEFORMACIÓN PP SEGÚN ESPESOR (FUERZA DEL USUARIO)

Observando las imágenes anteriores se pueden descartar aquellos espesores en los que no ha habido deformación, como son los de 3 - 4 mm que hacen que la órtesis¹ sea demasiado rígida, y espesores en los que el material es demasiado blando, como 1 - 1,5 mm, en ambos materiales.

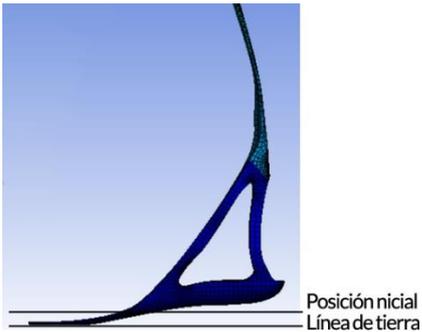
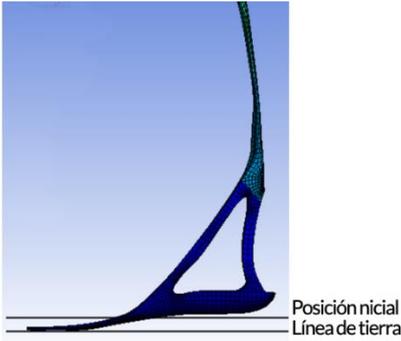
Para determinar el material y el espesor a utilizar se deben tener en cuenta las fuerzas máximas que puede recibir la órtesis¹. Para ello, se utilizará una fuerza mayor de la que se ha ejercido; aproximadamente el doble de la fuerza y en diferentes direcciones.

Para ello se estudiará una fuerza de avance, una fuerza de retroceso, y una fuerza del pie en reposo.

- Fuerza de avance:

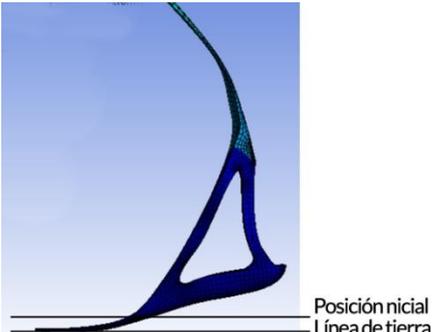
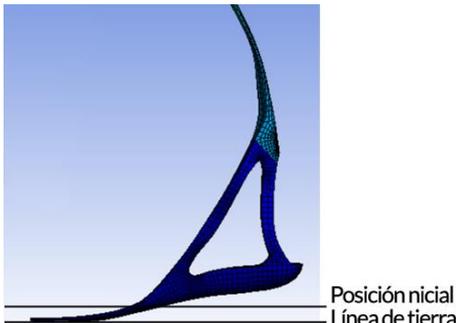
Se toma como fuerza de avance la fuerza mayor que el usuario realiza al caminar manteniendo la dirección. Dicha fuerza se representará mediante otras dos fuerzas diferentes, una horizontal perpendicular a la parte vertical de la estructura, y otra diagonal en el eje z e y simulando la fuerza de levantar el talón del suelo.

TABLA 57. DEFORMACIÓN ABS FUERZA AVANCE MÁXIMA.

ABS	
FUERZA DE AVANCE MÁXIMA	
$F_1 = 3\text{N}; F_y = 2,08\text{ N } F_z = 1,352\text{ N}$	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>	 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>
Tensión: 26,403 MPa	Tensión: 17,744 MPa

El ABS se deforma un poco más de la posición original de la órtesis¹ permitiendo que la parte superior flexione formando un ángulo menor. Resistiría sin causar una deformación permanente.

TABLA 58. DEFORMACIÓN PP FUERZA AVANCE MÁXIMA.

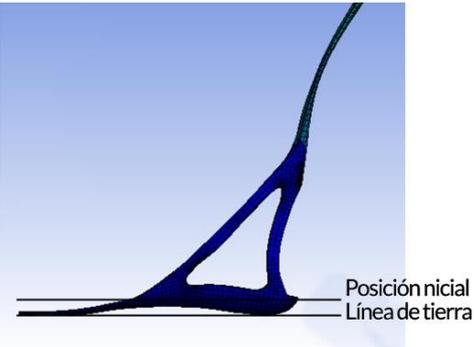
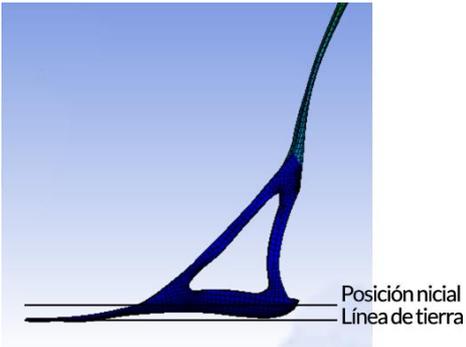
POLIPROPILENO	
FUERZA DE AVANCE MÁXIMA	
$F_1 = 3\text{N}; F_y = 2,08\text{ N } F_z = 1,352\text{ N}$	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>	 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>
Tensión: 26,398 MPa	Tensión: 17,739 MPa

El polipropileno, al ser un material flexible, se deforma mucho más de la posición inicial de la órtesis¹ provocando un ángulo menor que el ABS. El polipropileno con espesor 2mm se deformaría permanentemente al superar el límite elástico.

- Fuerza de retroceso:

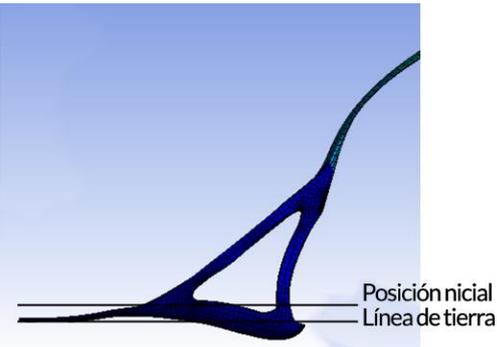
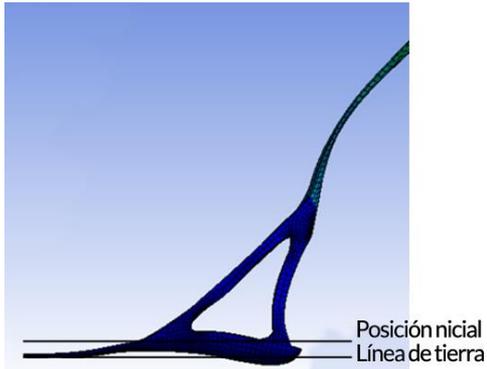
Se interpreta como fuerza de retroceso a la fuerza contraria de avance ejercida en diferente dirección. Esta fuerza se estudia para ver la deformación que permitiría la estructura si se le ejerciera la misma fuerza en el sentido contrario.

TABLA 59. DEFORMACIÓN ABS FUERZA MÁXIMA RETROCESO.

ABS	
FUERZA DE RETROCESO MÁXIMA $F_1 = 3\text{N}; F_y = 2,08\text{ N}$	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p>Posición nicial Línea de tierra</p> <p>Tensión: 26,403 MPa</p>	 <p>Posición nicial Línea de tierra</p> <p>Tensión: 17,744 MPa</p>

El ABS se deforma hasta posicionar la parte del talón a la misma línea del suelo, permitiendo que la parte superior se deforme más allá de la posición inicial, resistiendo sin deformarse permanentemente.

TABLA 60. DEFORMACIÓN PP FUERZA RETROCESO MÁXIMA.

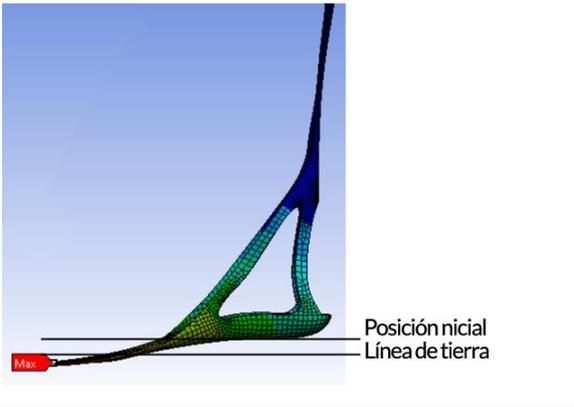
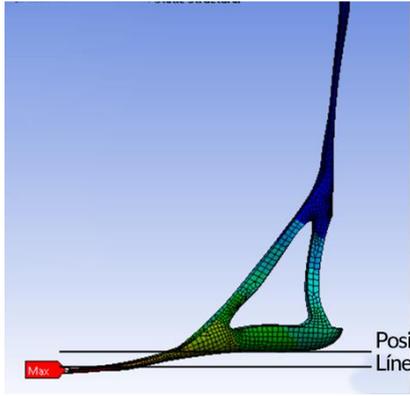
POLIPROPILENO	
FUERZA DE RETROCESO MÁXIMA $F_1 = 3\text{N}; F_y = 2,08\text{ N}$	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p>Posición nicial Línea de tierra</p> <p>Tensión: 26,398 MPa</p>	 <p>Posición nicial Línea de tierra</p> <p>Tensión: 17,739 MPa</p>

El polipropileno sobrepasaría la línea de tierra formando una gran flexión en la órtesis. Al espesor de 2 mm la órtesis se deformaría permanentemente al sobrepasar el límite elástico del material.

- Fuerza del pie en reposo:

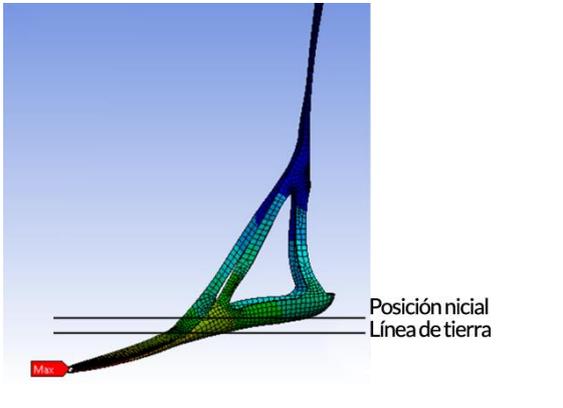
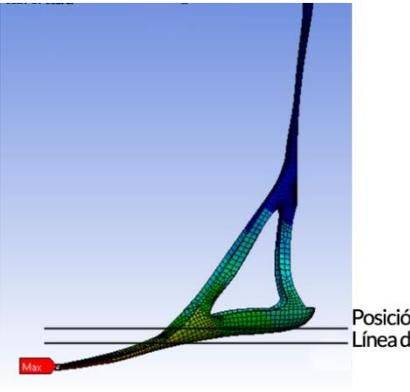
Se entiende como fuerza del pie en reposo a la fuerza ejercida por el pie en la órtesis¹ cuando ésta en suspensión; es decir, que la planta no está apoyada en el suelo, por lo que se tiene en cuenta únicamente el peso del pie desde que este está totalmente en reposo hasta que se posiciona a 90°.

TABLA 61. DEFORMACIÓN ABS FUERZA PIE EN REPOSO.

ABS	
FUERZA PIE EN REPOSO	
Presión dedos = 0,000239878 MPa; Presión en planta = 0,00071963 MPa	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>	 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>
Tensión: 25,097 MPa	Tensión: 19,398 MPa

El ABS con espesor 2 mm se deformaría un poco más de su posición inicial; aunque al ser una deformación muy baja no supondría que el usuario pudiera tropezar. El ABS con espesor 2,5 mm permanecería en su posición inicial sin apenas deformación.

TABLA 62. DEFORMACIÓN PP FUERZA PIE EN REPOSO.

POLIPROPILENO	
FUERZA PIE EN REPOSO	
Presión dedos = 0,000239878 MPa; Presión en planta = 0,00071963 MPa	
Espesor 2 mm	Espesor 2,5 mm
 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>	 <p style="text-align: right;">Posición nicial Línea de tierra</p>
Tensión: 25,150 MPa	Tensión: 19,420 MPa

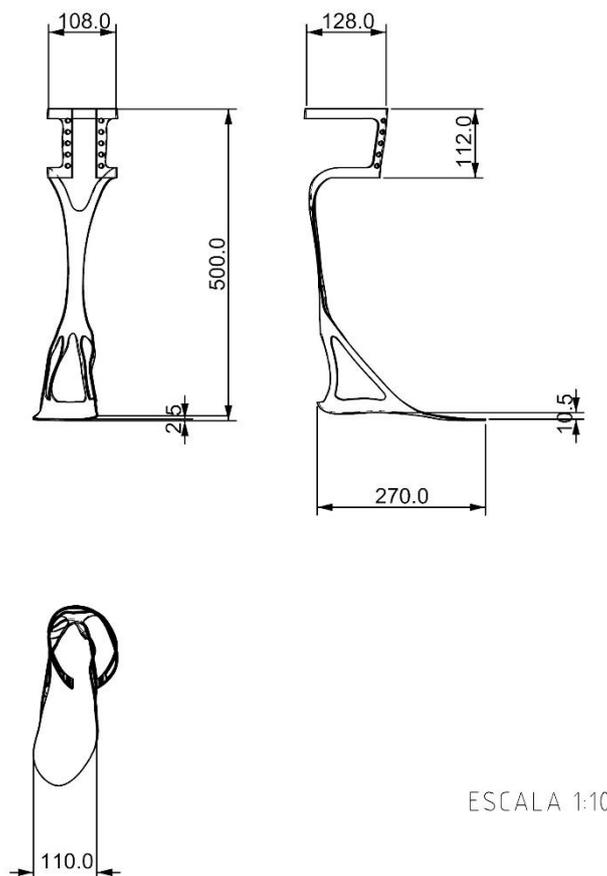
Como se puede observar en las imágenes, el polipropileno es un material demasiado blando para cumplir con la función final de la órtesis¹, por lo que se le habría de dar un mayor espesor, lo que provocaría que aumentara su peso y fuera más complicado llevarla debajo de la ropa y en el interior del calzado.

Por ello, el ABS es el material óptimo para fabricar la órtesis ya que sus propiedades permiten al usuario caminar con el pie fijo y cierta libertad de movimiento; además de ser un material muy resistente al impacto y apto para su uso a la intemperie.

7.5 DIMENSIONADO PREVIO.

La estructura de la órtesis¹ se ha realizado medida mediante un escáner, por el cual se ha obtenido un modelo en tres dimensiones de la pierna del usuario.

Al ser diseñado a partir de un escaneado no se pueden determinar las medidas con total precisión; aunque se han de tener en cuenta las medidas generales que debe cumplir teniendo en cuenta las mediciones realizadas para la estandarización.



82. DIMENSIONADO PREVIO.

Estas medidas se aproximan a las del usuario dejando margen para introducir el recubrimiento interior.

TABLA 63. COMPARACIÓN MEDIDAS DEL USUARIO Y MEDIDAS DE LA ESTRUCTURA.

Medidas de la estructura	Medidas del usuario
Altura de la estructura: 500 mm Longitud de la planta: 270 mm Anchura del pie: 110 mm	Altura de la rodilla: 580 mm Longitud del pie: 280 mm Anchura del pie: 100 mm

Altura de la estructura: La altura de la estructura se considera como la distancia entre la parte más baja y la más alta de la estructura. Esta altura es de 500 mm teniendo en cuenta que hay una diferencia de 10,5 mm desde el talón a la planta, quedando una altura real de 489,5 mm respecto a los 580 mm de la altura de la rodilla del usuario; sobrando una altura de 90,5 mm por debajo de la rodilla, evitando así que la estructura impida o incomode la flexión.

Longitud de la planta: Se considera como tal desde la parte trasera de la plantilla hasta la punta final. La medida de la estructura es menor a la del usuario ya que la planta de la estructura acaba antes de la totalidad del talón, siendo la longitud del usuario 280 mm y la de la plantilla 270 mm, en la cual el talón sobresaldrá unos 10 mm.

Anchura del pie: Esta longitud es tomada desde las partes más exteriores de la plantilla, siendo el ancho de 110 mm y la del usuario 100 mm, con una diferencia de 10 mm para poder introducir el recubrimiento interior y que el pie no esté demasiado ceñido a la estructura para mayor comodidad.

8. PERSONALIZACIÓN.

Uno de los temas a mejorar de las órtesis¹ es el aspecto, ya que los fabricantes se centran más en la funcionalidad y no tanto en diseños novedosos. Con este proyecto se pretende lograr un antiequino³ funcional que ayude al usuario a fijar el pie y al mismo tiempo un diseño que le resulte atractivo.

Una de las ventajas que ofrece la fabricación por impresión 3D es la capacidad de incorporar más de un color, ofreciendo una gran variedad de diseños a elección usuario y por tanto el diseño final de la órtesis¹.

Para poder incorporar un mínimo de dos colores se deberá utilizar una impresora 3D de dos extrusores o bien cambiar la bobina a mitad del proceso de impresión. Este último sistema sólo sería válido para generar horizontales pues la impresora imprime capa a capa, y generar verticales o formas más orgánicas supondría una gran pérdida de tiempo.

Según el estudio de fuerzas se ha concluido que el ABS, de espesor 2,5 mm, es el material idóneo para realizar la órtesis¹ debido a su alta resistencia y su capacidad para cumplir las necesidades del usuario.

El ABS también permite realizar la órtesis en diferentes colores y combinaciones ya que en el mercado se encuentra un gran número de filamentos opacos y translúcidos.



83. EJEMPLOS DE FILAMENTOS DE ABS.

Mediante estos colores se pueden lograr infinitas combinaciones dejando a elección del usuario como va a ser el resultado final de la órtesis¹.

Mediante el programa de modelado se le pueden realizar distintas secciones que posteriormente se pueden imprimir en color diferente.



