



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# TRABAJO FINAL DE GRADO

---

## “DISEÑO PARA LA FABRICACIÓN ADITIVA DE CALZADO”

Autor: Adrián Visier Martín

Tutor: Andrés Conejero Rodilla

Año: Septiembre 2016



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar las gracias por la ayuda e implicación en este proyecto final de carrera de mi tutor, por haber aceptado realizarlo conmigo independientemente de la disponibilidad que tuviese.

En segundo lugar, a otros profesores que han colaborado y/o me han prestado ayuda en diferentes momentos, en cuestiones más específicas, como por ejemplo Mónica Val Fiel y Carlos Rubió Sanvalero.

También a los técnicos de las impresoras 3D, así como a la técnica Rosa, por haberme podido facilitar la impresión 3D de este modelo y poder presentar una maqueta.

Y por último, y no menos importante, a mi familia y amigos por haber colaborado en ideas, por haberme ayudado en aquellos momentos que más bloqueado estaba o por haberme aguantado durante todos estos meses y así haber podido obtener el resultado final de este proyecto.

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. MEMORIA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Objeto.....	9
2.2 Justificación del proyecto. Antecedentes del problema y búsqueda de mercado. ....	10
2.2.1 <i>Antecedentes del problema</i> .....	10
2.2.2 <i>Búsqueda de mercado</i> .....	11
2.2.2.1 Búsqueda para calzado en impresoras 3D.....	11
2.2.2.2 Búsqueda calzado en impresoras 3D Nike:.....	15
2.2.2.3 Búsqueda objetos en impresoras 3D con material elastómero: .....	18
2.2.2.4 Búsqueda cangrejas y/o zapatillas de agua:.....	21
2.3 Factores a considerar: necesidades, limitaciones y condicionantes.....	25
2.4 Procesos de fabricación.....	26
2.4.1 <i>Ventajas sobre la fabricación en Impresión 3D</i> .....	26
2.4.2 <i>Impresión 3D</i> .....	27
2.4.2.1 Sinterizado selectivo láser .....	27
2.4.2.2 Modelado por deposición fundida.....	30
2.4.2.3 Estereolitografía.....	32
2.4.2.4 ColorJet .....	34
2.4.3 <i>Guía de diseño</i> .....	35
2.4.3.1 Más sobre el diseño para un crecimiento fuerte y flexible de plástico .....	47
2.4.4 <i>Estudio del pie</i> .....	48
2.4.5 <i>Personalización del producto</i> .....	51
2.5 Conceptualización .....	52
2.6 Diseño de la zapatilla en ordenador.....	54
2.6.1 <i>Programas de explotación o utilización</i> .....	54
2.6.1.1 123D Catch .....	55
2.6.1.2 ShoeMaker .....	55
2.6.1.3 Rhinoceros 5 .....	56
2.6.1.4 Meshmixer .....	58

2.6.1.5 SolidEdge.....	60
2.6.1.6 KeyShot 5 .....	60
2.7 Diseño de la zapatilla en ordenador.....	62
2.7.1 Breve descripción de propuestas modeladas .....	62
2.7.2 Breve descripción de propuestas de suelas .....	65
2.8 Solución final .....	67
2.8.1 Criterios de selección .....	67
2.8.2 Justificación de la solución adoptada .....	68
2.8.3 Prototipos .....	69
<b>3. PLANOS .....</b>	<b>71</b>
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>79</b>
4.1 Definición y alcance.....	79
4.2 Especificaciones técnicas .....	79
4.2.1 Zapatilla.....	80
4.2.2 Ficha técnica del material.....	81
4.2.2.1 Directrices de diseño.....	81
4.2.2.2 Sobre el diseño de Elasto Plastic.....	84
4.2.2.3 Características del material .....	85
4.2.3 Proceso de fabricación.....	86
4.3 Condiciones económicas .....	87
<b>5. PRESUPUESTO .....</b>	<b>89</b>
5.1 Presupuesto empresa .....	90
5.2 Presupuesto diseñador subcontrata .....	96
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>100</b>
6.1 Referencias por contenido .....	100
6.2 Referencias de imágenes.....	101
6.2.1 Referentes calzado en impresoras 3D .....	101
6.2.2 Referentes en calzado en impresoras 3D Nike .....	102
6.2.3 Calzado en impresoras 3D con material elástico.....	103
6.2.4 Cangrejas/Zapatillas de agua .....	104
6.3 Referencias de procesos de fabricación.....	105
6.4 Estudio del pie.....	106

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 01: Partes del pie .....	10
Imagen 02: Partes de una zapatilla .....	10
Imagen 03: Zapatilla impresión 3D .....	11
Imagen 04: Zapato en impresión 3D.....	11
Imagen 05: Zapatilla estructura impresión 3D.....	12
Imagen 06: Zapato de tacón impresión 3D.....	12
Imagen 07: Zapato con recubrimiento impresión 3D.....	12
Imagen 08: Zapato de mujer aguamarina.....	13
Imagen 09: Zapato geométrico rojo .....	13
Imagen 10: Zapatillas Vans .....	13
Imagen 11: Zapatos infantiles.....	14
Imagen 12: Zapatilla de deporte.....	14
Imagen 13: Bota de fútbol Nike con impresión 3D.....	15
Imagen 14: Zapatilla Nike con impresión 3D .....	15
Imagen 15: Zapatilla de tacos Nike .....	15
Imagen 16: Zapatilla rosa Nike.....	16
Imagen 17: Zapatilla naranja de deporte Nike .....	16
Imagen 18: Espinilleras Nike .....	17
Imagen 19: Reloj con Ninjaflex .....	18
Imagen 20: Pulsera con Ninjaflex.....	18
Imagen 21: Objetos con material elastómero .....	18
Imagen 22: Funda de móvil.....	19
Imagen 23: Objetos flexibles.....	19
Imagen 24: Zapatilla flexible .....	19
Imagen 25: Objeto negro flexible .....	20
Imagen 26: Zapatilla de agua Nike.....	21
Imagen 27: Cangrejas rosas .....	21
Imagen 28: Zapatillas de agua ultra-flex.....	21
Imagen 29: Cangrejas transparentes.....	22
Imagen 30: Cangrejas amarillas.....	22

Imagen 31: Cangrejas rosas y negras .....	22
Imagen 32: Cangrejas azul y amarilla .....	23
Imagen 33: Cangrejas moradas .....	23
Imagen 34: Cangrejas azul y blancas .....	23
Imagen 35: Cangrejas negras.....	24
Imagen 36: Sinterizado Selectivo Láser .....	27
Imagen 37: Modelado por Deposición Fundida.....	31
Imagen 38: Estereolitografía.....	32
Imagen 39: Pie de tacón.....	48
Imagen 40: Pie con diferentes alturas .....	49
Imagen 41: Pie en reposo .....	49
Imagen 42: Pie con carga aplicada.....	50
Imagen 43: Boceto a lápiz 1 .....	52
Imagen 44: Boceto a lápiz 2 .....	52
Imagen 45: Boceto a lápiz 3 .....	53
Imagen 46: Boceto a lápiz 4 .....	53
Imagen 47: Rhino horma.....	56
Imagen 48: Rhino borde de suela .....	56
Imagen 49: Rhino zapatilla en superficies .....	57
Imagen 50: Meshmixer reducción de malla.....	58
Imagen 51: Meshmixer MakePattern .....	59
Imagen 52: Meshmixer borde.....	59
Imagen 53: KeyShot render .....	60
Imagen 54: KeyShot ejemplo de render .....	61
Imagen 55: Alternativa 01.....	62
Imagen 56: Alternativa 02.....	62
Imagen 57: Alternativa 03.....	63
Imagen 58: Alternativa 04.....	63
Imagen 59: Alternativa 05.....	64
Imagen 60: Alternativa 06.....	64
Imagen 61: Alternativa suela 1 .....	65
Imagen 62: Alternativa suela 2 .....	65

Imagen 63: Alternativa suela 3 .....	66
Imagen 64: Alternativa suela 4 .....	66
Imagen 65: Render KeyShot 5.....	69
Imagen 66: Prototipo rígido.....	69
Imagen 67: Prototipo flexible Shapeways .....	70

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto consta en la realización del diseño de una zapatilla para agua en impresión 3D con un material elástico.

En primer lugar, se ha realizado la forma de la zapatilla, la horma del pie, con ayuda de algunos programas para poder empezar a realizar el diseño de la zapatilla. Para ello, también se ha tenido en cuenta la forma de la suela, algo más deportiva, y la forma del cuello de la zapatilla.

En segundo lugar, una vez hecha toda la forma de la zapatilla, se ha empezado a diseñar, según las opciones de los programas utilizados, como iba a ser la zapatilla finalmente.

Por último, se ha impreso en material rígido con las impresoras de la escuela a escala 1:1 el resultado final de la zapatilla, y en material elástico a través de una empresa a escala 1:2.



## 2. MEMORIA

A continuación se describen los diferentes puntos de la memoria del proyecto en el que se encuentra la intención, así como los antecedentes y las justificaciones de las diferentes alternativas.

### 2.1 Objeto

Se trata del diseño de una zapatilla para agua mediante impresión 3D con un material elastómero.

Se ha de tener en cuenta, que si se trata de una zapatilla para playa; el agua, la arena o cualquier tipo de objeto pequeño que haya en la playa (piedras pequeñas, algún cigarrillo, etc.) se puede incrustar en el interior de la zapatilla. Por ello, hay que tener en cuenta, en el diseño, estos factores.