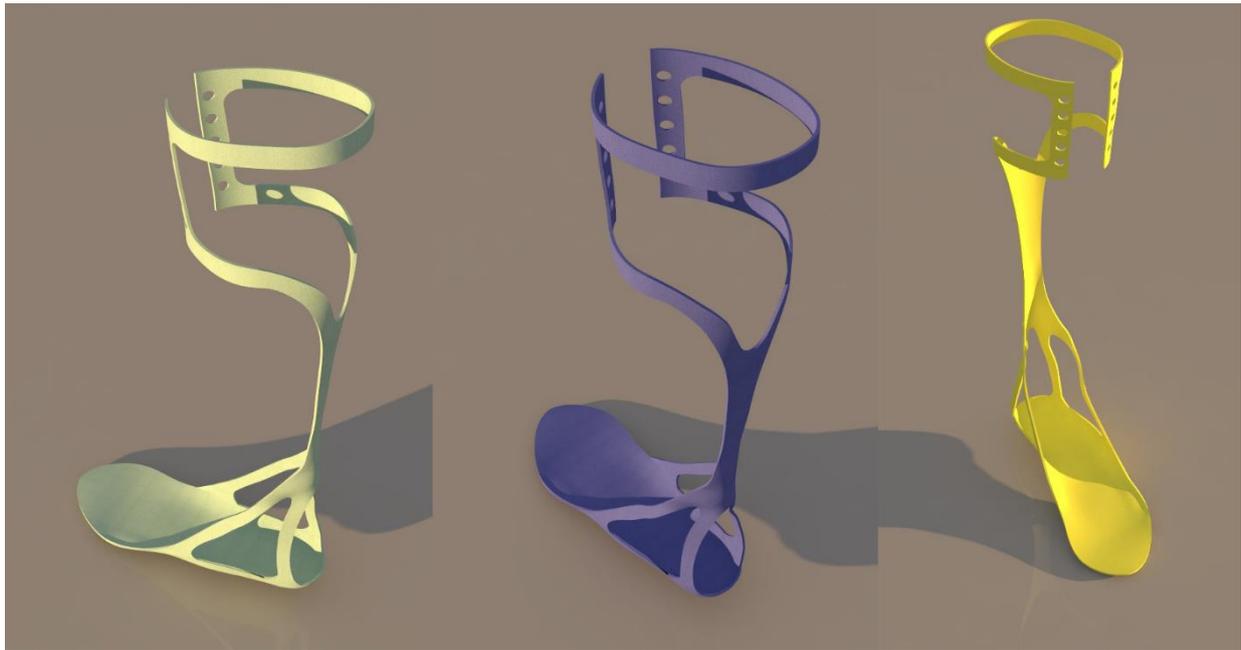
84. EJEMPLO DISEÑO ORGÁNICO.

También se pueden realizar secciones rellenas en las que estampar formas o realizar mitades de un color y mitad de otro.



85. EJEMPLO DISEÑO MANCHAS.

Si se desea, el antiequino³ puede ser realizado de un solo color.



86. EJEMPLO DISEÑO COLOR ENTERO.

El ABS permite al usuario realizar su diseño a medida teniendo en cuenta sus gustos y preferencias. Este simple hecho provoca que el usuario pueda utilizar una órtesis¹ única y propia sin tener que limitarse a los diseños del mercado. Esto no solo provocaría que el usuario quiera llevar el antiequino³, sino que también se cambien las posturas negativas asociadas a estos instrumentos ortopédicos.

Otra forma de personalizar la órtesis¹ es mediante los cordones ya que se encuentran en el mercado una amplia gama de formas, colores y texturas que pueden cambiarse y combinarse como el usuario desee.

Se pueden encontrar los siguientes:

- Cordones planos.
- Cordones redondos.
- Cordones ovalados.
- Cordones cuero.
- Cordones especiales.
- Cordones de zapatillas de deporte.

A su vez dentro de dichas categorías se encuentran diferentes colores, estampados y texturas.

Cordones planos:

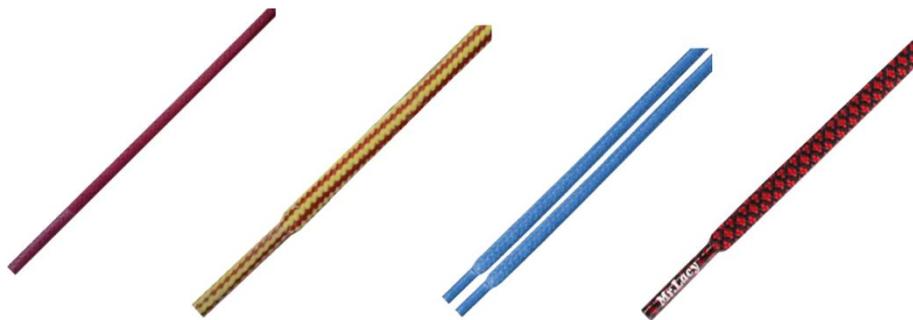
Cordones planos de colores, cordones impresos – estampados, cordones anchos raso, cordones brillantes, cordones de puntas de colores, cordones planos que brillan en la oscuridad, ...



87. EJEMPLO CORDONES PLANOS.

Cordones redondos:

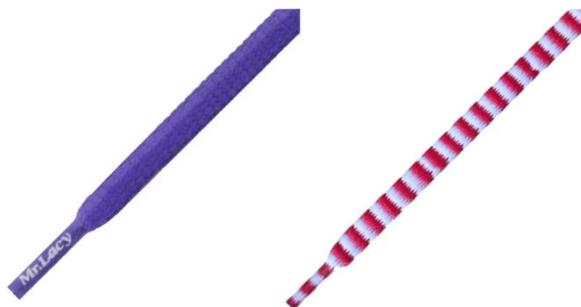
Cordones redondos finos, cordones tipo panamá, cordones sport, cordones redondos rope laces, ...



88. EJEMPLO CORDONES REDONDOS.

Cordones ovalados:

Cordones ovalados sport, cordones ovalados impresos – estampados, ...



89. EJEMPLO CORDONES OVALADOS.

Cordones cuero:

Cordones cuero náuticos, cordones cuero serraje redondos, ...



90. EJEMPLO CORDONES DE CUERO.

Cordones especiales:

Cordones elásticos, cordones mini LACCI, cordones irrompibles, cordones LED, cordones greeper montaña, cordones elásticos Xtenex, ...



91. EJEMPLO CORDONES ESPECIALES.

Cordones de zapatillas de deporte:

Cordones para correr, cordones para padel – tenis, cordones para fútbol, cordones para snow, cordones para baloncesto, ...



92. EJEMPLO CORDONES PARA ZAPATILLAS DE DEPORTE.

Debido a la gran variedad de cordones que se encuentran en el mercado se pueden generar todas las combinaciones deseadas; además de poder utilizar cordones con características propias, ya que dentro de la amplia variedad de colores, formas y texturas también se encuentran propiedades especiales como cordones antideslizantes, cordones anticongelantes, irrompibles, que brillan en la oscuridad, ... por lo que se puede adaptar la órtesis¹ a cualquier situación a la que se exponga.

Gracias a la capacidad de fabricación a dos colores que permite la impresión 3D y de la variedad de cordones que se encuentran en el mercado se consigue una órtesis¹ totalmente personalizable.

9. CONCLUSIONES.

Al principio de este proyecto se establecieron una serie de factores que el producto debía cumplir. En este apartado se realiza una valoración crítica acerca de si dichos objetivos han sido logrados, además de posibles mejoras aplicables al producto.

9.1 OBJETIVOS CUBIERTOS.

El objetivo principal del proyecto era crear una órtesis¹ funcional y económica a la par que estética. Para ello se han utilizado nuevos métodos de fabricación como la impresión 3D, abaratando costes e incorporando el uso de materiales como ABS.

El ABS es un material que por su alta resistencia permite generar una estructura funcional con un espesor muy reducido, aligerando su peso y adoptando la capacidad de poder llevarse bajo la ropa.

Dicho material puede ser tintado en diferentes colores, produciendo mediante la impresión 3D distintas combinaciones del mismo material. Esta capacidad logra que el usuario pueda generar sus propios diseños acorde con sus gustos. El diseño de la órtesis¹ resalta frente a los que se encuentran en el mercado, ya que aunque se trate de un dispositivo ortopédico, no solo se centra en un aspecto funcional sino que se preocupa por la estética.

El diseño de la estructura, a su vez, es diferente frente a los estudiados ya que la propia forma busca la mayor comodidad posible, liberando espacios que con el roce pueden resultar molestos como son los huesos localizados en el tobillo y la parte del gemelo, además de estar recubierto con una espuma de poliuretano resistente al agua y las humedades.

El sistema de cierre elegido es un sistema de cordones. Este sistema permite que el usuario pueda combinarlos con el diseño de la estructura, además de que pueden ser remplazados con facilidad en caso de desgaste.

Se puede concluir que los objetivos generales han sido cubiertos ya que el coste de fabricación es competitivo en relación con los precios que se pueden encontrar. Y gracias a las nuevas tecnologías y materiales de fabricación se puede generar una órtesis¹ atractiva a la vez que funcional.

Son diversos los aspectos que han generado dificultades a lo largo del proceso de diseño, dichos aspectos han protagonizado cambios y decisiones importantes para la realización del proyecto, como es el uso del ABS, que debido a su rigidez necesitaba de espesores tan pequeños que con impresoras convencionales no podían ser fabricados con un buen acabado superficial, y aspectos como el recubrimiento interior, ya que al ser de base de poliuretano y la estructura de ABS se encontraban muy pocos adhesivos en el mercado que unieran ambos materiales y que fueran resistentes al agua, al calor y no fueran irritativos para la piel.

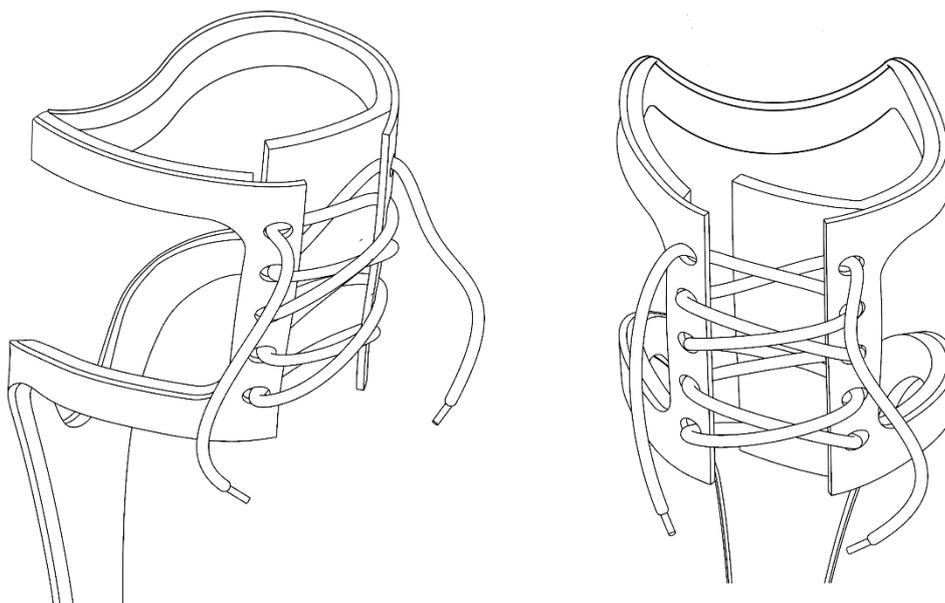
9.2 PROPUESTAS DE MEJORA.

Comparando la estructura con las dimensiones de la pierna del usuario, se observa la abertura tan reducida que se ha dejado para los cordones, tan solo de 4 cm sin abrochar; por lo que la estructura envuelve más la pierna del usuario, pero los cordones se quedan muy juntos y estéticamente funcionan peor.

Como propuesta de mejora se estudia una ampliación de dicho espacio, y aunque habría más superficie de contacto entre la piel del usuario y los cordones, el forro interior le protegería y visualmente los cordones no quedarían tan apretados.

Una vez que se tiene el modelo impreso a escala real se realiza una primera puesta donde el usuario se prueba la estructura sin el recubrimiento interior. Se observa que al sentarse la parte trasera de la órtesis roza con la piel del usuario, resultando incómodo.

Como propuesta de mejora se plantea redondear la parte trasera superior de la estructura para evitar que al sentarse el usuario pueda notar molestia.



93. PROPUESTA DE MEJORA.

II. ANEXOS:

1 PROTOTIPADO.

1.1 ELEMENTOS.

1.1.1 ELEMENTOS COMERCIALES.

La órtesis¹ está compuesta únicamente por un elemento comercial, y es que se entiende como elemento comercial como aquel componente del producto que se adquiera íntegro, sin aplicarle ninguna modificación desde su adquisición.

En el producto se encuentran los cordones, dicho elemento puede ser sustituido las veces que sean deseadas por el usuario, así como combinado o personalizado junto con la estructura de ABS.

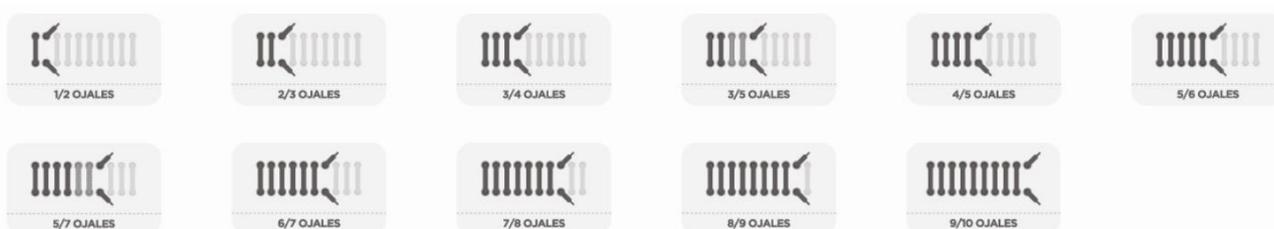
Se encuentran en el mercado diversos establecimientos donde se pueden adquirir cordones, desde estampados y colores, a texturas y formas.

Para adquirir los cordones que se utilizan en la órtesis se consulta el distribuidor Cordones de Colores, que trabaja con diversas marcas encargadas únicamente de la producción de cordones. Dichos se clasifican según el calzado y según la longitud medida por el número de ojales.



94. EJEMPLOS TIPOS DE CALZADO.

En este caso se elegirá calzado casual ya que no se busca cordones para una actividad determinada.



95. LONGITUD DEL CORDÓN SEGÚN LOS OJALES.

La órtesis¹ consta de 5 ojales, pero necesita poder anudarse por completo, por lo que se seleccionará la longitud de 6/7 ojales, es decir, 4 ojales pasantes y un ojal para realizar el nudo y que pueda disponer de cordón sobrante.

Entre las diferentes formas de cordones se eligen los cordones planos ya que al estar en contacto con la espuma y la piel no genere molestia.

El color dependerá de la personalización que se desee, en este caso para el modelo expuesto se utilizará un cordón color mostaza, concretamente el Cordon Plano vestir mostaza Cool Dress Mustard 125.



96. CORDONES MOSTAZA.

Cordon Plano Vestir Mostaza Cool Dress Mustard 125



Referencia: 070341 | Disponibilidad: En Stock

3.90€

* El precio de los cordones es por UN PAR e IVA incluido.

* El color del producto puede verse alterado ligeramente debido a los ajustes de color de las diferentes pantallas de los dispositivos.

Cantidad: - +

AÑADIR A LA CESTA

ENVIO GRATIS

por CORREOS como carta postal ordinaria y si tu compra es superior a 15 euros te lo enviamos certificado también gratis

97. REFERENCIA CORDONES MOSTAZA.

1.1.2 ELEMENTOS SEMIELABORADOS.

Como elemento semielaborado se encuentra el recubrimiento interior, obtenido a partir de una lámina de espuma de poliuretano flexible, dicha plancha se obtiene de distribuidores especializados en materiales, en este caso MATERIAL WORLD.

Dicho distribuidor ofrece láminas de poliuretano flexible de espesor 5, 10 o 40 mm, además de poder seleccionar la porosidad del material y el tamaño de la lámina deseada.

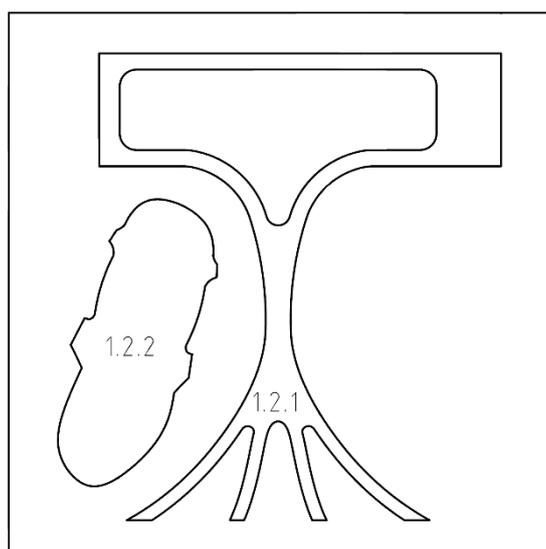
Se usará una lámina de 45 PPI (Poros por pulgada) de 500 x 500 x 5 mm.

FORMATOS DE ESPUMA FILTRANTE AIRE 34 KG/M3 (POROSIDAD 10 A 60)				
GRUESO	<input type="button" value="5 mm"/> <input type="button" value="10 mm"/> <input type="button" value="40 mm"/>			
TAMAÑOS	DINA4	DINA3	50 x 50 cm	50 x 100 cm
POROSIDAD (PPI)				
<input type="button" value="10"/>	<input type="button" value="1,96€"/>	<input type="button" value="2,9€"/>	<input type="button" value="5,24€"/>	<input type="button" value="9,32€"/>
<input type="button" value="30"/>	<input type="button" value="1,96€"/>	<input type="button" value="2,9€"/>	<input type="button" value="5,24€"/>	<input type="button" value="9,32€"/>
<input type="button" value="45"/>	<input type="button" value="1,96€"/>	<input type="button" value="2,9€"/>	<input type="button" value="5,24€"/>	<input type="button" value="9,32€"/>
<input type="button" value="60"/>	<input type="button" value="1,96€"/>	<input type="button" value="2,9€"/>	<input type="button" value="5,24€"/>	<input type="button" value="9,32€"/>

98. INFORMACIÓN DADA POR EL DISTRIBUIDOR.

Dicha lámina puede ser lavada con agua y detergente neutro, además de poder cortarse con tijeras, cúter o cuchillo fácilmente.

La espuma puede adherirse con colas de contacto sin disolventes.



99. POSICIÓN DEL FORRO INTERIOR SOBRE LA LÁMINA.

1.2 MÁQUINAS, HERRAMIENTAS Y ÚTILES.

En este apartado se estudian las máquinas necesarias para realizar el producto, además de las herramientas y útiles utilizadas para su posible fabricación.

MÁQUINAS EMPLEADAS PARA SU FABRICACIÓN

- **Scanner 3D 3D Systems, Modelo Sense 2 3D:**

Conectividad: USB

Dimensiones: 129 x 178 x 33 mm.

Tipo de archivo de salida: OBJ, PLY, STL.

Peso: 590 g.

Tamaño máximo del objeto: 3 x 3 m (diámetro x alto).

Tamaño mínimo del objeto: 0,2 x 0,2 mm (diámetro x alto).

Crea archivos en 3D.

Resolución de detalle 1 mm.

Compatible con Windows.

Escaner portátil.

Rango de funcionamiento mínimo: 0,35 m

Rango de funcionamiento máximo: 3 m.

Temperatura de funcionamiento: 10 °C – 40 °C.

Precisión de escaneo: 3 mm.

Los escaneos pueden ser cargados directamente a una impresora 3D.

Resolución espacial: x/y a 0,5 m y 0,9 mm.



100. ESCANER 3D SENSE 2 3D.

- **Impresora DT 60 Dynamical 3D:**

Volumen de impresión: 600 x 450 x 450 mm

Tamaño de la impresora: 1200 x 780 x 1750 mm

Precisión eje Z: 1,25 micras.

Precisión eje XY: 7,5 micras.

Temperatura máxima extrusor: 500 °C

Temperatura máxima de la cámara / cama: 120 °C

Diámetro de nozzle: 0,6 mm

Otros diámetros disponibles: 0,4 / 0,9 / 1,2 mm

Barrera térmica de titanio.

Doble extrusor independiente.

Alojamiento del material calefactado.

Cuatro modos de impresión: SINGLE, DUAL, TWIN, REFLEX.

Doble carga de filamento.

Cambio de filamento automático.

Feeder calefactado.

Control de atasco de filamento.

Control de fin de filamento.

Refrigeración líquida.

Doble cristal templado.

Sujeción de la base por vacío.

Gran velocidad de impresión.

Posicionamiento controlado por encoder¹⁴.

Consumo máximo 3kW/h.

Pantalla táctil LCD 7"

Monitorización remota.

Alojamiento para SAI (Sistema de alimentación interrumpida).



101. MODELO DE IMPRESORA DT60 DYNAMICAL 3D.

ÚTILES Y HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA SU FABRICACIÓN

- Espátula:

Modelo: MI Impresora 3D.

Espátula específica para retirar fácilmente las piezas impresas en 3D.

Mango ergonómico compuesto de dos materiales, plástico y goma.

Cuchilla de acero inoxidable endurecido pulido.

Dimensiones: 20 x 5 x 3 cm.



102. ESPÁTULA EXTRACCIÓN DE PIEZAS POR IMPRESIÓN 3D.

- Cutter:

Modelo: Cutter autofrenable metálico 18 mm Shineway.

Cuerpo metálico y engomado con guía metálica.

Modelo con hoja de 18 mm.

Función auto – frenado.

Peso: 0,3 Kg.



103. CUTTER METÁLICO 18 MM.

- Alicates:

Modelo: alicate filament2print.

Alicate especializado para la eliminación de soportes de impresión por FDM como en impresión SLA.

Genera un corte limpio y con un ángulo agudo, necesario para introducir el filamento de material en la extrusora.

Longitud cuchilla de corte: 1,8 mm

Longitud de alicates: 132 mm

Peso: 60 g



104. ALICATES PARA ELIMINACIÓN DE SOPORTES IMPRESIÓN 3D.

- **Lija:**

Modelo: Lija al agua Rhynowet Red Line Indasa.

Soporte de latex para el lijado al agua.

Antideslizante.

Tamaño de lija: 230 x 280 mm.

Gramaje: De 100 a 2500.

Tipo de soporte: Látex.

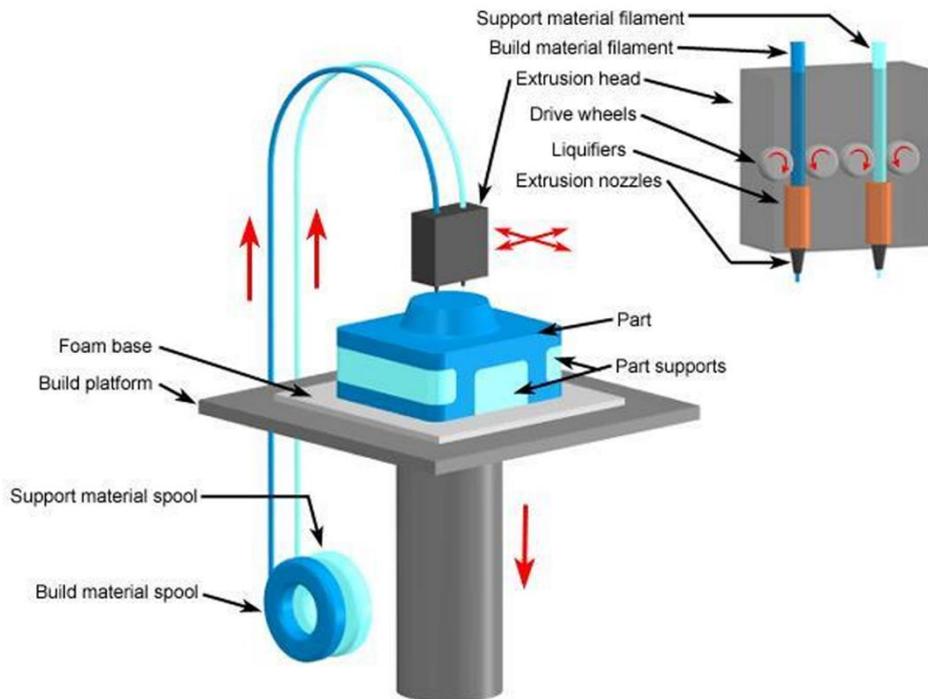
Tipo abrasivo: Óxido de aluminio.



105. LIJAS PARA PLÁSTICO.

1.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS ELEMENTOS.

Para poder realizar el producto se ha de tener en cuenta que el método de fabricación de la estructura es por impresión 3D por deposición de material. La impresora consta de 12 partes.



106. PARTES DE UNA IMPRESORA DE DISPOSICIÓN DE MATERIAL FUNDIDO.

Build material spool: Bobina de material de fabricación.

Support material spool: Bobina de material de soporte.

Build platform: Plataforma de construcción.

Foam base: Base de espuma.

Part: Parte

Part supports: Parte de apoyo.

Support material filaments: Filamento de material de soporte.

Build material filaments: Filamento de material de fabricación.

Extrusion heads: Cabezales de extrusión.

Drive wheels: Ruedas motrices.

Liquifiers: Disipador de calor.

Extrusion nozzles: Boquillas de extrusión.

Para poder imprimir la pieza en 3D se ha de introducir una serie de parámetros necesarios para la correcta impresión del ABS.

La mayoría de estos parámetros vendrán dados por el modelo de impresora utilizado, como por ejemplo la velocidad de impresión y la precisión.

Para imprimir correctamente el ABS se aconseja imprimir cuando el extrusor alcanza una temperatura de 235 °C, además de que si consta de un ambiente calefactado la impresión será más precisa y no se producirán deformaciones ni levantamientos de capa.

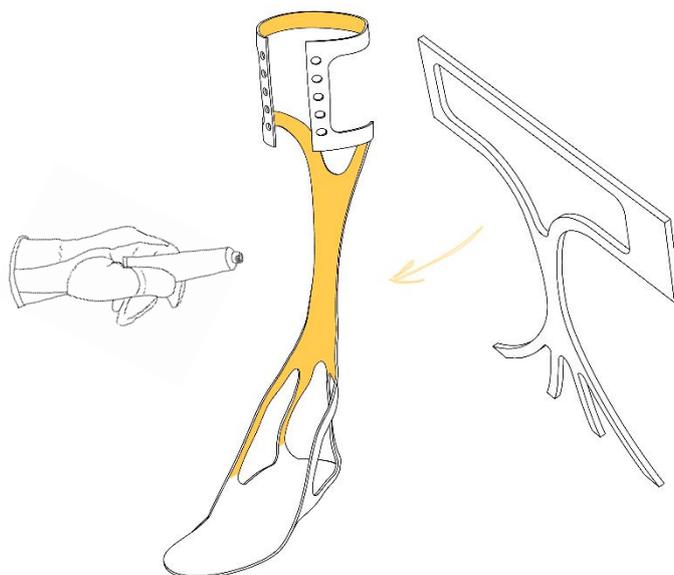
Para imprimir objetos pequeños se recomienda utilizar una temperatura de cama de 60 grados, y para piezas grandes se aconseja una temperatura de 80 grados.

1.4 UNIONES.

Para poder unir cada parte de la órtesis¹ se utiliza el adhesivo Patex extreme pro, el cual puede unir la espuma de poliuretano junto con la estructura de ABS.

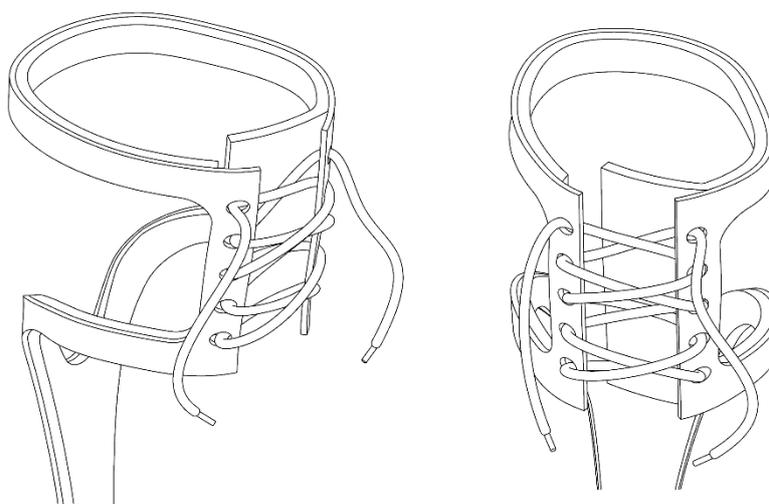
Antes de extender el adhesivo sobre la superficie, esta ha de estar limpia y seca, una vez que cumpla con esas condiciones puede extenderse el adhesivo por la superficie interior de la estructura, cubriendo el espacio el cual va a ocupar la espuma (representado en azul).

La espuma se pega a la vez que se va aplicando el adhesivo.



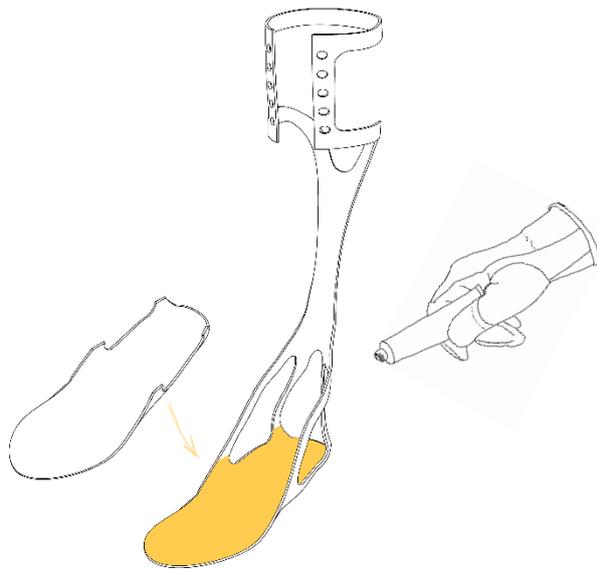
107. UNIÓN ELEMENTO 1.2.1 AL ELEMENTO 1.1.

Parte del forro interior no debe ser pegado, la parte de los cordones, ya que la espuma servirá de acolchado para que los cordones no irriten la piel del usuario.

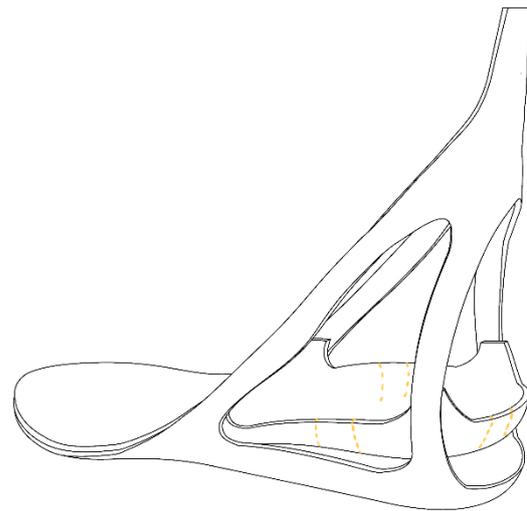


108. PARTE DE CORDONES SIN LA ESPUMA DE POLIURETANO.

Una vez fijada con el adhesivo el forro interior (elemento 1.2.1) a la estructura (elemento 1.1), se ha de pegar la parte inferior del forro interior, la plantilla (plantilla 1.2.2). Se repetirá el mismo procedimiento que con el elemento 1.2.1, exceptuando que se empezará a pegar por lo que le corresponde a la zona de los dedos para ir adaptando la espuma a las zonas curvas. Se le generará unas incisiones a la espuma para que se adapte a la curvatura del espacio que le corresponde al talón.



109. UNIÓN ELEMENTO 1.2.2 AL ELEMENTO 1.1.



110. EJEMPLO COLOCACIÓN DEL ACOLCHADO DE LA PLANTILLA.

Una vez fijado el forro interior junto con la estructura se ha de pasar el cordón por los ojales, dicho cordón no contacta con la espuma de poliuretano flexible, únicamente protegiendo la piel del usuario de las posibles rozaduras del cordón.

1.5 ACABADO SUPERFICIAL.

En este apartado se nombrarán los procesos post – impresión que se le pueda aplicar a la pieza una vez finalizada.

El modelo de impresora DT60 Dynamical 3D imprime en alta calidad por lo que no necesitaría de un proceso posterior exceptuando el lijado y pulido de los posibles soportes que haya generado.

Si se quiere conseguir un acabado más profesional o con un acabado específico existen diferentes procesos que se pueden aplicar a la pieza impresa en ABS.

- Lijado:

Con el papel de lija se consigue alisar la superficie de la pieza, generalmente se empieza por una lija de alto gramaje y este va descendiendo hasta que la superficie quede pulida. Se recomienda utilizar lijas de agua para que las partículas de plástico no queden en el aire ni en la piel.

El lijado requiere un coste mínimo, aunque su proceso sea lento y poco exacto.



111. EJEMPLO PIEZA LIJADA.

- Aplicación de disolventes:

En el caso del ABS funciona como disolvente la acetona “industrial”, ésta puede ser aplicada directamente sobre la pieza, sumergida y posteriormente lavada en agua destilada, o introducida en un ambiente donde el gas de la acetona pueda actuar sobre la superficie de la pieza (una caja cerrada).

Dicho tratamiento consigue un acabado brillante y pulido en la pieza.



112. EJEMPLO PIEZA CON DISOLVENTE.

- Imprimaciones y pinturas:

Un acabado superficial muy eficiente es la aplicación de resinas que recubran la pieza, consiguiendo alisar las superficies. Se puede usar una resina epoxi líquida especialmente pensada para piezas por impresión 3D.

Se le puede aplicar capas de imprimación para poder pintar sobre la pieza impresa en ABS, pudiendo aplicarle diferentes colores en una misma superficie. Dicha pintura puede ser aplicada mediante el uso de un pincel o por aerosol.



113. EJEMPLO PIEZA CON RESINA Y PINTADA.

- Galvanoplastia:

Consiste en la inmersión de la pieza impresa en ABS en un baño de cinc fundido, espolvoreando el cinc sobre la pieza en caliente o por impregnación con polvo de cinc en un disolvente orgánico.

Consigue un acabado metalizado y pulido, aunque no todos los plásticos pueden ser galvanizados, además de que es un proceso costoso y complejo.