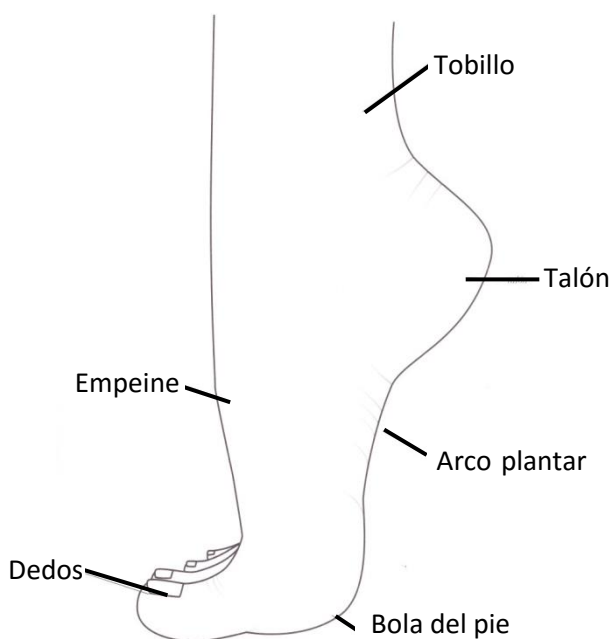
Al realizar este diseño con máquinas de impresión 3D y un material flexible, se puede observar el efecto elástico que se quiere conseguir en el prototipo, y a su vez, la forma estructural de este tipo de calzado.

Además, la realización de un primer prototipo mediante impresión 3D, permite que se puedan observar algún tipo de fallo antes de que el diseño sea lanzado en producción industrial. Así pues, cualquier tipo de fallo puede modificarse, y también tiene la ventaja de que se puede comprobar el fin para el que ha sido diseñado (sin tener en cuenta los materiales), y si no se obtiene el resultado deseado se puede rediseñar y volver a comprobar hasta que el diseño y la finalidad del producto sea la deseada. De esta forma, se consigue hacer un ahorro económico, ya que sin el avance de estas máquinas, no se podría comprobar.

## 2.2 Justificación del proyecto. Antecedentes del problema y búsqueda de mercado.

### 2.2.1 Antecedentes del problema

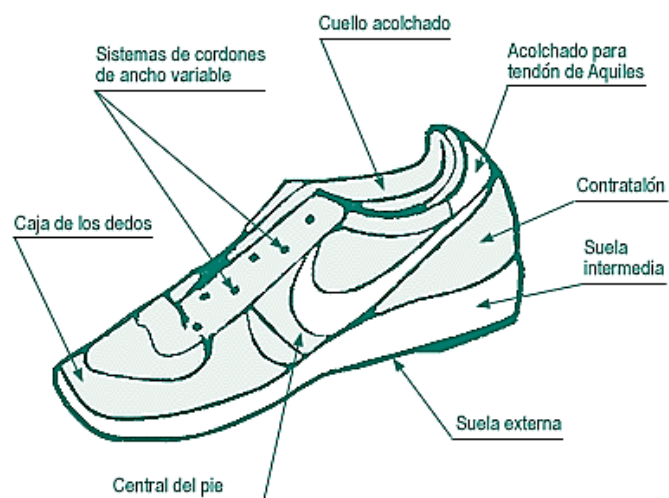
Para poder hablar con propiedad de este proyecto, es necesaria la consulta en fuentes información tanto de las partes en las que se compone el pie, como de las partes en las que se estructura una zapatilla.



**Imagen 01: Partes del pie**

En la imagen se puede observar las partes en las que se divide el pie. De esta forma, para el diseño de la zapatilla hemos de tener en cuenta todas y cada una de estas, para que se ajuste bien al pie y sea cómodo.

En la imagen se observa las partes en las que se divide una zapatilla deportiva. Se ha escogido este tipo de zapatilla, ya que, aunque el diseño va a ser similar al de una zapatilla de agua, este tipo de calzado tiene más parte deportiva que de chancla.

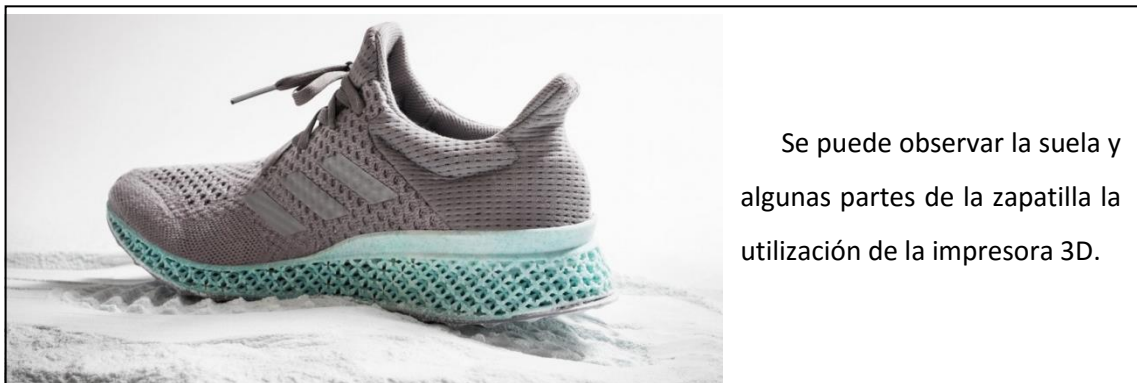


**Imagen 02: Partes de una zapatilla**

### 2.2.2 Búsqueda de mercado

Para realizar una búsqueda de mercado para este tipo de proyecto, se ha buscado por diferentes categorías: calzado en impresoras 3D, calzado en impresoras 3D por la marca Nike, objetos en impresoras 3D con material elastómero y calzado de cangrejas y/o zapatillas de agua.

#### 2.2.2.1 Búsqueda para calzado en impresoras 3D



**Imagen 03: Zapatilla impresión 3D**



**Imagen 04: Zapato en impresión 3D**



Se puede observar la utilización de la impresora 3D en la estructura. Es importante analizar el grosor de la suela y el diseño de la zapatilla.

**Imagen 05: Zapatilla estructura impresión 3D**



Se puede observar la utilización de la impresora 3D en la estructura y el efecto que hace la combinación de esos dos colores, además de la forma ergonómica del zapato.

**Imagen 06: Zapato de tacón impresión 3D**



El recubrimiento de la estructura de impresión 3D en el zapato lo hace elegante y a su vez se puede comprobar como un producto final.

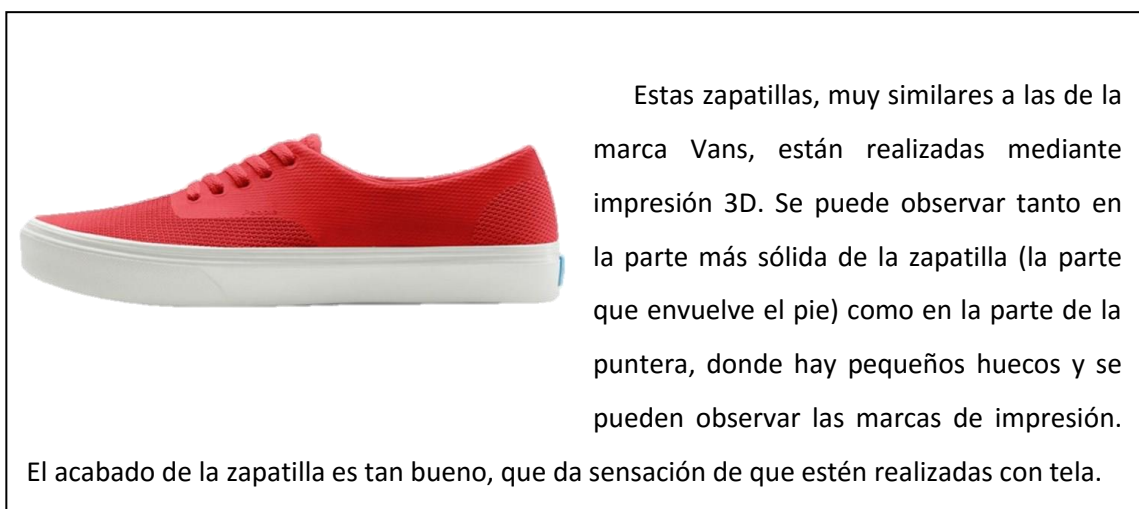
**Imagen 07: Zapato con recubrimiento impresión 3D**



**Imagen 08: Zapato de mujer aguamarina**



**Imagen 09: Zapato geométrico rojo**



**Imagen 10: Zapatillas Vans**



**Imagen 11: Zapatos infantiles**



**Imagen 12: Zapatilla de deporte**

### 2.2.2.2 Búsqueda calzado en impresoras 3D Nike



El recubrimiento de la bota de fútbol es en impresión 3D. Esta zapatilla ya está diseñada sin el recubrimiento. Con este añadido, se observa el efecto en la bota.

**Imagen 13: Bota de fútbol Nike con impresión 3D**



La combinación de algunas zonas con impresión 3D, la suela y el resto de la zapatilla, generan este resultado de zapatilla Nike.

**Imagen 14: Zapatilla Nike con impresión 3D**



Este diseño, una zapatilla de tacos de atletismo, se puede observar la estructura triangular de la suela, la implicación de la impresora 3D. Además de los soportes hechos para poder enroscar los tacos que posteriormente se incrustaran en la pista de atletismo.

**Imagen 15: Zapatilla de tacos Nike**



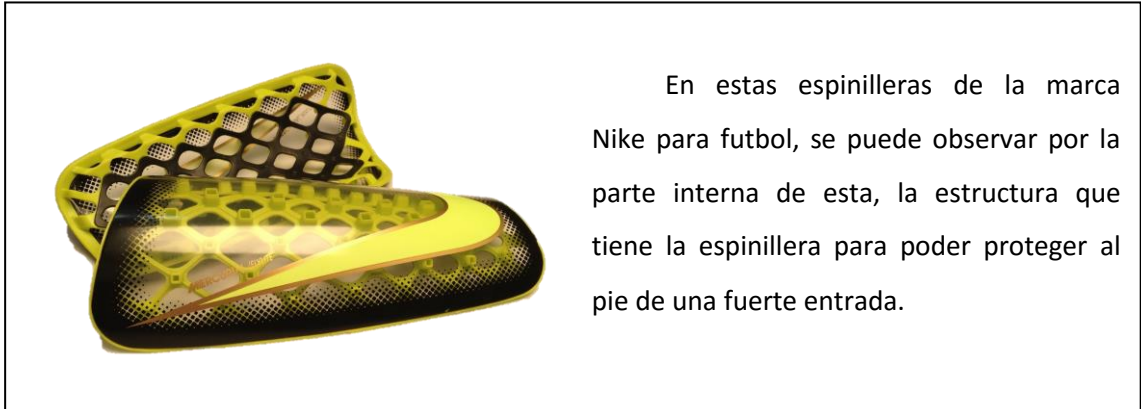
**Imagen 16: Zapatilla rosa Nike**



Esta zapatilla de deporte Nike, se puede ver las marcas en el acabado de la impresora 3D, pese a que el acabado es muy bueno y que es muy similar a la zapatilla hecha de tela del mismo modelo. De hecho está muy bien conseguido los detalles como por ejemplo las marcas de los laterales.

**Imagen 17: Zapatilla naranja de deporte Nike**





**Imagen 18: Espinilleras Nike**

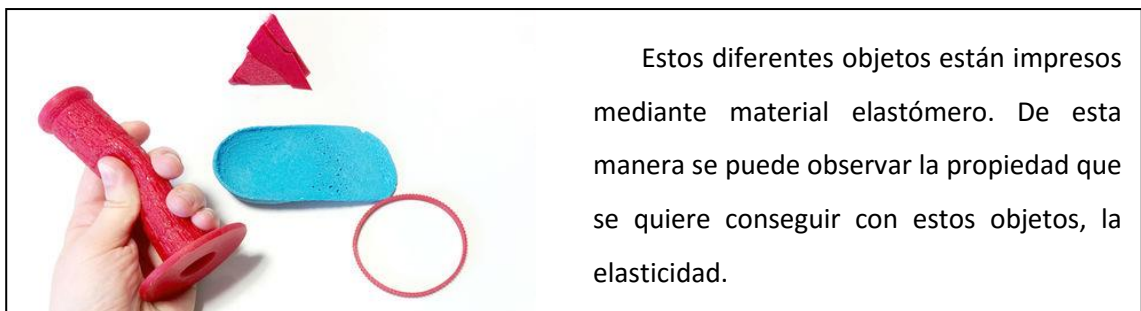
### 2.2.2.3 Búsqueda objetos en impresoras 3D con material elastómero



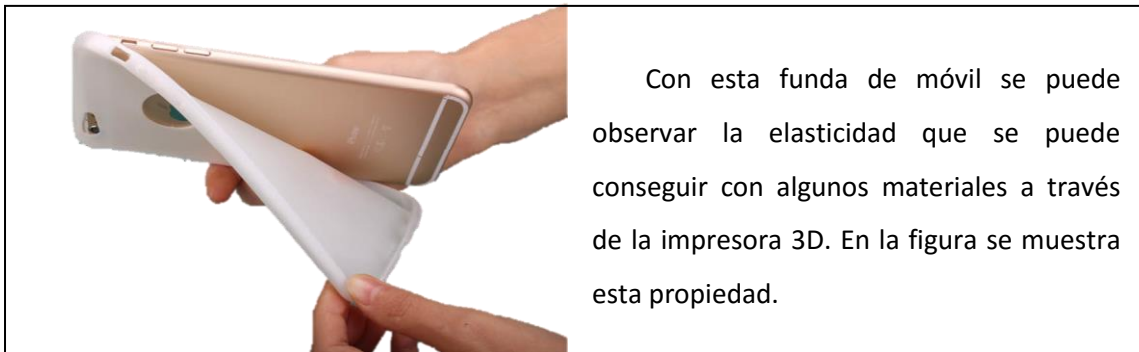
**Imagen 19: Reloj con Ninjaflex**



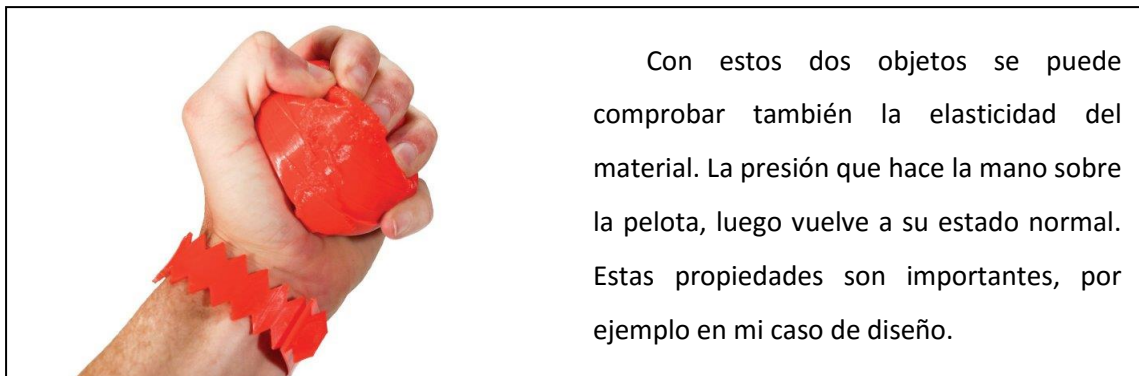
**Imagen 20: Pulsera con Ninjaflex**



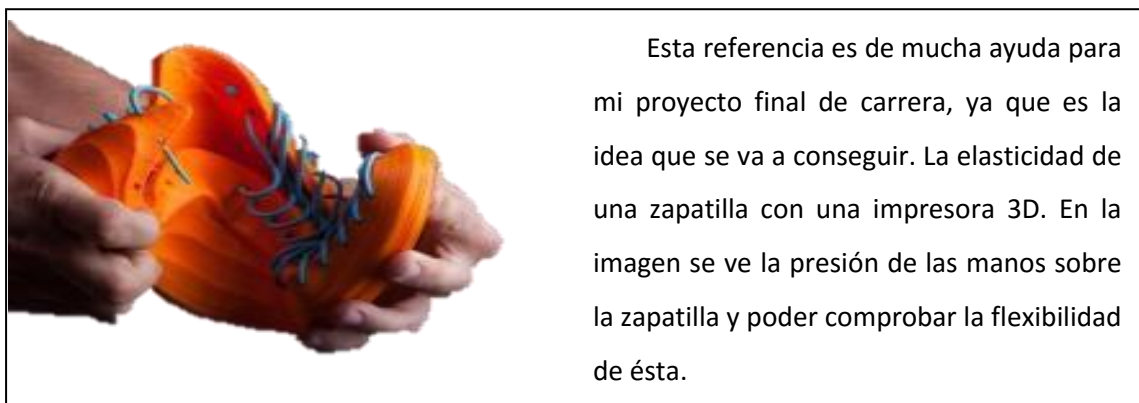
**Imagen 21: Objetos con material elastómero**



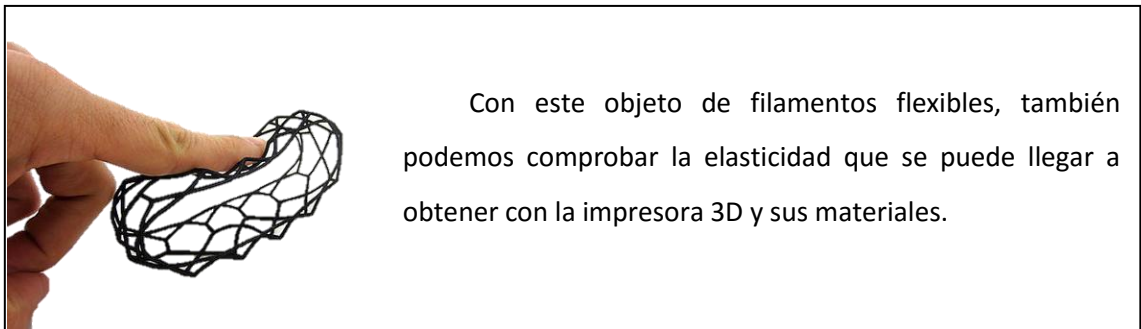
**Imagen 22: Funda de móvil**



**Imagen 23: Objetos flexibles**



**Imagen 24: Zapatilla flexible**



Con este objeto de filamentos flexibles, también podemos comprobar la elasticidad que se puede llegar a obtener con la impresora 3D y sus materiales.