114. EJEMPLO PIEZA GALVANOPLASTIA.

2 OTROS DOCUMENTOS

Polímero PVC o cloruro de polivinilo (tpPVC: temoplástico)			
.layout		Edu Nivel 1	Show/Hide
Propiedades generales			
Densidad	1.3e3	- 1.58e3	kg/m ³
Precio	* 1.12	- 1.23	EUR/kg
Propiedades mecánicas			
Modulo de Young	2.14	- 4.14	GPa
Límite elástico	35.4	- 52.1	MPa
Resistencia a tracción	40.7	- 65.1	MPa
Elongación	11.9	- 80	% strain
Dureza-Vickers	10.6	- 15.6	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	16.2	- 26.1	MPa
Tenacidad a fractura	1.46	- 5.12	MPa.m ^{0.5}
Propiedades térmicas			
Máxima temperatura en servicio	60	- 70	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante		
Conductividad térmica	0.147	- 0.293	W/m.°C
Calor específico	1.36e3	- 1.44e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	100	- 150	µstrain/°C
Propiedades eléctricas			
¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante		
Propiedades ópticas			
Transparencia	Translucido		
Ecopropiedades			
Contenido en energía, producción primaria	55.4	- 61.2	MJ/kg
Huella de CO ₂ , producción primaria	* 2.37	- 2.62	kg/kg
Reciclaje	✓		
Marca de reciclaje			



 **Polímero PS (Poliestireno)**

← → .layout Edu Nivel 1   Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	1.04e3 - 1.05e3	kg/m ³
Precio	* 2.75 - 3.03	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	1.2 - 2.6	GPa
Límite elástico	28.7 - 56.2	MPa
Resistencia a tracción	35.9 - 56.5	MPa
Elongación	1.2 - 3.6	% strain
Dureza-Vickers	8.6 - 16.9	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	14.4 - 23	MPa
Tenacidad a fractura	0.7 - 1.1	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Máxima temperatura en servicio	76.9 - 103	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.121 - 0.131	W/m.°C
Calor específico	1.69e3 - 1.76e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	90 - 153	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante
----------------------------------	---------------

Propiedades ópticas

Transparencia	Calidad óptica
---------------	----------------

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	92.1 - 102	MJ/kg
Huella de CO2, producción primaria	* 3.61 - 3.99	kg/kg
Reciclaje		

Marca de reciclaje



 Poliamida de nailon o nilón

← → .ayout Edu Nivel 1  Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	1.12e3 - 1.14e3	kg/m ³
Precio	* 3.61 - 3.97	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	2.62 - 3.2	GPa
Límite elástico	50 - 94.8	MPa
Resistencia a tracción	90 - 165	MPa
Elongación	30 - 100	% strain
Dureza-Vickers	25.8 - 28.4	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	* 36 - 66	MPa
Tenacidad a fractura	* 2.22 - 5.62	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Punto de fusión	210 - 220	°C
Máxima temperatura en servicio	110 - 140	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.233 - 0.253	W/m.°C
Calor específico	* 1.6e3 - 1.66e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	144 - 149	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante
----------------------------------	---------------

Propiedades ópticas

Transparencia	Translucido
---------------	-------------

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	115 - 127	MJ/kg
Huella de CO2, producción primaria	* 7.58 - 8.38	kg/kg
Reciclaje	✓	

Marca de reciclaje



 **Policarbonato (PC)**

← → .ayout Edu Nivel 1 Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	1.14e3 - 1.21e3	kg/m ³
Precio	* 3.26 - 3.59	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	2 - 2.44	GPa
Límite elástico	59 - 70	MPa
Resistencia a tracción	60 - 72.4	MPa
Elongación	70 - 150	% strain
Dureza-Vickers	17.7 - 21.7	HV
Resistencia a fatiga para 10 ^ 7 ciclos	22.1 - 30.8	MPa
Tenacidad a fractura	2.1 - 4.6	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Máxima temperatura en servicio	101 - 144	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.189 - 0.218	W/m.°C
Calor específico	1.53e3 - 1.63e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	120 - 137	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante
----------------------------------	---------------

Propiedades ópticas

Transparencia	Calidad óptica
---------------	----------------

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	103 - 114	MJ/kg
Huella de CO2, producción primaria	* 5.74 - 6.35	kg/kg
Reciclaje	✓	

Marca de reciclaje



Polietileno (PE)

← → .layout Edu Nivel 1 Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	939	-	960	kg/m ³
Precio	* 1.4	-	1.54	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	0.621	-	0.896	GPa
Límite elástico	17.9	-	29	MPa
Resistencia a tracción	20.7	-	44.8	MPa
Elongación	200	-	800	% strain
Dureza-Vickers	5.4	-	8.7	HV
Resistencia a fatiga para 10 ^ 7 ciclos	21	-	23	MPa
Tenacidad a fractura	* 1.44	-	1.72	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Punto de fusión	125	-	132	°C
Máxima temperatura en servicio	* 90	-	110	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante			
Conductividad térmica	0.403	-	0.435	W/m.°C
Calor específico	* 1.81e3	-	1.88e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	126	-	198	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante? Buen aislante

Propiedades ópticas

Transparencia Translucido

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	* 77	-	85.1	MJ/kg
Huella de CO2, producción primaria	* 2.64	-	2.92	kg/kg
Reciclaje	✓			

Marca de reciclaje



Polímero ABS (Termoplástico de Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno)

← → .ayout Edu Nivel 1 Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	1.01e3 - 1.21e3	kg/m ³
Precio	* 2.26 - 2.49	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	1.1 - 2.9	GPa
Límite elástico	18.5 - 51	MPa
Resistencia a tracción	27.6 - 55.2	MPa
Elongación	1.5 - 100	% strain
Dureza-Vickers	5.6 - 15.3	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	11 - 22.1	MPa
Tenacidad a fractura	1.19 - 4.29	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Máxima temperatura en servicio	61.9 - 76.9	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.188 - 0.335	W/m.°C
Calor específico	1.39e3 - 1.92e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	84.6 - 234	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante
----------------------------------	---------------

Propiedades ópticas

Transparencia	Opaco
---------------	-------

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	90.3 - 99.9	MJ/kg
Huella de CO ₂ , producción primaria	* 3.64 - 4.03	kg/kg

Reciclaje ✓

Marca de reciclaje



Polímero PET (Tereftalato de polietileno)			
.layout		Edu Nivel 1	Show/Hide
Propiedades generales			
Densidad	1.29e3 - 1.4e3		kg/m ³
Precio	* 1.65 - 1.82		EUR/kg
Propiedades mecánicas			
Modulo de Young	2.76 - 4.14		GPa
Límite elástico	56.5 - 62.3		MPa
Resistencia a tracción	48.3 - 72.4		MPa
Elongación	30 - 300		% strain
Dureza-Vickers	17 - 18.7		HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	* 19.3 - 29		MPa
Tenacidad a fractura	4.5 - 5.5		MPa.m ^{0.5}
Propiedades térmicas			
Punto de fusión	212 - 265		°C
Máxima temperatura en servicio	66.9 - 86.9		°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante		
Conductividad térmica	0.138 - 0.151		W/m.°C
Calor específico	* 1.42e3 - 1.47e3		J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	115 - 119		µstrain/°C
Propiedades eléctricas			
¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante		
Propiedades ópticas			
Transparencia	Transparente		
Ecopropiedades			
Contenido en energía, producción primaria	* 80.9 - 89.5		MJ/kg
Huella de CO ₂ , producción primaria	* 3.76 - 4.15		kg/kg
Reciclaje	✓		
Marca de reciclaje			



Polímero PMMA o Acrílico (Polimetacrilato, o metacrilato de polimetilo)

← → layout Edu Nivel 1 Show/Hide

Propiedades generales

Densidad	1.16e3 - 1.22e3	kg/m ³
Precio	* 2.19 - 2.41	EUR/kg

Propiedades mecánicas

Modulo de Young	2.24 - 3.8	GPa
Límite elástico	53.8 - 72.4	MPa
Resistencia a tracción	48.3 - 79.6	MPa
Elongación	2 - 10	% strain
Dureza-Vickers	16.1 - 21.9	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	* 15.2 - 32.7	MPa
Tenacidad a fractura	0.7 - 1.6	MPa.m ^{0.5}

Propiedades térmicas

Máxima temperatura en servicio	41.9 - 56.9	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante	
Conductividad térmica	0.0837 - 0.251	W/m.°C
Calor específico	1.49e3 - 1.61e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	72 - 162	µstrain/°C

Propiedades eléctricas

¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante
----------------------------------	---------------

Propiedades ópticas

Transparencia	Calidad óptica
---------------	----------------

Ecopropiedades

Contenido en energía, producción primaria	106 - 118	MJ/kg
Huella de CO ₂ , producción primaria	* 6.46 - 7.14	kg/kg

Reciclaje

Marca de reciclaje

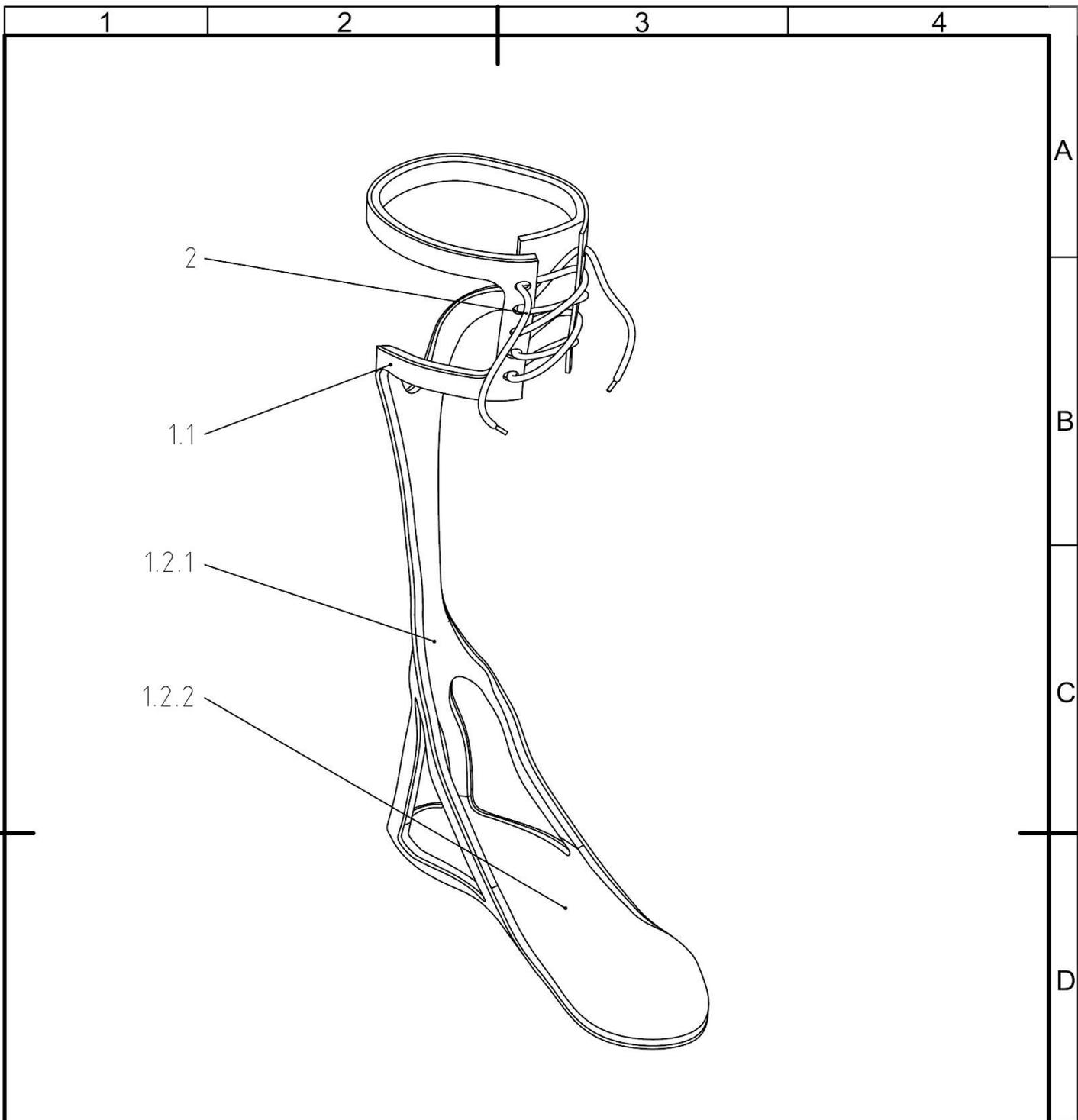


Other

Polímero PP (Polipropileno)			
← → .layout Edu Nivel 1		Show/Hide	
Propiedades generales			
Densidad	890	- 910	kg/m ³
Precio	* 1.53	- 1.76	EUR/kg
Propiedades mecánicas			
Modulo de Young	0.896	- 1.55	GPa
Límite elástico	20.7	- 37.2	MPa
Resistencia a tracción	27.6	- 41.4	MPa
Elongación	100	- 600	% strain
Dureza-Vickers	6.2	- 11.2	HV
Resistencia a fatiga para 10 ⁷ ciclos	11	- 16.6	MPa
Tenacidad a fractura	3	- 4.5	MPa.m ^{0.5}
Propiedades térmicas			
Punto de fusión	150	- 175	°C
Máxima temperatura en servicio	100	- 115	°C
¿Conductor térmico o aislante?	Buen aislante		
Conductividad térmica	0.113	- 0.167	W/m.°C
Calor específico	1.87e3	- 1.96e3	J/kg.°C
Coefficiente de expansión térmica	122	- 180	µstrain/°C
Propiedades eléctricas			
¿Conductor eléctrico o aislante?	Buen aislante		
Propiedades ópticas			
Transparencia	Translucido		
Ecopropiedades			
Contenido en energía, producción primaria	75.7	- 83.7	MJ/kg
Huella de CO2, producción primaria	* 2.96	- 3.27	kg/kg
Reciclaje	✓		
Marca de reciclaje			

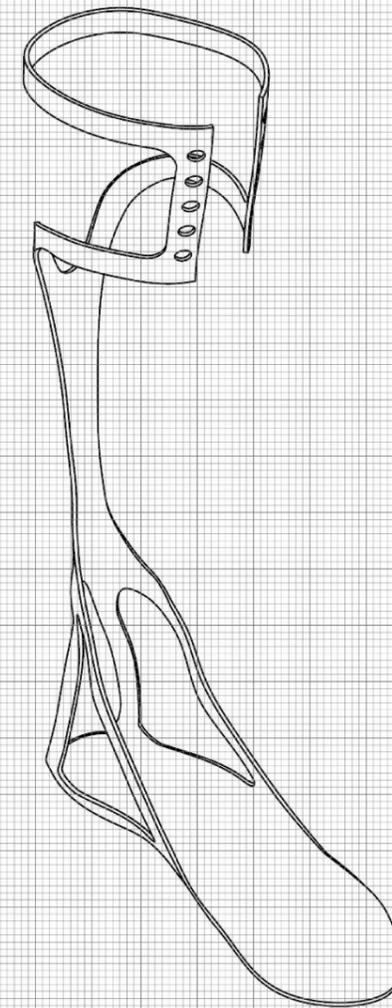
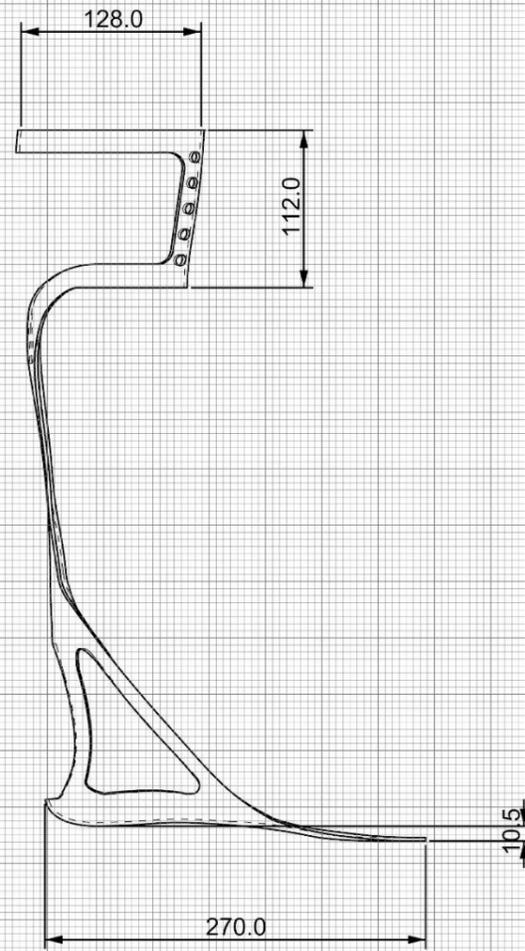
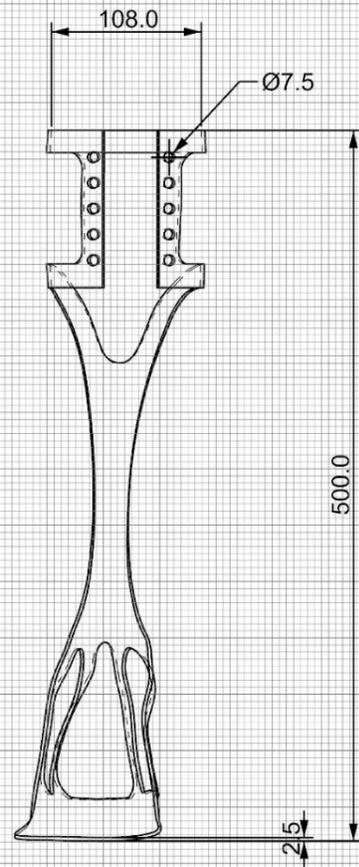


III. PLANOS



2	CORDONES	1		TEXTIL
1.2.2	RECUBRIMIENTO INTERIOR INFERIOR	1		ESPUMA DE POLIURETANO FLEXIBLE
1.2.1	RECUBRIMIENTO INTERIOR SUPERIOR	1		ESPUMA DE POLIURETANO FLEXIBLE
1.1	ESTRUCTURA	1		ABS
MARCA	DENOMINACION	CANTIDAD	REFERENCIA	MATERIAL

		TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.	
		TITULO DEL DIBUJO: Marcas	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD:	Nº de registro
FECHA:	ESCALA:	VEGA CALABUIG, Ana	HOJA:
FECHA:			
FORMATO:			



11	ESTRUCTURA	1	ABS
MARCA	DENOMINACION	CANTIDAD	MATERIAL
	Cuadrícula: 5 mm	TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo. TITULO DEL DIBUJO: Vistas generales estructura de ABS Elemento 1.1	
REVISION Nº:	Unidad: mm		
FECHA:	ESCALA: 1:5		
FECHA:		PROPIEDAD: VEGA CALABUIG, Ana	Nº de registro
FORMATO: A3			HOJA: REVISION:
			A3