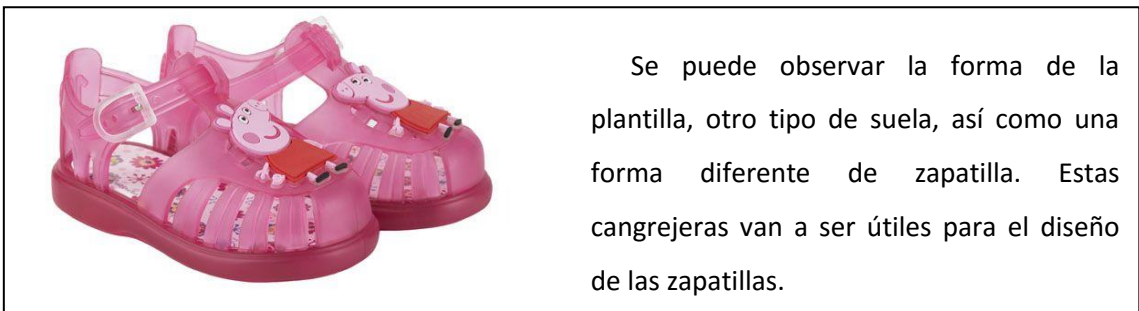
**Imagen 25: Objeto negro flexible**

### 2.2.2.4 Búsqueda cangrejas y/o zapatillas de agua



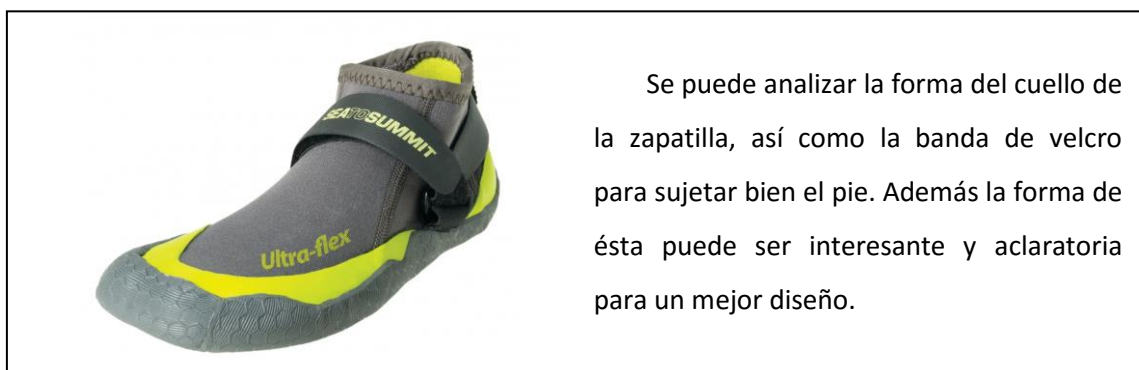
Es interesante obtener la visión de este de productos que van a servir como guía. El grosor de la suela, la forma de la zapatilla, etc.

**Imagen 26: Zapatilla de agua Nike**



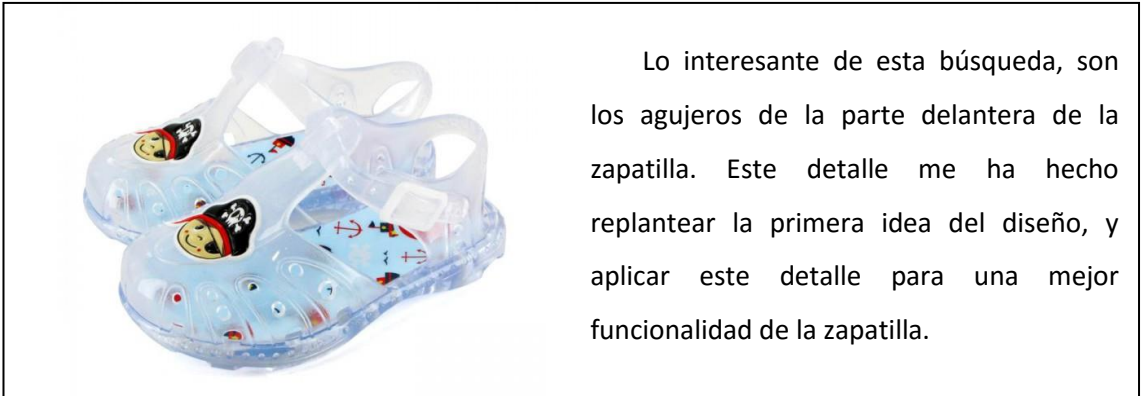
Se puede observar la forma de la plantilla, otro tipo de suela, así como una forma diferente de zapatilla. Estas cangrejas van a ser útiles para el diseño de las zapatillas.

**Imagen 27: Cangrejas rosas**

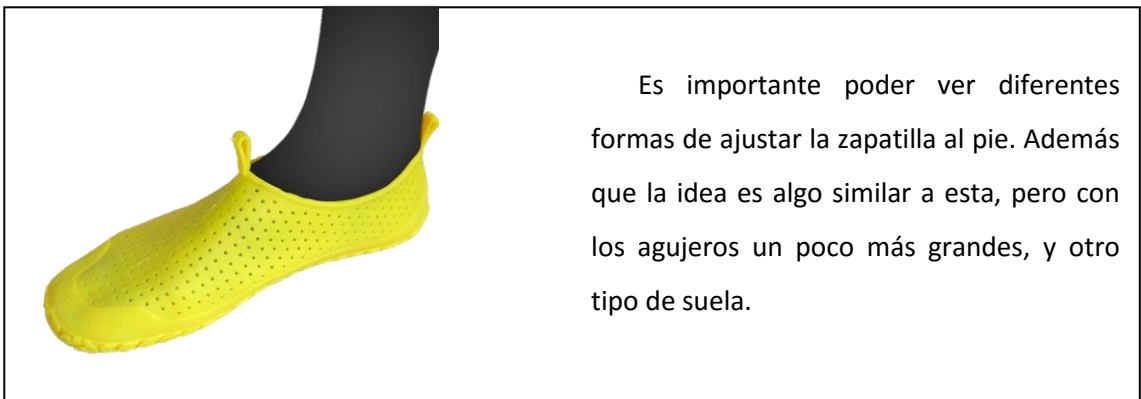


Se puede analizar la forma del cuello de la zapatilla, así como la banda de velcro para sujetar bien el pie. Además la forma de ésta puede ser interesante y aclaratoria para un mejor diseño.

**Imagen 28: Zapatillas de agua ultra-flex**



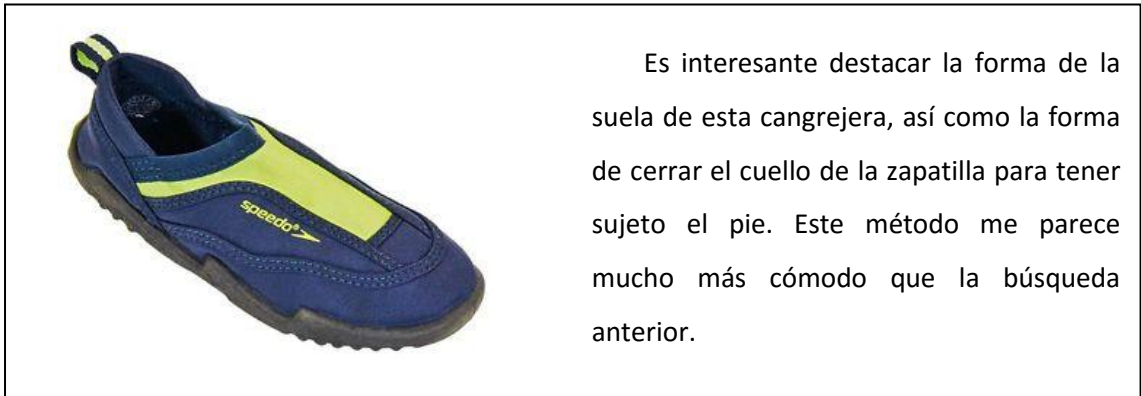
**Imagen 29: Cangrejas transparentes**



**Imagen 30: Cangrejas amarillas**



**Imagen 31: Cangrejas rosas y negras**



Es interesante destacar la forma de la suela de esta cangrejera, así como la forma de cerrar el cuello de la zapatilla para tener sujeto el pie. Este método me parece mucho más cómodo que la búsqueda anterior.

**Imagen 32: Cangrejas azul y amarilla**



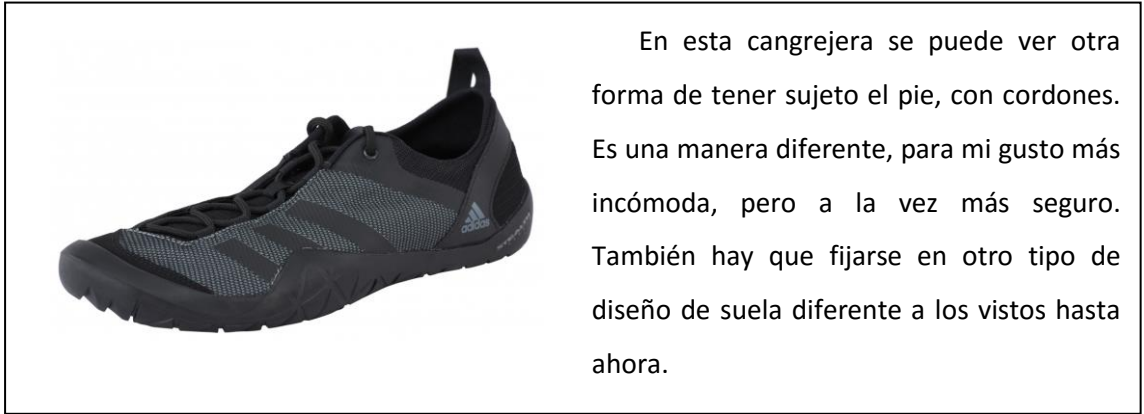
De esta cangrejera, me gusta mucho el grosor de la suela. Ya que la idea del diseño es poder andar tanto por río como por playa, y cuando más ancho sea más cómodo será andar con ellas. Además de los agujeros que tiene en la forma de la cangrejera, aunque me parecen un poco pequeños.

**Imagen 33: Cangrejas moradas**



Es interesante que la cangrejera se divide en dos partes y no es un diseño continuo. Además del diseño de la suela que es interesante aunque poco ancha.

**Imagen 34: Cangrejas azul y blancas**



En esta cangrejera se puede ver otra forma de tener sujeto el pie, con cordones. Es una manera diferente, para mi gusto más incómoda, pero a la vez más seguro. También hay que fijarse en otro tipo de diseño de suela diferente a los vistos hasta ahora.

**Imagen 35: Cangrejas negras**



### 2.3 Factores a considerar: necesidades, limitaciones y condicionantes

Para el diseño de esta zapatilla, se han tenido en cuenta las siguientes necesidades, limitaciones y condicionantes:

Las necesidades es aquello que precisa para alcanzar o cumplir un objetivo determinado. Por ello, se han tenido en cuenta las siguientes:

- Es un calzado para agua fabricado en impresión 3D, ya que hay que tener en cuenta los espesores, la forma, etc.
- El producto final tiene que ser de alta calidad.
- Un objeto duradero.
- Debe ser resistente a golpes y al peso de la persona.
- Ha de ser impermeable y elastómero, debido a su fin.

En cuanto a las limitaciones, es toda circunstancia o condición de algo que limita, impide o dificulta el desarrollo. En este proyecto, las limitaciones han sido:

- El precio.
- El producto tiene que ser fácil de utilizar, ya que en el mercado no existe nada similar y si es muy complejo puede ser un producto poco llamativo para los clientes.
- Opciones del programa utilizado para el diseño.

Y por último, los condicionantes que son un conjunto de características propias y definitorias del producto. Así pues, se han tenido en cuenta tres condicionantes:

- El producto está destinado a una marca en concreto.
- Tienen que tener formas ergonómicas para el pie del usuario.
- Un producto familiar, que lo pueda usar cualquier tipo de público.

## 2.4 Procesos de fabricación

A continuación se detallan los procesos de fabricación utilizados, así como diferentes aspectos que se tienen que tener en cuenta como la guía de diseño de la impresora que se va a utilizar, en este caso la empresa donde se va a hacer el producto en material flexible, y el estudio del pie, para que pueda ser personalizable el producto.

### *2.4.1 Ventajas sobre la fabricación en Impresión 3D*

Para saber qué proceso utilizar, cual es más conveniente para el desarrollo del prototipo de este trabajo final de carrera, se va a realizar la comparación entre dos procesos que bien podrían abarcar este tipo de proyecto: impresión 3D e inyección.

Sabiendo la forma y para qué esta predestinada esta zapatilla, la forma más sencilla para realizarla es mediante impresión 3D, ya que, debido a la complejidad de la forma, la impresión 3D tiene una libertad geométrica que otros procesos no tienen. Ya que, al funcionar capa por capa, la geometría puede ser muy complicada que se va a poder realizar (tarde más o menos tiempo).

Sin embargo, por ejemplo en la inyección, hay que tener en cuenta un factor muy importante como es el ángulo de desmoldeo. Bien es cierto, que si se realiza con este proceso, una vez fabricado el molde, las piezas se fabricarían mucho más rápido, pero debido a este inconveniente y con la complejidad de la forma de la zapatilla, este proceso no puede utilizarse.

### 2.4.2 Impresión 3D

Para realizar este proyecto en impresión 3D, hay cuatro maneras compatibles para su realización que se detallan a continuación, de la más a la menos factible:

#### 2.4.2.1 Sinterizado selectivo láser

El sinterizado selectivo por láser permite imprimir objetos funcionales sin recurrir a un aglutinante intermediario. Es una técnica de adición de prototipado rápido en el cual se deposita una capa de polvo en una cuba que se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. Seguidamente un láser  $\text{CO}_2$  sinteriza el polvo en los puntos seleccionados. Es un proceso flexible que permite gran variedad de materiales para realizar pequeños volúmenes de piezas funcionales.

Antes de la impresión, el diseño del objeto es realizado a partir de un software de CAD, generalmente en formato STL, para que este sea enviado a una impresora en formato numérico. Luego, la impresión se realiza capa por capa, a partir de polvos fusionados.

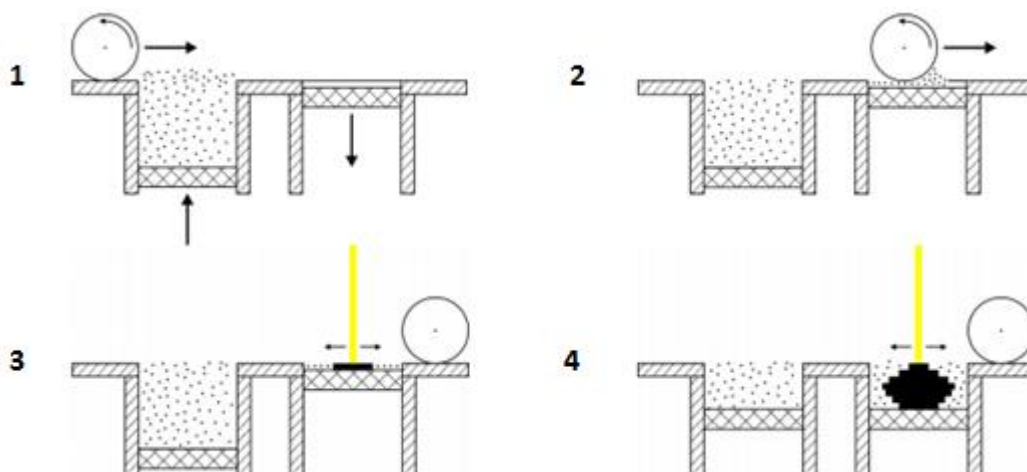


Imagen 36: Sinterizado Selectivo Láser

En la imagen se describe este proceso: en primer lugar se llena un primer recipiente de material en polvo mientras que un segundo recipiente sigue vacío. En cada recipiente tienen un pistón, ubicado en la parte inferior en el caso del recipiente lleno y en la parte superior para el recipiente vacío. El proceso comienza con el depósito de una capa fina de polvo.

A cada ida y vuelta, el primer pistón se eleva mientras que el segundo pistón baja de una ranura equivalente al espesor de la capa. En la segunda etapa, un rodillo pasa sobre el polvo y deposita una fina capa sobre el segundo recipiente. La capa depositada es recorrida por el rayo láser que provoca la fusión y la consolidación del polvo. Las etapas son repetidas hasta obtener la pieza sólida en 3D correspondiente al archivo CAD de origen.

Para este tipo de proceso, se requiere el uso de un láser de alta potencia para fusionar las pequeñas partículas de polvo en una forma tridimensional deseada. Estas piezas tendrán una densidad que depende de la potencia del láser más que de la duración para la fabricación de la pieza.

Al contrario que en otros procesos de fabricación por adición, como la estereolitografía, en este proceso no se necesita soportes ya que la parte sinterizada está todo el tiempo rodeada de polvo sin sinterizar que actúa de soporte.

La tecnología SLS (sinterizado selectivo láser), se está expandiendo debido a la facilidad que tiene para la fabricación de piezas de geometría muy compleja directamente de los modelos digitales CAD.

Estos tipos de piezas realizados por SLS, soportan temperaturas más elevadas que en el caso de la estereolitografía.

Este proceso es el que he considerado mejor, debido a su rapidez, su gran funcionalidad frente a otros procesos y las diversas ventajas que tiene esta técnica frente a otras, como por ejemplo que no hace falta un post tratamiento una vez que la pieza está terminada. Además que permite poder hacer cualquier tipo de pieza, por

muy compleja que sea, sin la necesidad de soportes internos (que en mi caso, hay algunos que son difíciles de poder eliminar de forma manual).

#### 2.4.2.2 Modelado por deposición fundida

El modelado por deposición fundida es uno de los procesos de fabricación más utilizados debido a su rapidez. Es un proceso utilizado para el modelado de prototipos y también para la producción a pequeña escala.

Para hacer el modelo, en primer lugar se empieza con un proceso de software, en el que se necesita un fichero en formato STL. Con la utilización del software es capaz de reconocer la altura y dimensiones de la pieza que se va a imprimir (siendo previamente ajustada a un punto de coordenadas, generalmente una esquina de la placa de impresión), así como si es necesario se pueden generar estructuras de soporte que, si la máquina es capaz, imprimirá en otro material que tras finalizar la creación de la pieza, será retirado.

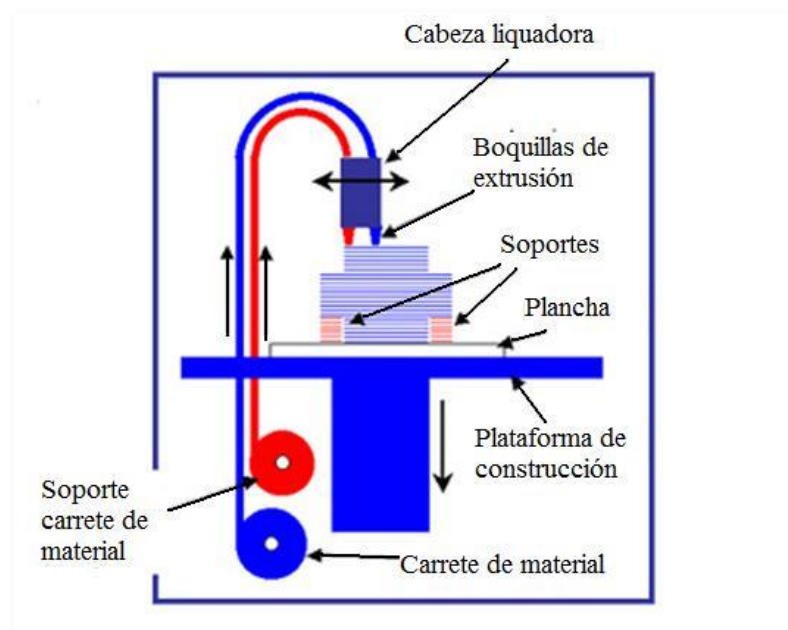
A continuación, se calienta la impresora 3D, de manera que la boquilla va alcanzando temperatura, incluso por encima de la de fusión del material. Así pues, se van depositando gotas ultra finas a lo largo de una trayectoria horizontal. Cuando esta capa ha terminado, se crea una siguiente con su nueva trayectoria. Se crean las capas de abajo hacia arriba, y si es necesario, se crean soportes para los voladizos.

Por último, se retiran los soportes de la pieza (si los tiene), y según sea este material puede ser mediante disolución con agua, quitándolo con un poco de fuerza, etc. Es posible, que si la pieza tiene muchas horas de impresión, o se ha realizado en varias partes, sea necesario lijar un poco la pieza, todo dependerá de la calidad de la impresora.