1

2

3

4

A

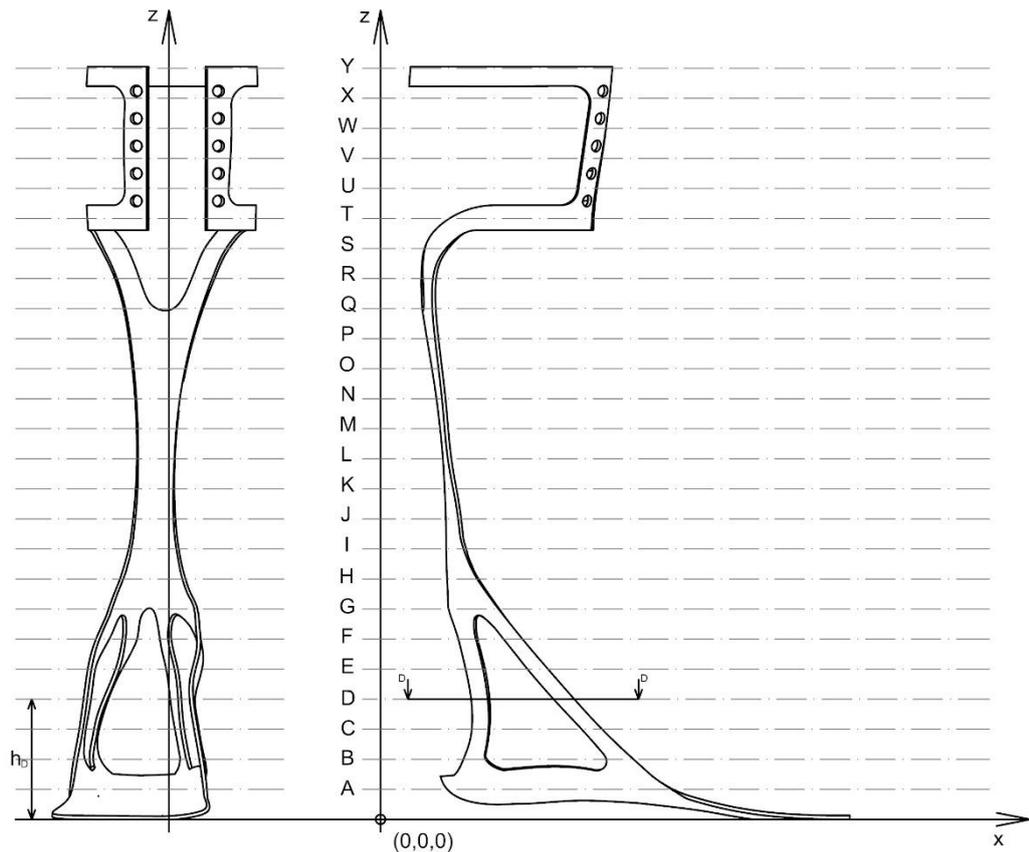
B

C

D

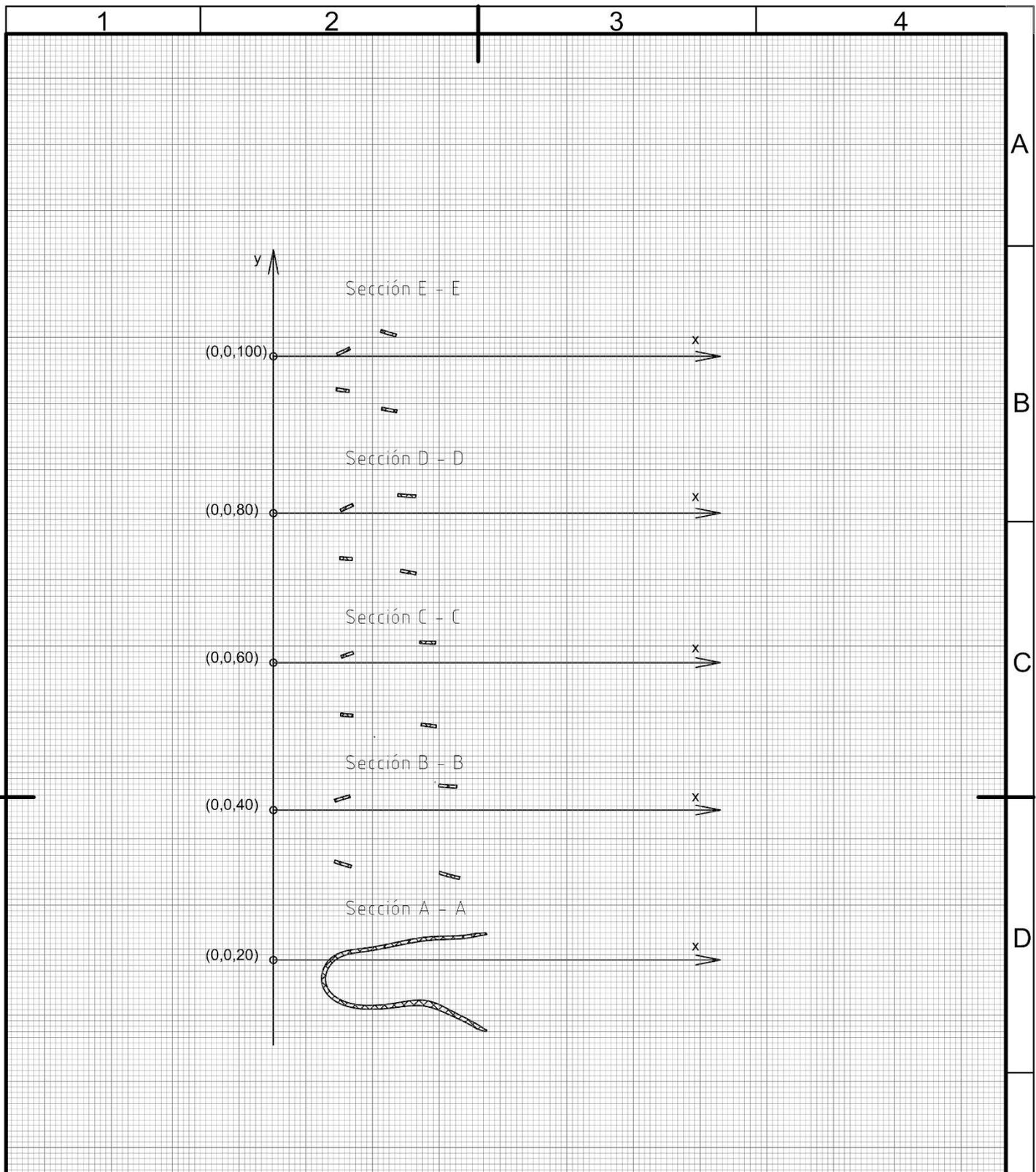
E

F



		TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.	
Distancia entre secciones: 20 mm		TITULO DEL DIBUJO: Secciones	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD:	Nº de registro
FECHA:	ESCALA:	VEGA CALABUIG, Ana	HOJA:
FECHA:	1:5		
FORMATO:			

1	2	3	4			
				A		
				B		
				C		
				Y - Y	h_r	499
				X - X	h_x	480
				W - W	h_w	460
				V - V	h_v	440
				U - U	h_u	420
				T - T	h_t	400
				S - S	h_s	380
				R - R	h_r	360
				Q - Q	h_q	340
				P - P	h_p	320
				O - O	h_o	300
				N - N	h_n	280
				M - M	h_m	260
				L - L	h	240
				K - K	h_k	220
				J - J	h_j	200
				I - I	h	180
H - H	h_h	160				
G - G	h_g	140				
F - F	h_f	120				
E - E	h_e	100				
D - D	h_d	80				
C - C	h_c	60				
B - B	h_b	40				
A - A	h_a	20				
PLANO DE CORTE		ALTURA h		D		
		TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.		E		
Distancia entre secciones: 20 mm		TITULO DEL DIBUJO: Altura entre secciones		F		
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD:	Nº de registro	F		
FECHA:	ESCALA:	VEGA CALABUIG, Ana	HOJA:			
FECHA:						
FORMATO:						



	Cuadrícula: 5 mm	TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.	
		TITULO DEL DIBUJO: Secciones A - E	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD: VEGA CALABUIG, Ana	Nº de registro
FECHA:	ESCALA: 1:5		
FECHA:			
FORMATO:			

1

2

3

4

A

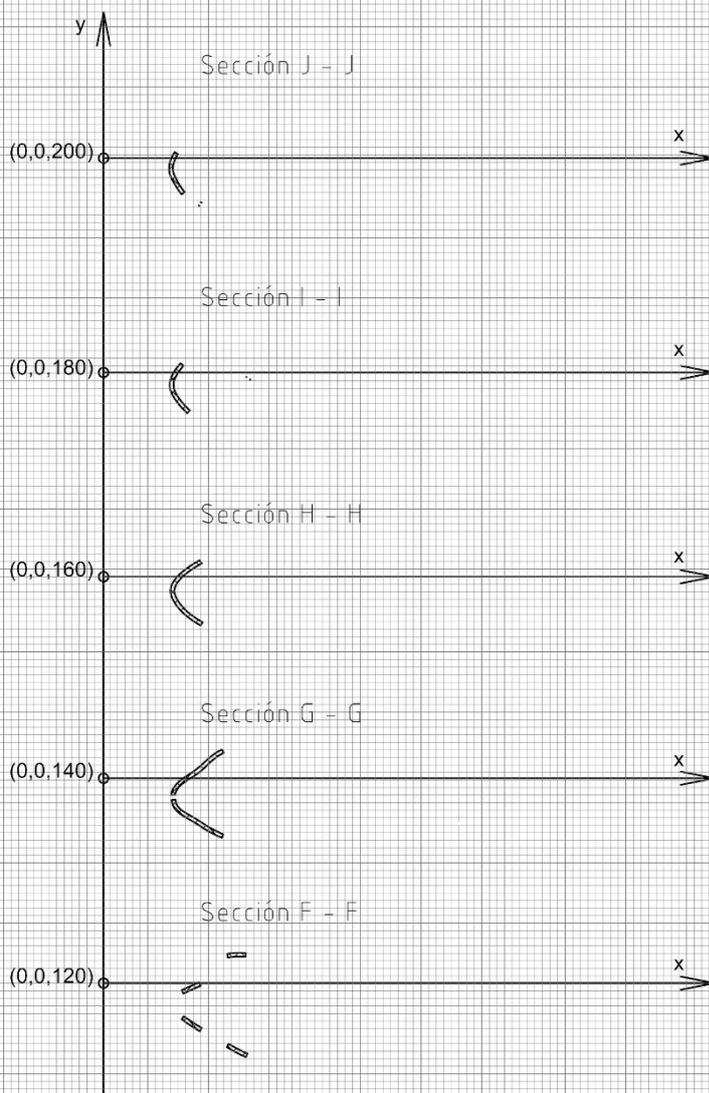
B

C

D

E

F



Cuadrícula:
5 mm

TITULO DEL TRABAJO:
Diseño y fabricación de una órtesis antiequina
para la flexión dorsal del tobillo.

TITULO DEL DIBUJO:
Sección F - J

REVISION Nº:

Unidad: mm

PROPIEDAD:

Nº de registro

FECHA:

ESCALA:

VEGA CALABUIG, Ana

HOJA:

FECHA:

1:5

FORMATO:



1

2

3

4

A

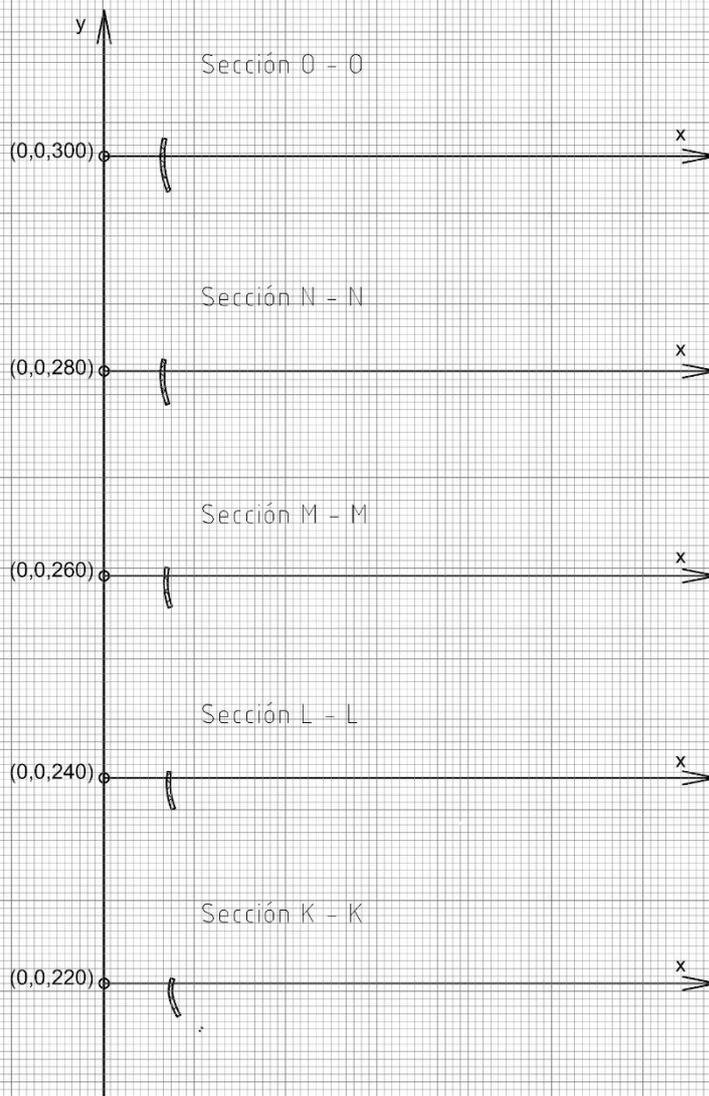
B

C

D

E

F



Cuadrícula:
5 mm

TITULO DEL TRABAJO:
Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.

TITULO DEL DIBUJO:
Sección K - 0

REVISION Nº:

Unidad: mm

PROPIEDAD:

Nº de registro

FECHA:

ESCALA:

VEGA CALABUIG, Ana

HOJA:

FECHA:

1:5

FORMATO:



1

2

3

4

A

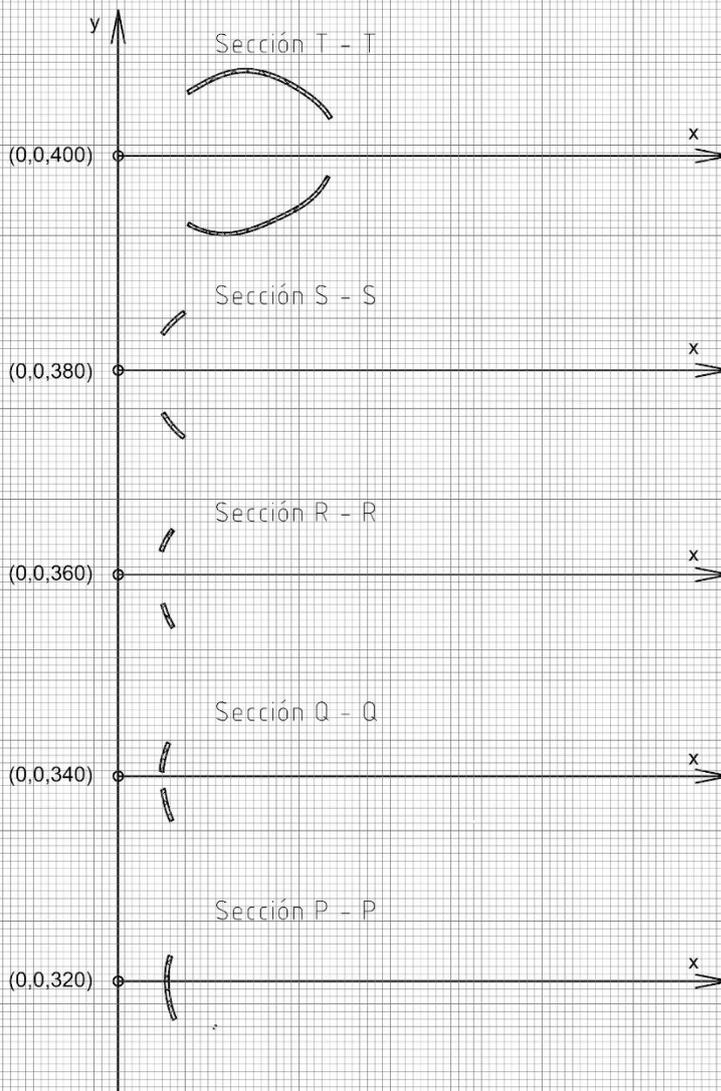
B

C

D

E

F



Cuadrícula:
5 mm

TITULO DEL TRABAJO:
Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.