A pesar de que el modelado por deposición fundida es una tecnología muy flexible, y es capaz de realizar piezas muy diversas y complejas, existen algunas restricciones sobre las características de lo que se puede fabricar con esta técnica, especialmente en lo referente a la pendiente de los voladizos.

Esta ha sido la técnica utilizada, ya que la ofrece la universidad, para la realización de la impresión de la zapatilla con un material rígido pero con las dimensiones reales. Se ha utilizado este método, y se han realizado bastantes soportes que algunos no se han podido quitar por la inaccesibilidad. Además se ha realizado en cinco partes, para poder ir comprobando antes de reanudar la impresión de que llevaba una forma correcta de impresión y no había ningún error. Este proceso se realizó para no malgastar material, y para evitar que por algún problema no hubiese electricidad en la universidad (ya que se realizó en verano). De esta forma, la impresora solo trabajaba cuando los técnicos estaban en la universidad.

Se puede observar un esquema básico de las partes en las que se divide la impresora 3D de este tipo así como una breve introducción de la utilización de este proceso:



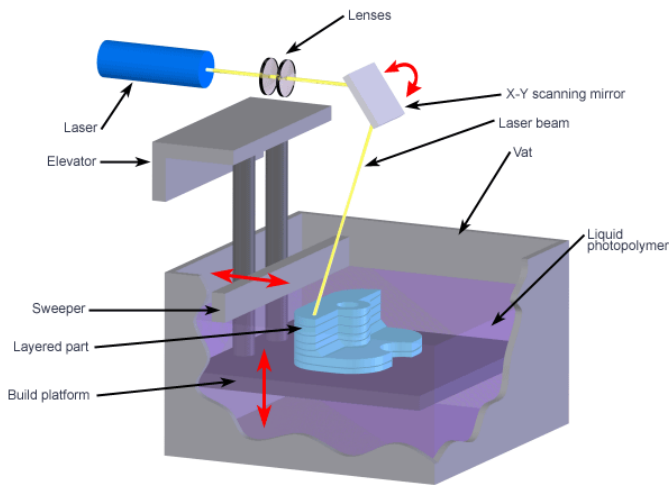
**Imagen 37: Modelado por Deposición Fundida**

### 2.4.2.3 Estereolitografía

La impresión por estereolitografía, es una de las técnicas de prototipado y fabricación rápida más antiguas que se conocen. La estereolitografía es un proceso de fabricación mediante el principio de fotopolimerización empleando resinas.

Para ello es necesario obtener un archivo numérico 3D mediante un software de CAD, generalmente en formato STL, que es transmitido a la impresora, donde otro software hace un corte del modelo en varias capas con un espesor fijo y además si la pieza lo requiere, coloca soportes internos, para soportar la pieza a la plataforma de elevación de la pieza por la gravedad.

En la siguiente imagen, se pueden apreciar los componentes de una máquina de estereolitografía.



**Imagen 38: Estereolitografía**

En este proceso, la pieza es impresa sobre una plataforma horizontal, sumergida en un líquido plástico monómero. Inicialmente, la fotopolimerización del monómero es provocada por un rayo de luz ultravioleta controlado con la ayuda de espejos de alta precisión ubicados sobre los

galvanómetros. El rayo láser recorre la superficie de resina líquida en función del modelo 3D numérico transmitido a la impresora. Una vez que una capa de material es solidificada, la plataforma desciende según el espesor de la capa siguiente y una nueva sección es tratada. Así, hay tantos ciclos como capas necesarias para obtener el volumen completo de la pieza.



Es necesario un post-tratamiento al horno para terminar la polimerización y aumentar al máximo la resistencia del material. Una vez que la pieza tridimensional ha terminado, ésta se sumerge en un baño químico que retira el exceso de resina y, posteriormente, curada en un horno de luz ultravioleta.

Este proceso tiene varias ventajas. Una de ellas es su rapidez, aunque la duración del proceso depende tanto del tamaño como de su complejidad.

Además, el acabado superficial de las piezas es muy bueno. Sin embargo, si no se limpian bien tras la impresión, las piezas pueden contener restos de resina y dar una sensación pringosa.

Las piezas fabricadas mediante estereolitografía son suficientemente duras como para ser mecanizadas, y pueden también ser usadas en la creación de moldes maestros para moldeo por inyección, termoconformado, moldeo por soplado y varios procesos de forja.

Los objetos obtenidos mediante esta tecnología son sensibles tanto a la humedad ambiental como a la temperatura, aunque hay procesos posteriores que pueden reducir esta debilidad. Éste es un inconveniente a tener en cuenta. Y también tener en cuenta el precio, aunque la estereolitografía puede producir una amplia variedad de formas y tamaños, es un proceso caro.

#### 2.4.2.4 ColorJet

Esta técnica permite poder imprimir piezas en 3D con cualquier tipo de color. Para ello, se utiliza un polvo cerámico arenoso y se va adhiriendo a la pieza mientras esta se está imprimiendo. Además, la utilización de esta técnica conlleva un ahorro económico así como rapidez para generar un prototipo de manera definitiva.

Como esta técnica es más de forma visual, y no de uso de la impresora, se coloca como última técnica aunque hay que considerar la importancia de esta técnica para poder hacer un prototipo más real.

La ventaja que tiene esta técnica, es poder imprimir en diferentes colores (generalmente en dos) diferentes partes de un producto, o en diferentes materiales. Por ejemplo para la realización del prototipo en rígido, el material que se ha utilizado para la realización de las paredes internas, es diferente al material que se ha utilizado para el diseño de la zapatilla. Además, con el avance de los materiales y la tecnología, se pueden realizar los soportes con materiales solubles si en algunos casos los soportes son difíciles de quitar y la impresora lo permite.


### *2.4.3 Guía de diseño*


Como se ha estipulado, la impresión 3D de esta zapatilla con material flexible va a realizarse en la empresa “Shapeways”, debido a la confianza con esta empresa y ya que se han impreso otra serie de productos y no han generado ningún problema, es por eso, que la guía de diseño que se va a utilizar para tener en cuenta diferentes factores (espesores, anchos, huecos, etc.) es la de esta empresa, que se detallan a continuación:


Directrices de diseño para un crecimiento fuerte y flexible de plástico.

	650 x 350 x 550 mm	230 x 180 x 320 mm	200 x 150 x 150 mm
Máx. cuadro delimitador.	<p>Para que seamos capaces de hacer un producto, cada una de sus piezas deben encajar dentro de estas dimensiones.</p> <p><b>Para pulir blanca fuerte y flexible</b>, el cuadro delimitador máximo está determinado por el tamaño de la impresora se utiliza para crear su producto. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que el cuadro delimitador encaja dentro de nuestro límite máximo. Si no lo hace, puede intentar su reducción, la eliminación de las características innecesarias para reducir el cuadro de límite, o considerar otro material con un cuadro de límite máximo más grande.</p> <p><b>Para los productos de pulido y teñido</b>, el cuadro de límite máximo está limitado por el tamaño de nuestras máquinas pulidoras. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que el cuadro delimitador encaja dentro de nuestro límite máximo. Si no lo hace, puede intentar su reducción, la eliminación de las características innecesarias para reducir el cuadro de límite, o considerar otro material con un cuadro de límite máximo más grande.</p> <p><b>Para los modelos de más de 32 cm:</b> Nuestras impresoras 3D fuertes y flexibles operan con dos láseres al mismo tiempo. Si un producto en la impresora se encuentra en el plano de solapamiento donde los dos láseres se encuentran, diferencias de calibración entre los láseres minúsculos pueden crear una línea visible en la superficie del producto. Nuestro objetivo es organizar los productos en la impresora fuera del plano de solapamiento. Sin embargo, los productos de más de 32 cm de largo en cualquier dirección pueden ser demasiado grandes para caber en el área de un láser, por lo que puede ver una línea visible a lo largo del plano de solapamiento en su producto.</p>		

	$X + Y + Z \geq 7,5 \text{ mm}$	$X + Y + Z \geq 25,0 \text{ mm}$
<p>Mín. cuadro delimitador.</p>	<p>Para que seamos capaces de hacer un producto, cada una de sus piezas deben ser más grandes que estas dimensiones.</p> <p>El cuadro delimitador mínimo está determinado por la capacidad de la impresora para imprimir con éxito modelos muy pequeños.</p> <p>Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que el cuadro delimitador de su modelo es más grande que nuestro mínimo. Si no es así, puede intentar escalar hacia arriba, engrosamiento, la combinación, o la ampliación de las partes y funciones, o tratando un material con un cuadro de límite mínimo más pequeño.</p>	

<p>Min apoyado espesor de pared.</p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>0,7 mm de espesor</p> <p>Una pared de apoyo es una conectada a otras paredes en dos o más lados.</p> </div> </div> <p><b>Para pulir blanca fuerte y flexible</b>, la pared de mínimo soportado es determinado por nuestra capacidad de limpiar con éxito su producto una vez que se ha quitado de la impresora. Las paredes que son demasiado delgadas a menudo se rompen cuando el producto se retira del lecho de polvo, o cuando el exceso de polvo se elimina desde el producto. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes apoyadas son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, o considerar un material con un requisito mínimo de la pared apoyado más pequeño.</p> <p><b>Para los productos de pulido y teñido</b>, la pared de mínimo soportado es determinado por nuestra capacidad para pulir con éxito su producto una vez que ha sido impreso. Paredes que son demasiado delgadas se rompen por las pastillas en nuestras máquinas pulidoras. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, hacen que las paredes seguro soportados son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, o considerar un material con un requisito mínimo de la pared apoyado más pequeño.</p> <p><b>CONSEJOS DE DISEÑO</b></p> <p><b>Evitar que las paredes se deforme en los modelos más grandes</b></p> <p>Los modelos grandes con paredes delgadas pueden deformarse en función de la geometría de la pieza. El material se sinteriza a una temperatura elevada, y luego se enfría a la temperatura ambiente por lo que es retráctil. Esta contracción puede crear estrés en el interior del material que puede causar deformación. Algunas geometrías (por ejemplo, partes planas grandes, cajas abiertas) son más sensibles a la deformación que otros. La fabricación de su diseño más rígido (el aumento de la rigidez torsional) se reducirá el riesgo de alabeo. Paredes más largas tienen que ser más gruesa que las cortas.</p>
--	---

<p>Espesor de la pared no soportado mín.</p>	<p>0,7 mm de espesor</p>  <p>Una pared sin soporte es una conectada a otras paredes con menos de dos lados.</p> <p><b>Para pulir blanca fuerte y flexible</b>, el mínimo de la pared sin soporte está determinado por nuestra capacidad de limpiar con éxito su producto una vez que se ha quitado de la impresora. Las paredes que son demasiado delgadas a menudo se rompen cuando el producto se retira del lecho de polvo, o cuando el exceso de polvo se elimina desde el producto. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes no soportadas son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, añadiendo soportes, o considerando un material con un requisito mínimo de la pared sin soporte más delgado.</p> <p><b>Para los productos de pulido y teñido</b>, el mínimo de la pared sin soporte está determinado por nuestra capacidad para pulir con éxito su producto una vez que ha sido impreso. Paredes que son demasiado delgadas se rompen por las pastillas en nuestras máquinas pulidoras. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes no compatibles en el producto son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, añadiendo soportes, o considerando un material con un requisito mínimo de la pared sin soporte más delgado.</p> <p><b>CONSEJOS DE DISEÑO</b></p> <p><b>Evitar que las paredes se deforme en los modelos más grandes</b></p> <p>Los modelos grandes con paredes delgadas pueden deformarse en función de la geometría de la pieza. El material se sinteriza a una temperatura elevada, y luego se enfría a la temperatura ambiente por lo que es retráctil. Esta contracción puede crear estrés en el interior del material que puede causar deformación. Algunas geometrías (por ejemplo, partes planas grandes, cajas abiertas) son más sensibles a la deformación que otros. La fabricación de su diseño más rígido (el aumento de la rigidez torsional) se reducirá el riesgo de alabeo. Paredes más largas tienen que ser más gruesa que las cortas.</p>
--	---

<p>Mín. apoyado alambres</p>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <p>0,8 mm de espesor</p> </div> <p>Un hilo es una característica cuya longitud es superior a cinco veces su anchura. Un alambre de apoyo está conectada a las paredes de ambos lados.</p> <p><b>Para pulir blanca fuerte y flexible</b>, el cable mínima admitida es determinado por nuestra capacidad de limpiar con éxito su producto una vez que se ha quitado de la impresora. Los cables que son demasiado delgadas a menudo se rompen cuando el producto se retira del lecho de polvo, o cuando el exceso de polvo se elimina desde el producto. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, hacen de cables seguro soportados son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, o considerar un material con un requisito mínimo de cable soportado más delgada.</p> <p><b>Para los productos de pulido y teñido</b>, el alambre mínimo soportado es determinado por nuestra capacidad para pulir con éxito su producto una vez que ha sido impreso. Cables que son demasiado delgadas se rompen por las pastillas en nuestras máquinas pulidoras. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, hacen de cables seguro soportados son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, o considerar un material con un requisito mínimo de cable soportado más delgada.</p> <p><b>Una nota acerca de los bebederos:</b> bebederos partes son propensos a romperse en nuestro proceso que causa retrasos en la producción y potencialmente causa de que su producto se salga de su primero en probar.</p> <p>Colocación de bebederos sus partes presenta algunos desafíos únicos en calidad de cheques para nuestros equipos de fabricación. Para geometrías particularmente complejas, se hace difícil asegurar que su estructura de bebederos es completamente intacto con todas sus partes antes de</p>
------------------------------	--



enviarlo. Si tiene que usar bebederos, usarlos con moderación, utilice **cables de 2 mm de espesor**, conexiones sólidas, y adjuntar cada parte en al menos dos lugares.

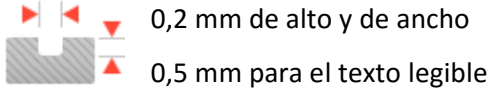
### **CONSEJOS DE DISEÑO**





#### **Modelos más gruesos, son más difíciles de doblar**


La flexibilidad depende de la estructura y el diseño del modelo. Cuanto más gruesa que hacer algo, menos flexibles que será. Un muelle hecho con alambre de 1 mm comprimirá y alargar bastante facilidad. Un muelle hecho con 3 mm de espesor tomará un poco más de esfuerzo, y no comprimirá en caso de caída desde unos pocos pies.

<p>Cables no compatibles mín.</p>	<div data-bbox="453 248 549 344" data-label="Image"> </div> <p>1,0 mm de espesor</p> <p>Un hilo es una característica cuya longitud es superior a cinco veces su anchura. Un cable incompatible conectado a las paredes con menos de dos lados.</p> <p><b>Para pulir blanca fuerte y flexible</b>, el cable mínima admitida está determinado por nuestra capacidad de limpiar con éxito su producto una vez que se ha quitado de la impresora. Los cables que son demasiado delgadas a menudo se rompen cuando el producto se retira del lecho de polvo, o cuando el exceso de polvo se elimina desde el producto. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, hacen que los cables no compatibles seguro que son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, añadiendo soportes, o considerando un material con un requisito mínimo de alambre sin soporte más delgado.</p> <p><b>Para los productos de pulido y teñido</b>, el alambre mínima admitida está determinado por nuestra capacidad de pulir con éxito su producto una vez que ha sido impreso. Cables que son demasiado delgadas se rompen por las pastillas en nuestras máquinas pulidoras. Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes no soportadas son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, añadiendo soportes, o considerando un material con un requisito mínimo de alambre sin soporte más delgado.</p> <p><b>CONSEJOS DE DISEÑO</b></p> <p><b>Modelos más gruesas son más difíciles de doblar</b></p> <p>La flexibilidad depende de la estructura y el diseño del modelo. Cuanto más gruesa que hacer algo, menos flexibles que será. Un muelle hecho con alambre de 1 mm comprimirá y alargar bastante facilidad. Un muelle hecho con 3 mm de espesor tomará un poco más de esfuerzo, y no comprimirá en caso de caída desde unos pocos pies.</p>
-----------------------------------	---

<p>Mín. en relieve detalle</p>	<div data-bbox="459 241 582 331" data-label="Image"> </div> <p>0,2 mm de alto y de ancho de 0,5 mm para el texto legible</p> <p>Un detalle es una característica cuya longitud es menor que el doble de su anchura. Detalles en relieve sobresalen de una superficie.</p> <p>El detalle mínimo se determina por la resolución de la impresora. Cuando hay dimensiones de detalle están por debajo del mínimo, la impresora puede no ser capaz de reproducir con precisión. Detalles que son demasiado pequeñas también pueden ser suavizados más en el proceso de pulido. Para asegurar los detalles a la claridad, hacerlas más grandes que el mínimo indicado. Es posible que se abstengan de impresión de los productos con los detalles más pequeños que el mínimo, ya que el producto final no será fiel a su diseño. Si el producto tiene los detalles más pequeños que el mínimo, tratar haciéndolas más grandes, la eliminación de ellos, o considerando un material con un detalle más fino.</p> <p><b>CONSEJOS DE DISEÑO</b></p> <p><b>Pulido se desgastan y aburridos detalles nítidos</b></p> <p>Las pastillas cilíndricas de 5 mm que utilizamos como medios de pulido pueden eliminar hasta el material de 0,1 mm de la superficie de su modelo. Con pequeños detalles, esto puede frotar lejos esquinas afiladas y que se vean menos quebradizos.</p> <p><b>Engrosar el texto grabado / grabado en relieve para que sea más fácil de leer.</b></p> <p>Aunque 0.2mm detalles se mostrarán en este material, nos encontramos con que el texto planteado al menos 0,5 mm se muestra con mayor claridad. Si desea un texto más definido o detalles en relieve, intente golpear el espesor de hasta 0,5 mm.</p>
--------------------------------	---

<p>Min grabado detalle</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>Un detalle es una característica cuya longitud es menor que el doble de su anchura. Bajo Relieve detalles grabados o entran en una superficie.</p> <p>El detalle mínimo se determina por la resolución de la impresora. Cuando hay dimensiones de detalle están por debajo del mínimo, la impresora puede no ser capaz de reproducir con precisión. Para asegurar los detalles a la claridad, hacerlas más grandes que el mínimo indicado. Es posible que se abstengan de impresión de los productos con los detalles más pequeños que el mínimo, ya que el producto final no será fiel a su diseño. Si el producto tiene los detalles más pequeños que el mínimo, tratar haciéndolas más grandes, la eliminación de ellos, o considerando un material con un detalle más fino.</p> <p><b>CONSEJOS DE DISEÑO</b></p> <p><b>Engrosar el texto grabado / grabado en relieve para que sea más fácil de leer</b></p> <p>Aunque 0.2mm detalles se mostrarán en este material, nos encontramos con que el texto planteado al menos 0,5 mm se muestra con mayor claridad. Si desea un texto más definido o detalles en relieve, intente golpear el espesor de hasta 0,5 mm.</p>
--------------------------------	--