TITULO DEL DIBUJO:
Sección P - T

REVISION Nº:

Unidad: mm

PROPIEDAD:

Nº de registro

FECHA:

ESCALA:

VEGA CALABUIG, Ana

HOJA:

FECHA:

1:5

FORMATO:



1

2

3

4

A

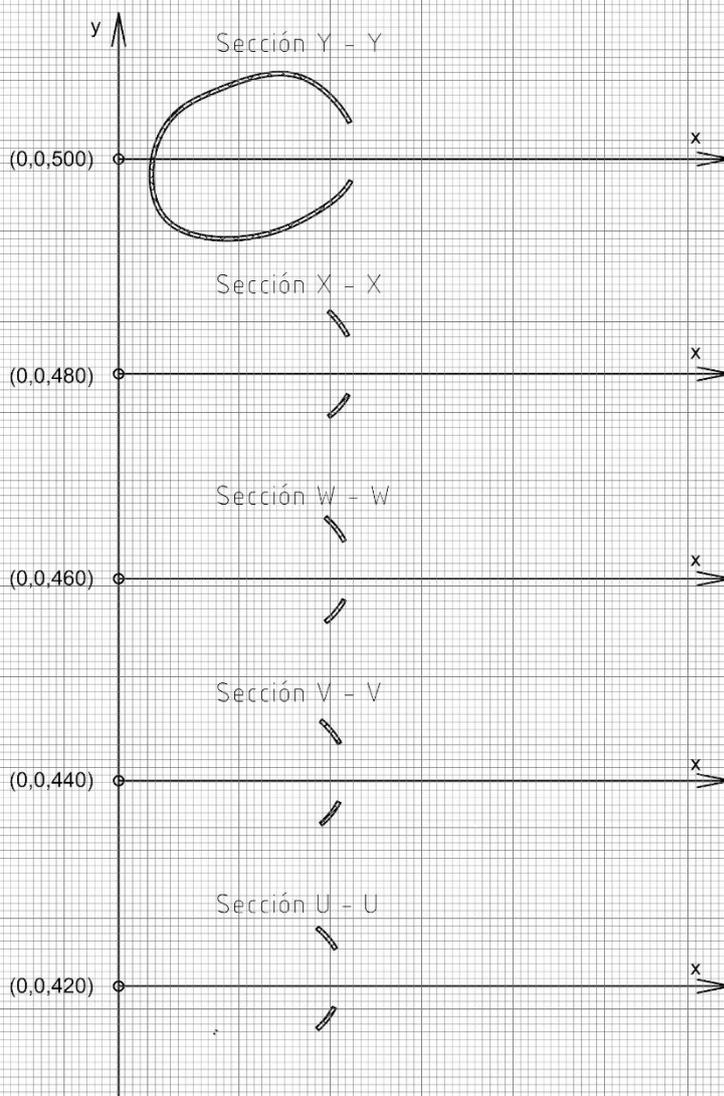
B

C

D

E

F



Cuadrícula:
5 mm

TITULO DEL TRABAJO:
Diseño y fabricación de una órtesis antiequina
para la flexión dorsal del tobillo.

TITULO DEL DIBUJO:
Sección U - Y

REVISION Nº:

Unidad: mm

PROPIEDAD:

Nº de registro

FECHA:

ESCALA:

VEGA CALABUIG, Ana

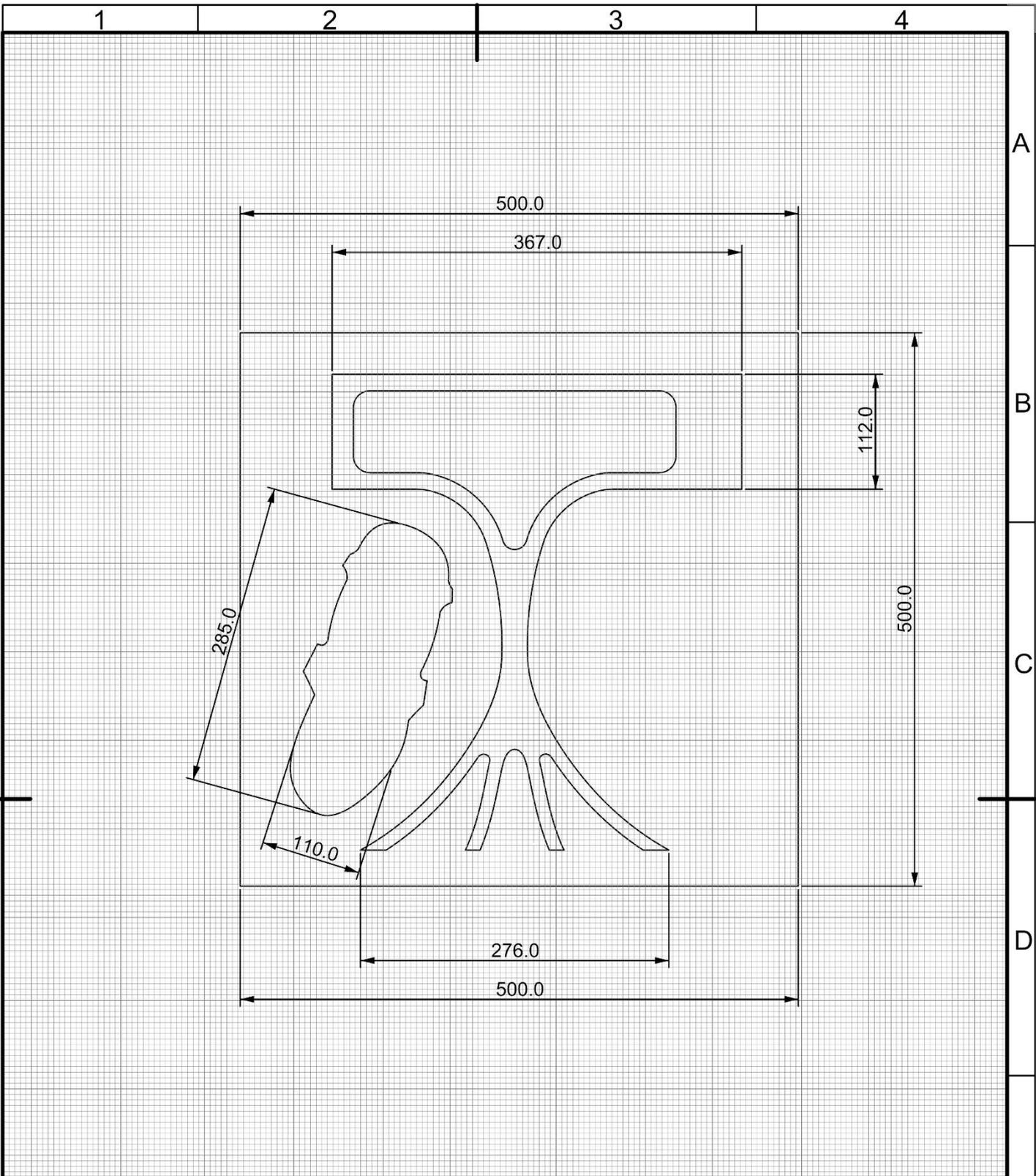
HOJA:

FECHA:

1:5

FORMATO:





	Cuadrícula: 5 mm	TITULO DEL TRABAJO: Diseño y fabricación de una órtesis antiequina para la flexión dorsal del tobillo.	
Distancia entre secciones: 20 mm		TITULO DEL DIBUJO: Subconjunto 1.2	
REVISION Nº:	Unidad: mm	PROPIEDAD:	Nº de registro
FECHA:	ESCALA: 1:5	VEGA CALABUIG, Ana	HOJA:
FORMATO:	⊕		

IV. PROTOTIPOS

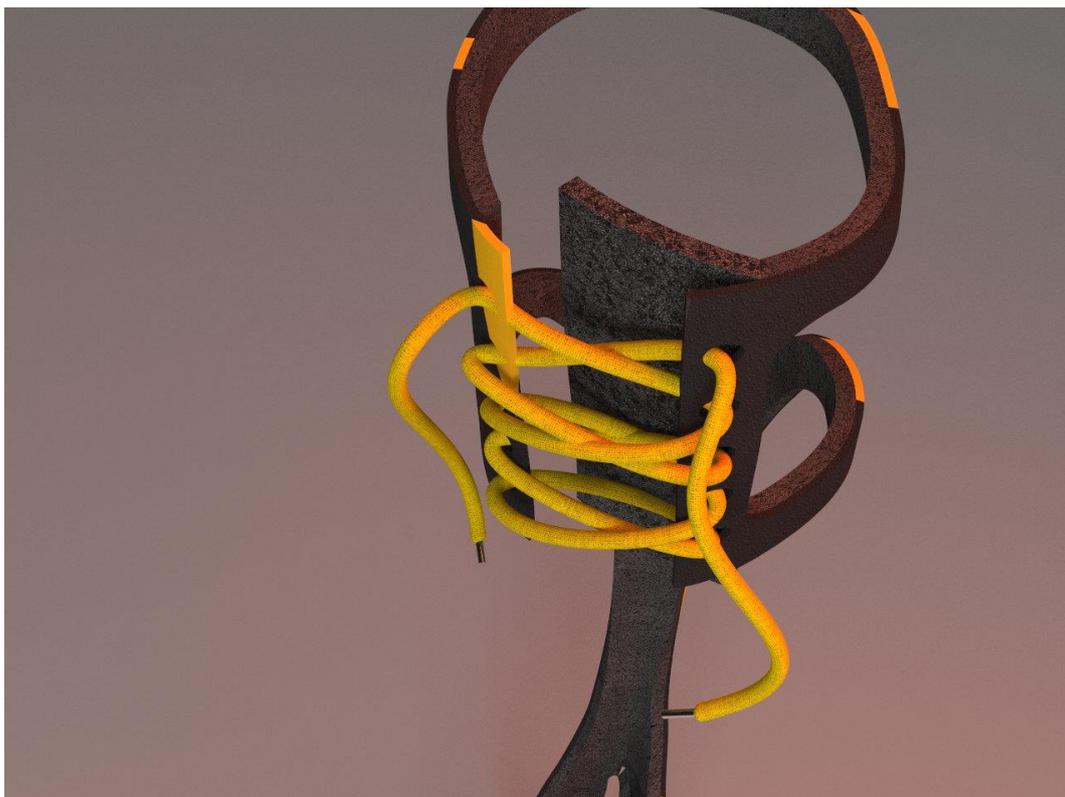
En este apartado se muestra una secuencia de imágenes que simulan el aspecto final del producto, además de una serie de imágenes de un prototipo impreso a escala a dos colores en ABS, y un modelo funcional a escala real en ABS utilizado por el usuario al que va dirigido.

Se pretende mostrar el producto de una forma atractiva y llamativa, además de poder verificar su fabricación y funcionalidad.

IMAGEN PROTOTIPO



115. IMAGEN PROTOTIPO 1.



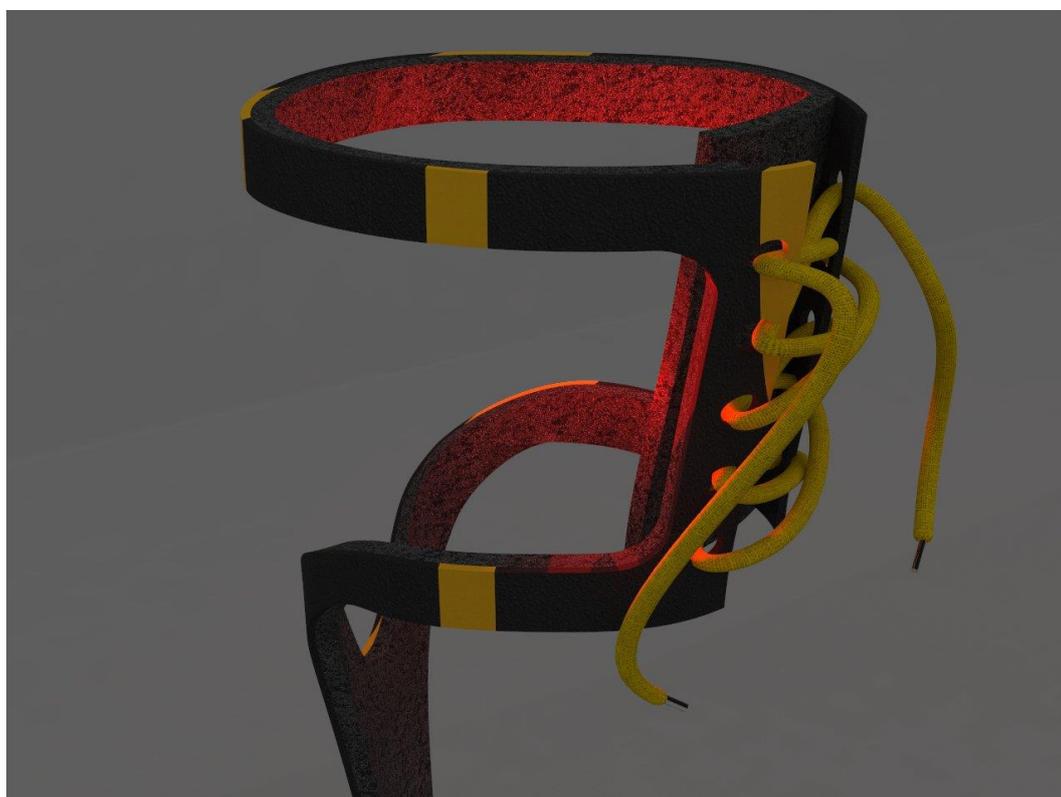
116. IMAGEN PROTOTIPO 2.



117. IMAGEN PROTOTIPO 3.



118. IMAGEN PROTOTIPO 4.



119. IMAGEN PROTOTIPO 5.

FOTOS MODELO IMPRESO A ESCALA



120. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 1.



121. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 2.



122. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 3.



123. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 4.



124. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 5.



125. FOTO PROTOTIPO IMPRESO 6.

FOTOS PROTOTIPO IMPRESO A ESCALA REAL



126. FOTO MODELO ESCALA REAL 1.



127. FOTO MODELO ESCALA REAL 2.



128. FOTO MODELO ESCALA REAL 3.



129. FOTO MODELO ESCALA REAL 4.



130. FOTO MODELO ESCALA REAL 5.



131. FOTO MODELO ESCALA REAL 6.



132. FOTO MODELO ESCALA REAL 7.



133. FOTO MODELO ESCALA REAL 8.

IV. PLIEGO DE CONDICIONES

En el apartado pliego de condiciones técnicas se describen las fases de fabricación del producto en el orden en el cual se realizan.

TABLA 64. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS ELEMENTO 1.1.

ELEMENTO 1.1 – Estructura de ABS
<p>Material de partida: Filamento de ABS Ø1,75.</p>
<p>Operación 1: Escaneado 3D.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Maquinaria:</u> Escaner 3D “3D Systems, Modelo Sense 2 3D” - <u>Mano de obra:</u> La realización del trabajo de escaneado 3D puede ser llevada a cabo por un operario con categoría mínima de “Oficial de 2ª”. - <u>Medios auxiliares:</u> Útiles: No precisa. Herramientas: No precisa. - <u>Forma de realización:</u> 1º - Enchufar el escaner a un ordenador Windows. 2º - Puesta en marcha. 3º - Escanear las partes deseadas. 4º - Juntar las partes escaneadas en un único 3D. 5º - Desenchufar el escaner. - <u>Seguridad:</u> No precisa. - <u>Controles:</u> 1º - Comprobar el buen estado del escaner. 2º - Comprobar que la posición del usuario es la correcta. 3º - Comprobar que los escaneados son correctos. - <u>Pruebas:</u> No precisa. <p>Operación 2: Impresión 3D.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Maquinaria:</u> Impresora 3D modelo “JRC 600 Pro” - <u>Mano de obra:</u> La realización del trabajo de impresión 3D puede ser llevada a cabo por un operario con categoría mínima de “Oficial de 1ª”.

- Medios auxiliares:
Útiles: Cama caliente.
Herramientas: Extrusor; espátula.

- Forma de realización:
1º - Cargar modelo 3D en el simulador de la impresora.
2º - Determinar los parámetros deseados.
3º - Puesta en marcha.
4º - Extracción de la pieza.

- Seguridad: Guantes.

- Controles:
1º - Comprobar el buen estado de la impresora.
2º - Comprobar el buen estado y colocación de la bobina de filamento.
3º - Comprobar que los parámetros introducidos son los deseados.
4º - Comprobar que la pieza no está caliente para su extracción.

- Pruebas: No precisa.

Operación 3: Eliminación de soportes.

- Maquinaria: No precisa.

- Mano de obra: La realización del trabajo de impresión 3D puede ser llevada a cabo por un operario con categoría mínima de "Oficial de 3ª".

- Medios auxiliares:
Útiles: No precisa.
Herramientas: Alicates, lijas.

- Forma de realización:
1º - Cortar las sujeciones que se hayan podido crear.
2º - Lijar las imperfecciones que el corte de las sujeciones haya podido causar.

- Seguridad: Guantes.

- Controles:
1º - Comprobar que las sujeciones pueden ser cortadas con facilidad.
2º - Comprobar que todas las sujeciones han sido eliminadas.
3º - Comprobar que no hay imperfecciones sin lijar.

- Pruebas: No precisa.

TABLA 65. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS ELEMENTO 1.2.

ELEMENTO 1.2 – Recubrimiento interior de espuma de poliuretano flexible.
<p>Material de partida: Plancha de espuma de poliuretano flexible de 500 x 500 x 5 mm.</p>
<p>Operación 1: Corte del recubrimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Maquinaria:</u> No precisa - <u>Mano de obra:</u> La realización del trabajo de impresión 3D puede ser llevada a cabo por un operario con categoría mínima de “Oficial de 3ª”. - <u>Medios auxiliares:</u> <ul style="list-style-type: none"> Útiles: Mesa auxiliar y plantilla. Herramientas: Cúter o tijeras. - <u>Forma de realización:</u> <ul style="list-style-type: none"> 1º - Posicionar la lámina de 500 x 500 mm sobre la mesa auxiliar. 2º - Posicionar la plantilla sobre la lámina de espuma de poliuretano flexible. 3º - Recortar siguiendo la plantilla anteriormente sobrepuesta. 4º - Extraer las partes recortadas de la lámina inicial. - <u>Seguridad:</u> Guantes. - <u>Controles:</u> <ul style="list-style-type: none"> 1º - Comprobar el buen estado de la lámina de espuma de poliuretano flexible. 2º - Comprobar que la espuma de poliuretano flexible tiene las medidas deseadas (500 x 500 x 5 mm). 3º - Comprobar que las herramientas están en buen estado. 4º - Comprobar que los recortes coinciden con el tamaño de la plantilla. - <u>Pruebas:</u> No precisa.

V. ESTADO DE MEDICIONES

Para poder realizar un estudio preciso del presupuesto del producto se precisa información acerca del precio de los materiales, la mano de obra, las operaciones y las máquinas.

MATERIALES:

- Filamento de ABS = 20,99 € / 750 g = 27,98 €/Kg
- Filamento de HITS = 16,77 € / 1 Kg = 16,77 €/Kg
- Lámina de espuma de poliuretano flexible = 5,24 €
- PATTEX Extreme PRO = 13,72 € (182 h)

MAQUINAS:

- Escaner 3D = 555,39 € IVA INC (amortización en 2 años).
- Impresora 3D = 29500 € IVA INC (amortización en 7 años).

ÚTILES:

- Lijas = 0,75 € (aprox 5 h)
- Cútter = 4 € (aprox 3 años)
- Alicates = 5,8 € (aprox 5 años)

MANO DE OBRA:

- Oficial de 1ª = 20€/h
- Oficial de 2ª = 25 €/h
- Oficial de 3ª = 30 €/h

OPERACIONES:

- Escaneado 3D = 30 min.
- Puesta en marcha de la impresora = 10 min.
- Eliminación de los soportes = 20 min.
- Recorte de lámina = 20 min. (10 min – 10 min)
- Pegado = 35 min (10 min – 15 min)

DATOS CONCRETOS DEL PRODUCTO:

TABLA 66. DATOS DADOS POR LA IMPRESIÓN.

	Material utilizado ABS (g)	Material utilizado HITS (g)	Tiempo (h)
Impresión órtesis	107	259	40

TABLA 67. MEDICIONES Y PRESUPUESTOS.

MEDICIONES Y PRESUPUESTO						
UNIDAD DE OBRA	MEDICIÓN		Descripción	Precio unitario (€ / Ud.)	IMPORTE (euros)	TOTAL (euros)
	CANT	Ud				
1.1	1	Ud.	Estructura			
			Material:			
	0,107	Kg	Filamento de ABS 750g	27,98	2,9938	7,1869
	0,259		Filamento de HITS 1 Kg	16,72	4,1958	
			Trabajo de:	Escaneado		
	0,5	h	Maquinaria:	1,063	0,532	13,032
			Escaner 3D			
	0,5	h	Mano de obra:	25	12,5	
			Oficial de 2ª			
			Trabajo de:	Impresión 3D		
	40	h	Maquinaria:	2,7	108	112,98
			Impresora 3D			
	0,166	h	Mano de obra:	20	4,98	
			Oficial de 1ª			
			Trabajo de:	Eliminación de soportes.		
	1	Ud	Útil:	0,75	0,75	7,37
	0,083	h	Papel de lija	0,022	0,02	
			Alicates			
	0,33	H	Mano de obra:	20	6,6	
			Oficial de 3ª			
1.2.1	1	Ud.	Forro interior superior			
			Material:			
	5,04	g	Espuma de poliuretano flexible 42,5 g.	0,123	0,62	0,62
			Trabajo de:	Recorte de espuma.		
	0,166	h	Útil:	0,0017	0,00028	3,32
			Cutter			
	0,166	h	Mano de obra:	20	3,32	
			Oficial de 3ª			
1.2.2	1	Ud.	Forro interior inferior			
			Material:			
	3,85	g	Espuma de poliuretano flexible 42,5 g.	0,123	0,47	0,47

Sigue en la siguiente página

			Trabajo de:	Recorte de espuma.			
	0,166	h	Útil:	Cutter	0,0017	0,00028	3,32
	0,166	h	Mano de obra:	Oficial de 3ª	20	3,32	
1	1	Ud.	Estructura ABS junto con forro interior.				
			Material:				
	0,583	h	Pattex extreme Pro		0,075	0,044	0,044
			Trabajo de:	Pegado			
	0,583	h	Mano de obra:	Oficial de 3ª	20	11,66	11,66
2	1	Ud.	Cordones				
	1	Ud	Producto: cordones color mostaza.		3,90	3,90	3,90
PRECIO TOTAL:							163,9

El precio final de la órtesis antiequina³ es de 163,9€, muy por debajo de los modelos dinámicos de órtesis¹ que se encuentran en el mercado.

PRECIO FINAL: 163,9 €

VI. ÍNDICES:

Índice de imágenes.

1. Línea del tiempo de las órtesis y prótesis.	5
2. Primera prótesis encontrada.	5
3. Prótesis mecánica 1ª guerra mundial.	6
4. Ortesis antiequina "Boxia Plus".	7
5. Órtesis antiequina "Neurodyn Confort"	8
6. Ortesis antiequina "Philips"	8
7. Órtesis "Push ortho AFO"	9
8. Órtesis Antiequina "AFO SERVO".	9
9. Ortesis termoplástica "Orliman TP-2102D"	10
10. Órtesis antiequina "AFO110 Ortec".	10
11. Ortesis antiequina "Dynamic Bracing"	11
12. Antiequina activo "Dynamic Walk".	11
13. Antiequina "Matrix Max".	12
14. Antiequina "Saebo Step".	12
15. Órtesis de marcha corta tipo Kleensack.	13
16. Análisis de la locomoción del cuerpo humano de Thomas Eakins.	14
17. Medición aproximada de los ángulos que se generan al andar.	14
18. Análisis de la locomoción del cuerpo humano de Thomas Eakins.	15
19. Medición aproximada de los ángulos que se generan al correr.	15
20. Superposición de la imágenes para ver la distancia recorrida.	19
21. Medición de la distancia recorrida.	19
22. Medición de los ángulos implicados en las fuerzas.	20
23. Bocetos iniciales.	31
24. Propuesta número 8.	47
25. Propuesta número 9.	48
26. Propuesta número 12.	49
27. Ejemplo pieza por impresión SLS polimérica.	64
28. Ejemplo pieza por impresión SLS metálica.	64
29. Ejemplo pieza por impresión SLA.	64
30. Ejemplo pieza por impresión FDM.	65
31. Big 60 V2 de Modix 3D.	66
32. Artemis 300 ARP de SeeMeCNC.	67
33. Duplicator 5S de Wanhao.	67
34. JRC 600 Pro.	68
35. DT60 Dynamical 3D.	68
36. Muestra de silicona.	70
37. Muestra de gel de poliuretano.	71
38. Muestra TPE.	71
39. Muestra espuma de poliuretano.	72
40. Muestra goma EVA.	72
41. Muestra de espuma de poliéster.	73
42. Pattex Nural 92.	74
43. Universal 820 transparente.	74

44. Patex extreme pro.	75
45. Ejemplos de órtesis con sujeción de velcro.	76
46. Ejemplo de órtesis con sujeción por presión.	76
47. Ejemplos órtesis con sujeción de correa.	77
48. Ejemplos órtesis con sujeción de cuerdas.	77
49. Ejemplos de cierre de carraca.	78
50. Ejemplos de cierre por cordones.	78
51. Ejemplos de cierre por cremallera.	79
52. Cierre de velcro.	80
53. Cierre por presión.	81
54. Cierre de correa.	82
55. Cierre por sistema de cuerdas.	83
56. Cierre de carraca.	84
57. Cierre por cordones.	85
58. Cierre por cremallera.	86
59. Vistas de la pierna escaneada.	90
60. Evolución del modelado 3D.	91
61. Superficie de la órtesis.	91
62. Detalle imperfecciones 1.	91
63. Detalle imperfecciones 2.	92
64. Detalle imperfecciones 3.	92
65. Puntos de control en superficie.	92
66. Superficie sin tolerancia y superficie con tolerancia de 6 mm por cada lado.	93
67. Superficie final.	93
68. Visualización de la superficie en el software "magic".	94
69. Visualización de la estructura con espesor.	95
70. Espacio de trabajo simulador ultimaker cura.	95
71. Posicionamiento de la estructura en la cama de la impresora 3D.	96
72. Columnas generadas para la impresión de la estructura.	96
73. Tiempo y material utilizado para la impresión.	97
74. Elección planchas de poliuretano.	98
75. Ejemplo cortes del recubrimiento interior de la plantilla.	100
76. Esquema de desmontaje.	102
77. Diagrama sistémico conjunto.	103
78. Diagrama sistémico subconjunto 1.1	103
79. Diagrama sistémico subconjunto 1.2	104
80. Deformación ABS según espesor (Fuerza del usuario).	106
81. Deformación PP según espesor (Fuerza del usuario).	106
82. Dimensionado Previo.	111
83. Ejemplos de filamentos de ABS.	113
84. Ejemplo diseño orgánico.	114
85. Ejemplo diseño manchas.	114
86. Ejemplo diseño color entero.	115
87. Ejemplo cordones planos.	116
88. Ejemplo cordones redondos.	116
89. Ejemplo cordones ovalados.	116
90. Ejemplo cordones de cuero.	117
91. Ejemplo cordones especiales.	117

92. Ejemplo cordones para zapatillas de deporte.....	117
93. Propuesta de mejora.....	120
94. Ejemplos tipos de calzado.....	122
95. Longitud del cordón según los ojales.....	122
96. Cordones mostaza.....	123
97. Referencia cordones mostaza.....	123
98. Información dada por el distribuidor.....	124
99. Posición del forro interior sobre la lámina.....	124
100. Escaner 3D Sense 2 3D.....	125
101. Modelo de impresora DT60 Dynamical 3D.....	126
102. Espátula extracción de piezas por impresión 3D.....	127
103. Cutter metálico 18 mm.....	127
104. Alicates para eliminación de soportes impresión 3D.....	127
105. Lijas para plástico.....	128
106. Partes de una impresora de disposición de material fundido.....	129
107. Unión elemento 1.2.1 al elemento 1.1.....	131
108. Parte de cordones sin la espuma de poliuretano.....	131
109. Unión elemento 1.2.2 al elemento 1.1.....	132
110. Ejemplo colocación del acolchado de la plantilla.....	132
111. Ejemplo pieza lijada.....	133
112. Ejemplo pieza con disolvente.....	133
113. Ejemplo pieza con resina y pintada.....	134
114. Ejemplo pieza galvanoplastia.....	134
115. Imagen prototipo 1.....	155
116. Imagen prototipo 2.....	156
117. Imagen prototipo 3.....	156
118. Imagen prototipo 4.....	157
119. Imagen prototipo 5.....	157
120. Foto prototipo impreso 1.....	158
121. Foto prototipo impreso 2.....	158
122. Foto prototipo impreso 3.....	159
123. Foto prototipo impreso 4.....	159
124. Foto prototipo impreso 5.....	160
125. Foto prototipo impreso 6.....	160
126. Foto modelo escala real 1.....	161
127. Foto modelo escala real 2.....	161
128. Foto modelo escala real 3.....	162
129. Foto modelo escala real 4.....	162
130. Foto modelo escala real 5.....	163
131. Foto modelo escala real 6.....	163
132. Foto modelo escala real 7.....	164
133. Foto modelo escala real 8.....	164

Índice de tablas.

Tabla 1. Estudio órtesis "Boxia Plus"	7
Tabla 2. Estudio órtesis "Neurodyn Confort"	8
Tabla 3. Estudio órtesis "Philipp"	8
Tabla 4. Estudio órtesis "Push ortho AFO"	9
Tabla 5. Estudio órtesis "AFO SERVO"	9
Tabla 6. Estudio órtesis "Orliman TP-2102D"	10
Tabla 7. Estudio órtesis "AFO110 Ortec"	10
Tabla 8. Estudio órtesis "Dynamic Bracing"	11
Tabla 9. Estudio órtesis "Dynamic Walk"	11
Tabla 10. Estudio órtesis "Matrix Max"	12
Tabla 11. Estudio órtesis "Saebo Step"	12
Tabla 12. Estudio órtesis marcha corta tipo Kleensack	13
Tabla 13. Tabla nivel de clase.	28
Tabla 14. Tabla de nivel de importancia.....	28
Tabla 15. Tabla de funciones de uso	29
Tabla 16. Tabla de funciones estéticas.....	30
Tabla 17. Matriz de dominación propuestas.....	44
Tabla 18. Orden de importancia factores.....	44
Tabla 19. VTP propuestas.	45
Tabla 20. Tabla de conversión talla de pie a cm.....	52
Tabla 21. Primera tabla con medidas en mm según percentiles.	53
Tabla 22. Segunda tabla con medidas en mm según percentiles.	54
Tabla 23. Comparativas medidas P95 y medidas escaneadas.....	55
Tabla 24. Estudio policloruro de vinilo.	58
Tabla 25. Estudio poliestireno.	58
Tabla 26. Estudio poliamida.	59
Tabla 27. Estudio policarbonato.....	59
Tabla 28. Estudio polietileno.	60
Tabla 29. Estudio termoplástico de acrilonitrilo, butadieno y estireno.....	60
Tabla 30. Estudio tereftalato de polietileno.....	61
Tabla 31. Estudio polimetacrilato.....	61
Tabla 32. Estudio polipropileno.....	62
Tabla 33. Método de impresión 3D SLS.....	64
Tabla 34. Método de impresión 3D SLA.	64
Tabla 35. Método de impresión 3D FDM.	65
Tabla 36. ESTUDIO IMPRESORA BIG 60 V2 DE MODIX 3D.....	66
Tabla 37. Estudio impresora 3D artemis 300 ARP de SeeMeCNC.	67
Tabla 38. Estudio impresora 3D Duplicator 5S de Wanhao.	67
Tabla 39. Estudio impresora 3D JRC 600 Pro.....	68
Tabla 40. Estudio impresora DT 60 Dynamical 3D.	68
Tabla 41. Características de la silicona.	70
Tabla 42. Características del gel de poliuretano.	71
Tabla 43. Características del TPE.	71
Tabla 44. Características de la espuma de poliuretano flexible.....	72
Tabla 45. Características del EVA.	72
Tabla 46. Características de la espuma de poliéster.	73

Tabla 47. Estudio PATTEX NURAL 92.	74
Tabla 48. Estudio UNIVERSAL 820 TRANSPARENTE.	74
Tabla 49. Estudio PATTEX EXTREME PRO.	75
Tabla 50. Matriz de importancia cierres.	87
Tabla 51. Orden de importancia cierres.	87
Tabla 52. VTP cierres.	88
Tabla 53. Presupuesto.	101
Tabla 54. Asignación grafo sistémico.	103
Tabla 55. Tensiones y deformaciones del ABS según el espesor.	105
Tabla 56. Tensiones y deformaciones del PP según el espesor.	105
Tabla 57. Deformación ABS fuerza avance máxima.	107
Tabla 58. Deformación PP fuerza avance máxima.	107
Tabla 59. Deformación ABS fuerza máxima retroceso.	108
Tabla 60. Deformación PP fuerza retroceso máxima.	108
Tabla 61. Deformación ABS fuerza pie en reposo.	109
Tabla 62. Deformación PP fuerza pie en reposo.	109
Tabla 63. Comparación medidas del usuario y medidas de la estructura.	111
Tabla 64. Pliego de condiciones técnicas elemento 1.1.	165
Tabla 65. Pliego de condiciones técnicas elemento 1.2.	167
Tabla 66. Datos dados por la impresión.	168
Tabla 67. Mediciones y presupuestos.	169

Imágenes referenciadas:

- [1]. Creación propia, línea del tiempo.
- [2]. <https://redhistoria.com/protesis-de-dedos-de-pie-egipcios-son-las-mas-antiguas-del-mundo/>
- [3]. <http://delaclasshistory.blogspot.com/2018/11/>
- [4]. <https://www.orliman.com/producto/soporte-antieuquino-boxia-plus/>
- [5]. <https://www.saniprix.com/Articulo~x~Antieuquino-neurodyn-comfort~IDArticulo~2728.html>
- [6]. http://www.ortoiberica.com/ortopedia-protesica-exogena-ortetica/productos-destacados/antieuquino-philips_1429_758_7826_0_1_pro.html
- [7]. <https://www.push.eu/es/productos/tobilleras/%C3%B3rtesis-tobillo-pie-push-ortho-afo>
- [8]. <https://ortopediaencasa.com/ortesis-antieuquino-afo-servo-5786.html>
- [9]. <https://www.visionfarma.es/116607-3666-ortesis-antieuquino-sin-montar.html>
- [10]. <https://www.emo.es/es/catalog/detail/2580/afo110-ortec-antieuquino-varo-media-planta>
- [11]. <https://www.cornerstonepo.com/portfolio-items/dynamic-bracing/>
- [12]. <https://www.ortoweb.com/dynamic-walk-ortesis-antieuquino-de-fibra-de-carbono>
- [13]. http://www.ortoiberica.com/ortopedia-protesica-exogena-ortetica/ortesis-rigidas/antieuquino-matrix-max_823_753_7763_0_1_pro.html
- [14]. <https://tiendaonline.juanbravo.com/shop/ortesis/ortesis-de-tobillo-y-pie/saebostep-antieuquino/>
- [15]. <https://www.ortopediamostkoff.com.mx/producto/ortesis-miembros-inferiores/aparato-corto-con-articulacion-de-tobillo-tipo-kleensack/>
- [16]. Creación propia estudio Thomas Eakins.
- [17]. Creación propia estudio Thomas Eakins.
- [18]. Creación propia estudio Thomas Eakins.
- [19]. Creación propia estudio Thomas Eakins.
- [20]. Creación propia estudio Thomas Eakins, superposición.
- [21]. Creación propia estudio Thomas Eakins, medición.
- [22]. Creación propia.
- [23]. Creación propia.
- [24]. Creación propia.
- [25]. Creación propia.
- [26]. Creación propia.
- [27]. <https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/>
- [28]. <https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-directo-de-metal-por-laser-les-explicamos-todo/>
- [29]. <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>
- [30]. <https://3dlink.me/fdm-fused-deposition-modeling/>
- [31]. <https://www.3dnatives.com/es/top-10-impresoras-fdm-volumen-de-impresion-21092016/>
- [32]. <https://www.seemecnc.com/products/artemis-300-rtp-eslide-motion>
- [33]. <https://lamejorimpresora3d.com/impresoras-3d/wanhao-duplicator-5s>
- [34]. <https://jcr3d.com/en/products/jcr-600-pro/>
- [35]. <https://sugraf.es/portfolio-item/impresora-3d-dt-60/>
- [36]. <https://www.antiaginggroupbarcelona.com/protesis-silicona-seguridad-2/>
- [37]. <http://es.materfad.com/material/1173/technogel>
- [38]. <http://www.bdac.com/es/producto/shock-absorption-insoles-tgel-0218/>

- [39]. <https://www.mwmaterialsworld.com/es/espuma-filtrante-aire-34-kg-m3-porosidad-10-a-60.html>
- [40]. <https://tiendatelas.com/es/goma-eva-violeta.html>
- [41]. <https://www.mwmaterialsworld.com/es/espuma-de-poliester-confeccion-20-kg-m3.html>
- [42]. https://www.pattex.es/pagina-de-inicio/productos/adhesivos/bicomponentes/para-el-profesional/plasticos/nural_92.html
- [43]. <https://www.ferreteriaonlinevtc.com/sistemas-de-fijacion/145381-adhesivo-de-contacto-transparente-para-plasticos-bostik-820-8412663016311.html>
- [44]. <https://www.pattex.es/pagina-de-inicio/productos/adhesivos/universales/pegamento-para-fijar.html>
- [45]. Creación propia, ejemplos de varias páginas.
- [46]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [47]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [48]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [49]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [50]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [51]. Creación propia, ejemplo de varias páginas.
- [52]. Creación propia.
- [53]. Creación propia.
- [54]. Creación propia.
- [55]. Creación propia.
- [56]. Creación propia.
- [57]. Creación propia.
- [58]. Creación propia.
- [59]. Creación propia, escaneados.
- [60]. Creación propia, modelado.
- [61]. Creación propia.
- [62]. Creación propia.
- [63]. Creación propia.
- [64]. Creación propia.
- [65]. Creación propia.
- [66]. Creación propia.
- [67]. Creación propia.
- [68]. Creación propia, captura.
- [69]. Creación propia, captura.
- [70]. Creación propia, captura.
- [71]. Creación propia, captura.
- [72]. Creación propia, captura.
- [73]. Creación propia, captura.
- [74]. Creación propia.
- [75]. Creación propia.
- [76]. Creación propia, esquema de desmontaje.
- [77]. Creación propia, grafo 1.
- [78]. Creación propia, grafo 2.
- [79]. Creación propia, grafo 3.

- [80]. Creación propia, capturas deformaciones.
- [81]. Creación propia, capturas deformaciones.
- [82]. Creación propia, dimensiones.
- [83]. <https://www.3djake.es/filamentos-para-impresoras-3d/filamentos-abs-en-diferentes-versiones>
- [84]. Creación propia, personalización 1.
- [85]. Creación propia, personalización 2.
- [86]. Creación propia, personalización 3.
- [87]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [88]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [89]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [90]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [91]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [92]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [93]. Creación propia, propuesta de mejora.
- [94]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [95]. https://www.cordonesdecolores.es/?gclid=Cj0KCQjwpNr4BRDYARIsAADIx9zLKUJscm8NKXHx0AJ0J8SD7jurrzHyo3DOhJwJS7kMn8ydnfvFRjwaAirwEALw_wcB
- [96]. Creación propia, elección cordones.
- [97]. <https://www.cordonesdecolores.es/cordones-planos-vestir-mostaza-cool-dress-mustard-125?tag=casual&tag2=67&tag3=>
- [98]. <https://www.mwmaterials.com/es/espuma-de-poliuretano-filtrante-de-aire-20-kg-m3.html>
- [99]. Creación propia, patronaje.
- [100]. https://es.rs-online.com/web/p/escaneres-3d/7990480/?cm_mmc=ES-PPC-DS3A-_-google-_-DSA_ES_ES_Informatica_Y_Perifericos_Feed-_-Impresion_Y_Escaneo_3D%7CEscaneres_3D%7CProducts-_-DYNAMIC+SEARCH+ADS&matchtype=b&aud-826607885227:dsa-788929260396&gclid=CjwKCAjwmMX4BRAAEiwa-zM4Jsexu0IYsf4PuKeylZPLGM2wE_ji1hKOibotkVHnb7Sx2BKEUQG4CRoCmHYQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds
- [101]. <https://sugraf.es/portfolio-item/impresora-3d-dt-60/>
- [102]. <https://www.amazon.es/Impresora-removedor-impresi%C3%B3n-herramienta-eliminaci%C3%B3n/dp/B088BYK3LR>
- [103]. <https://hidraferr.es/es/cutters/280-cutter-autofrenable-metalico-18-mm-shineway-8432495155033.html>
- [104]. <https://filament2print.com/es/accesorios/885-alicates-corte.html>
- [105]. <https://www.manomano.es/cat/lija+agua+grano+800>
- [106]. <https://todo-3d.com/fdm-fff-modelado-deposicion-fundida/?v=911e8753d716>

- [107]. Creación propia, unión.
- [108]. Creación propia, unión.
- [109]. Creación propia, unión.
- [110]. Creación propia, unión.
- [111]. <https://formizable.com/como-alisar-piezas-impresas-en-3d-de-abs/>
- [112]. <https://www.xatakahome.com/trucos-y-bricolaje-smart/polysmooth-and-polyspher-vienen-a-mejorar-la-impresion-3d>
- [113]. <https://tresde.pe/postproceso-de-impresion-3d-como-lograr-el-acabado-ideal/>
y <https://cults3d.com/es/blog/articles/mejor-pinturas-impresion-3d>
- [114]. <https://tresde.pe/postproceso-de-impresion-3d-como-lograr-el-acabado-ideal/>
- [115]. Creación propia, render 1.
- [116]. Creación propia, render 2.
- [117]. Creación propia, render 3.
- [118]. Creación propia, render 4.
- [119]. Creación propia, render 5.
- [120]. Creación propia, foto prototipo 1.
- [121]. Creación propia, foto prototipo 2.
- [122]. Creación propia, foto prototipo 3.
- [123]. Creación propia, foto prototipo 4.
- [124]. Creación propia, foto prototipo 5.
- [125]. Creación propia, foto prototipo 6.
- [126]. Foto modelo escala real 1.
- [127]. Foto modelo escala real 2.
- [128]. Foto modelo escala real 3.
- [129]. Foto modelo escala real 4.
- [130]. Foto modelo escala real 5.
- [131]. Foto modelo escala real 6.
- [132]. Foto modelo escala real 7.
- [133]. Foto modelo escala real 8.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

- *auditoriamedicahoy.com*
<http://www.auditoriamedicahoy.com.ar/biblioteca/Karina%20Galli%20Sabrina%20Peloso%20Ortesis%20y%20pr%C3%B3tesis.pdf> (10/10/2020)
- SLIDESHARE. *Slideshare.net*.
<https://es.slideshare.net/DamarisPorcelRojas/ortesis-y-protesis-65994597> (10/10/2020)
- DR. FOOT. *youtube.com*.
<https://www.youtube.com/watch?v=3HPaCL5KtQg> (22/10/2019)
- CHARCOT-MARIE-TOOTH ASSOCIATION. *cmtausa.org*.
<https://www.cmtausa.org/espanol/que-es-la-enfermedad-de-charcot-marie-tooth-cmt/> (22/10/2019)
- MAYO CLINIC. *mayoclinic.org*.
<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/foot-drop/symptoms-causes/syc-20372628> (22/10/2019)
- PLATAFORMA DE AFECTADOS DE ELA. *plataformaafectadosela.org*.
<http://www.plataformaafectadosela.org/acerca-de/> (22/10/2019)
- FUNDACIÓN GAEM MS RESEARCH. *fundaciongaem.org*.
<https://fundaciongaem.org/que-es-la-esclerosis-multiple/> (22/10/2019)
- MAYO CLINIC. *mayoclinic.org*.
<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/multiple-sclerosis/symptoms-causes/syc-20350269> (22/10/2019)
- ORLIMAN. *orliman.com*.
<https://www.orliman.com/producto/soporte-antiequino-boxia-plus/> (23/10/2019)
- ORTOPEDIA MOSTKOFF. *ortopediamostkoff.com.mx*
<https://www.ortopediamostkoff.com.mx/producto/ortesis-miembros-inferiores/aparato-corto-con-articulacion-de-tobillo-tipo-kleensack/> (23/10/2019)
- SANIPRIX. *saniprix.com*
<https://www.saniprix.com/Articulo~x~Antiequino-neurodyn-comfort~IDArticulo~2728.html> (23/10/2019)
- ORTOPEDIA EN CASA. *ortopediaencasa.com*
<https://ortopediaencasa.com/ortesis-antiequino-afo-servo-5786.html> (23/10/2019)

- ORTOWEB. *ortoweb.com*
<https://www.ortoweb.com/dynamic-walk-ortesis-antiequino-de-fibra-de-carbono#product-tabs>
(23/10/2019)
- ATEMPANA. *atemprana.com*
<https://atemprana.com/anti-equinos-/2000-calcerin-antiequino-tipo-philips.html> (24/10/2019)
- PUSH BRACES. *push.eu*
<https://www.push.eu/es/productos/tobilleras/%C3%B3rtesis-tobillo-pie-push-ortho-afo>
(24/10/2019)
- ORTOPEDIA SILVIO. *ortopediasilvio.com*
<https://www.ortopediasilvio.com/es/ortesis-antiequino-rancho-de-los-amigos/5036-134589-ortesis-antiequino-desmontada-derecha.html#/tallas-s> (25/10/2019)
- MEDICAL EXPO. *medicalexpo.es*
<https://www.medicalexpo.es/prod/trulife/product-70377-519538.html> (25/10/2019)
- EMO. *emo.es*
<http://www.emo.es/es/catalog/detail/2580/afo110-ortec-antiequino-varo-media-planta>
(25/10/2019)
- SAEBO. *saebo.com*
<https://www.saebo.com/shop/saebostep/> (27/10/2019)
- ORTOPEDIA MOSTKOFF. *ortopediamostkoff.com.mx*
<https://www.ortopediamostkoff.com.mx/producto/ortesis-miembros-inferiores/aparato-corto-con-articulacion-de-tobillo-tipo-kleensack/> (27/10/2019)
- CORNERSTONE PROTHETICS & ORTHOTICS. *cornerstonepo.com*
<http://www.cornerstonepo.com/portfolio-items/dynamic-bracing/> (28/10/2019)
- BRAIN PICKINGS. *brainpickings.org*.
<https://www.brainpickings.org/2016/05/26/river-of-shadows-rebecca-solnit-muybridge/>
(28/10/2019)
- Normativa ISO 22523: 2006 (30/11/2019)
- ORTOPEDIA AEROPUERTO. *ortopediiaeropuerto.com*.
<http://www.ortopediiaeropuerto.com/attachments/article/172/ortesia-pie-equino-adulto-0a.pdf>
(26/12/2019)
- PROTESICA. *protesica.com*.
<https://protesica.com.co/portfolio-item/sistema-de-liner-con-pin-y-lanzadera/> (31/03/2020)
- VIRTUAL EXPO GROUP. *medicalexpo.es*.
<https://www.medicalexpo.es/fabricante-medical/manguito-protesis-pierna-29482.html>
(01/04/2020)

- MATERIALES WORLD. *materialeswprld.com*
https://www.mwmaterialsworld.com/es/espuma-filtrante-aire-34-kg-m3-porosidad-10-a-60.html?gclid=Cj0KcQjwoaz3BRDnARIsAF1RfLdPoSbbM8Cbl_BJab4BgB2sBpnEK9odH7WkeAD7r-svl0Dwbs3D2QoaAggmEALw_wcB (01/04/2020)
- CENTRO DE MATERIALES BARCELONA. *materfad.com*.
<http://es.materfad.com/> (03/04/2020)
- *textoscientificos.com*
<https://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc> (03/04/2020)
- CES EduPack 2013 (04/04/2020)
- *losadhesivos.com*.
<https://www.losadhesivos.com/termoplastico.html> (10/04/2020)
- *losadhesivos.com*.
<https://www.losadhesivos.com/elastomero.html> (10/04/2020)
- PATTEX. *pattex.es*.
https://www.pattex.es/pagina-de-inicio/productos/adhesivos/bicomponentes/para-el-profesional/plasticos/nural_92.html (15/04/2020)
- BOSTIK SMART ADHESIVES. *bigmatonline.com*.
<https://www.bigmatonline.com/ControlIntegral/extensiones/articulos/documentos/ft-820-30601111.pdf> (15/04/2020)
- BRIKUM. *brikum.com*.
https://www.brikum.com/bricolaje/ferreteria/pegamento-de-plasticos-dificiles-ceys?gclid=CjwKCAjwi_b3BRAGEiwAemPNU4f5Jx_Xy7_D3zBOw1bnmgRliH24rgkUH4TEQ0InsPpuxMPYJnv1pxoCnrQQAvD_BwE (20/04/2020)
- DURAN. *gdurantienda.com*
<https://gdurantienda.com/Pattex/3208-PATTEX-Adhesivo-Extreme-Pro.html> (20/04/2020)
- *de-senderismo.net*.
<https://de-senderismo.net/blog/telas-impermeables/> (23/04/2020)
- MEXPOLÍMEROS. *mexpolimeros.com*
<https://www.mexpolimeros.com/procesos.html> (28/04/2020)
- PPI, PROCESOS PLÁSTICO INYECTADOS. *ppi.com*.
<http://ppi.com.mx/Servicios/que-es-la-inyeccion-de-plasticos.html> (30/04/2020)
- AUTODESK. *autodesk.es*.
<https://www.autodesk.es/solutions/3d-printing> (30/04/2020)

- 3D NATIVES. *3dnatives.com*.
<https://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/> (05/05/2020)
- 3D NATIVES. *3dnatives.com*.
<https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/> (05/05/2020)
- MATERIALISE. *materialise.com*
<https://www.materialise.com/es/manufacturing/tecnologia-de-impresion-3d/modelado-por-deposicion-fundida> (05/05/2020)
- 3D NATIVES. *3dnatives.com*.
<https://www.3dnatives.com/es/top-10-impresoras-fdm-volumen-de-impresion-21092016/#!> (10/05/2020)
- JCR3D SMART PRINTER. *jcr3d.com*.
<https://jcr3d.com/productos/jcr-600-pro/> (10/05/2020)
- MODIX LARGE 3D PRINTERS. *modix3d.com*.
https://www.modix3d.com/?affcode=g994868082-k%3D%2Bmodix%20%2Bbig%20%2B60-dv%3Dc-pos%3D-mt%3Db&utm_campaign=Modix&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&utm_term=%2Bmodix%20%2Bbig%20%2B60&hsa_mt=b&hsa_grp=69740651014&hsa_kw=%2Bmodix%20%2Bbig%20%2B60&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&hsa_cam=994868082&hsa_tgt=kwd-751182516945&hsa_acc=4337940178&hsa_ad=428343554582&hsa_src=g&gclid=Cj0KCQjw6ar4BRDnARIsAITGzIDxGRbf9WlvuKn1JQgSKDqWTui7SuGsLB3Be7bWyxmtZUFue8CPAakaAhaOEALw_wcB (15/05/2020)
- DYNAMICAL 3D. *dynamical3d.com*.
<https://www.dynamical3d.com/impresora-3d-industrial-dt60/> (15/05/2020)
- IMPRESORAS 3D EVERYTHING TO CREATE. *impresoras3d.com*.
<https://www.impresoras3d.com/que-utilizar-sosa-o-limoneno/> (17/05/2020)
- *cordonesdecolores.es*.
<https://www.cordonesdecolores.es/> (10/06/2020)
- RS. *rs-online.com*.
https://es.rs-online.com/web/p/escaneres-3d/7990480/?cm_mmc=ES-PPC-DS3A-_-google-_-DSA_ES_ES_Informatica_Y_Perifericos_Feed-_-Impresion_Y_Escaneo_3D%7CEscaneres_3D%7CProducts-_-DYNAMIC+SEARCH+ADS&matchtype=b&aud-826607885227:dsa-788929260396&gclid=CjwKCAjwmMX4BRAAEiwA-zM4Jsexu0IYsf4PuKeylZPLGM2wE_ji1hKOibotkVHnb7Sx2BKEUQG4CRoCmHYQAvD_BwE&glsrsrc=aw.ds (15/06/2020)

- FILAMENT2PRINT. *Filament2print.com*.
<https://filament2print.com/es/accesorios/885-alicates-corte.html> (19/06/2020)

- AMAZON. *amazon.es*.
https://www.amazon.es/Impresora-removedor-impresi%C3%B3n-herramienta-eliminaci%C3%B3n/dp/B088BYK3LR/ref=sr_1_1_sspa?dchild=1&keywords=espatula+impresora+3d&qid=1595351376&sr=8-1-spons&pvc=1&spLa=ZW5jcnlwdGVkUXVhbGlmaWVyPUEzUjZlZWUdVUENVTUFUJmVuY3J5cHRIZElKPUEwMzcxNjMyMVI4TFk0VUtYN0cyTCZlbnNyeXB0ZWRBZEIkPUEwMTkxMzE4Mk90OFkzQzhVVo4WCZ3aWRnZXROYW1lPXNwX2F0ZiZlY3Rpb249Y2xpY2tSZWRpcmVjdCZkb05vdExvZ0NsaWNRPXRYdWU= (19/06/2020)

- MANOMANO. *manomano.es*.
<https://www.manomano.es/cat/lija+agua+grano+800> (01/07/2020)

- HIDRA FERR. *hidraferr.es*.
<https://hidraferr.es/es/cutters/280-cutter-autofrenable-metalico-18-mm-shineway-8432495155033.html> (01/07/2020)

- TRESDE. *tresde.pe*.
<https://tresde.pe/postproceso-de-impresion-3d-como-lograr-el-acabado-ideal/> (05/07/2020)

- *toninadal.frax3d.com*.
<http://toninadal.frax3d.com/post-tratamientos> (05/07/2020)