<p>Orificios de escape mín.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>4,0 mm de diámetro para una fuga agujero</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>2,0 mm de diámetro cuando hay dos o más orificios de escape que requieren los productos más grandes de 50 x 50 x 50 mm.</p> </div> </div> <p style="margin-top: 20px;">Orificios de escape permitir que el material sin construir dentro de los productos huecos para ser eliminado.</p> <p>Cuando los productos contienen cavidades huecas, a menudo se llenan de polvo incluso después de que se retiran de la bandeja de construcción. Si los orificios de escape no son lo suficientemente grandes, o la geometría del producto hace que sea difícil de eliminar o explosión del polvo hacia fuera, que no se puede limpiar con éxito. Esto es especialmente importante para nuestro proceso de tintura a base de agua como modelos no se pueden teñir con éxito si no se pueden limpiar con éxito dentro y por fuera. Para garantizar un producto de éxito, lavable, asegúrese de incluir lo suficientemente grandes agujeros de escape para cada cavidad hueca en su producto. Se recomiendan los agujeros de escape múltiples para grandes piezas huecas. Un agujero de escape solo al final de una cavidad no permitirá que el material en las esquinas cerca del orificio de escape para escapar totalmente; Por lo tanto, es recomendable usar varios agujeros de escape en ambos extremos de la cavidad. Si los orificios de evacuación son insuficientes, intenta ampliar ellas, la adición de más, o rellenando el espacio hueco.</p> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="display: flex; gap: 20px;">   </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>Un agujero de escape único en el extremo de una cavidad no permitirá que el material en las esquinas cerca del orificio de escape para escapar completamente. Por lo que recomendamos múltiples orificios de escape en ambos extremos de la cavidad.</p> </div> </div> </div>
---------------------------------	--

<p>Despeje</p>	 <p>0,5 mm de espacio libre</p> <p>Liquidación es el espacio entre las dos partes, las paredes o los cables.</p> <p>Plástico fuerte y flexible se imprime con un proceso SLS que utiliza un láser para fundir juntos polvo de nylon. Cuando hay un hueco muy pequeño entre las características o partes, en polvo parcialmente fundido puede quedar atrapado en el medio. Esto puede evitar que las piezas mecánicas se muevan, o llenar los vacíos entre las características previstas.</p> <p>Para garantizar un producto de éxito, hacer que el espacio libre entre las partes, paredes y cables mayores que el mínimo indicado. Si el espacio es demasiado pequeño, trate de hacer la diferencia más grande, o considerar la fusión de las partes o características si su independencia es innecesaria. También puede tratar de un material con una distancia mínima más pequeña.</p>
----------------	--

<p>Enclavamiento y piezas cerrados</p>	<p>Sí.</p> <p>Plástico fuerte y flexible se imprime con un proceso SLS que utiliza un láser para fundir juntos polvo de nylon. Esto permite enclavamiento partes, siempre y cuando la distancia entre ellos es mayor que el mínimo indicado.</p>
--	--

<p>Múltiples partes por archivo de modelo</p>	<p>Sí. Hasta 250.</p>
---	-----------------------

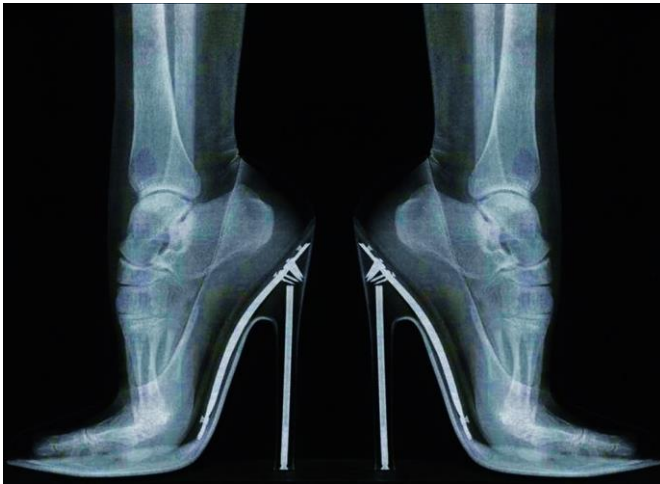
<p>Exactitud</p>	<p><math>\pm 0,15</math> mm, entonces <math>\pm 0,15\%</math> de eje más largo</p>
------------------	--

### 2.4.3.1 Más sobre el diseño para un crecimiento fuerte y flexible de plástico

CONSEJOS DE DISEÑO	<p>Modelos más gruesas son más difíciles de doblar</p> <p>La flexibilidad depende de la estructura y el diseño del modelo. Cuanto más gruesa que hacer algo, menos flexibles que será. Un muelle hecho con alambre de 1 mm comprimirá y alargar bastante facilidad. Un muelle hecho con 3 mm de espesor tomará un poco más de esfuerzo, y no comprimirá en caso de caída desde unos pocos pies.</p> <p>Líneas de impresión o "paso a paso"</p> <p>Dependiendo de la forma de su modelo y la orientación en la bandeja de impresión, es posible que vea líneas de impresión, o "paso a paso" fenómenos de su modelo, que es un artefacto natural de la impresión en 3D utilizando el proceso de SLS. Impresión SLS funciona mediante la capa de impresión por capa, y mientras que nuestras capas son alrededor de 0,12 mm delgada, hay un "paso" entre cada capa, como una escalera.</p> <p>Los orificios de evacuación de diseño para habilitar Pulido exitosa</p> <p>Productos pulidos y teñido se pulen en una máquina industrial con pequeños gránulos. Si el modelo tiene una cavidad interna con un hueco de escape de menos de 12 mm de ancho, gránulos trabajarán allí camino en la cavidad durante este proceso, y son difíciles o imposibles de quitar una vez. Si usted planea comprar su producto con un acabado pulido o teñido, por favor hacer los agujeros de escape al menos 12 mm de diámetro para asegurar la eliminación exitosa de pastillas para pulir, o rellenar el espacio hueco.</p>
--------------------	--

#### 2.4.4 Estudio del pie

A continuación se muestran cuatro imágenes del pie en diferentes estados: en zapato de tacón, con diferentes alturas, en reposo y con carga. Se han conseguido radiografías que facilitan la visión de todo el pie internamente.



**Imagen 39: Pie de tacón**

En esta primera imagen, se puede ver la posición que adopta el pie cuando está en un zapato de tacón. Se puede observar la parte delantera del pie, que aunque no es el caso de este proyecto, puede hacerse una comparación entre el pie en reposo y en tacón y ver cómo va cambiando la forma del pie para

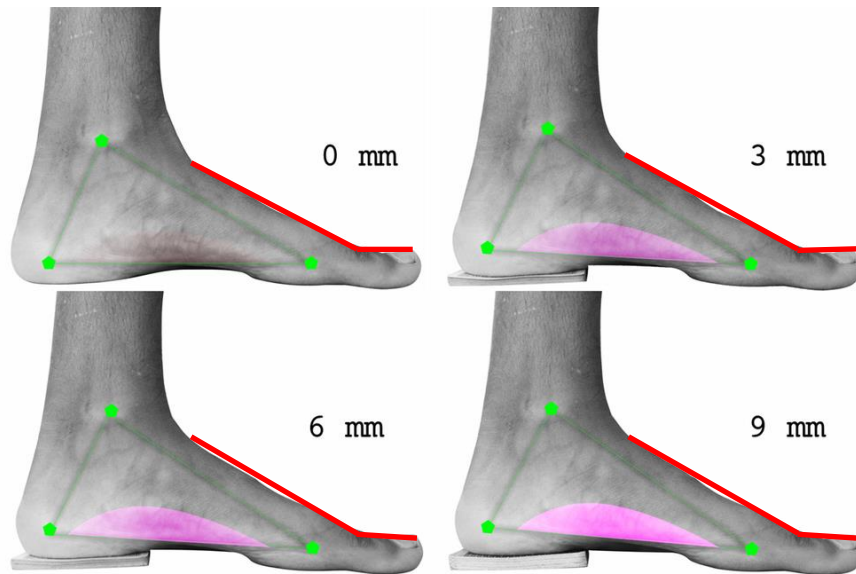
tener en cuenta este dato en el proyecto. Cuando el pie está en reposo, como se va a poder observar en la siguiente imagen, el pie está plano y según la altura del talón, la parte delantera del pie se dobla de tal manera que puede llegar a formar incluso 90 grados con la parte media y trasera del pie.

La siguiente imagen sirve de bastante ayuda para explicar el concepto del que hablaba al final de la imagen anterior. En esta imagen, está dividida en cuatro fotografías: la primera en la que el pie se encuentra en total reposo, la segundo con el talón levantado 3 mm, la tercera con el talón levantado 6 mm y la cuarta con el talón levantado 9 mm.

En la primera imagen se puede observar el ángulo que se forma el empeine con los dedos de los pies, además de que al estar en reposo el pie no ejerce ninguna fuerza



en la parte inferior del pie. En la segunda imagen, con una altura de 3 mm del talón, ya



**Imagen 40: Pie con diferentes alturas**

se observa que la inclinación del empeine con los dedos es menor y las fuerzas que se generan en el inferior del pie empiezan a notarse, el pie ya no está en una posición de descanso total. La evolución total se nota con la última imagen, con 9 mm de altura del talón, cuando las fuerzas que se generan ya son notables y la inclinación es todavía menor.



**Imagen 41: Pie en reposo**

En esta radiografía se puede ver el pie en reposo, y como se encuentran los huesos en esta posición, así como más claramente el ángulo que tiene el pie en reposo.



**Imagen 42: Pie con carga aplicada**

En esta imagen de radiografía, se puede observar el pie con una cierta carga aplicada de forma radial al empeine del pie. En diferencia al pie en reposo, se puede observar que la

disposición de los huesos del pie bajan, y el tendón se activa ejerciendo una fuerza para poder soportar la carga.

Estas imágenes o radiografías, sirven para poder entender de manera más clara el comportamiento del pie, y cómo se comporta en diferentes estados: a diferentes alturas y con cargas aplicadas.

### *2.4.5 Personalización del producto*

Una de las ventajas que tienen poder realizar el diseño de esta manera es que el producto se puede personalizar según los gustos del cliente.

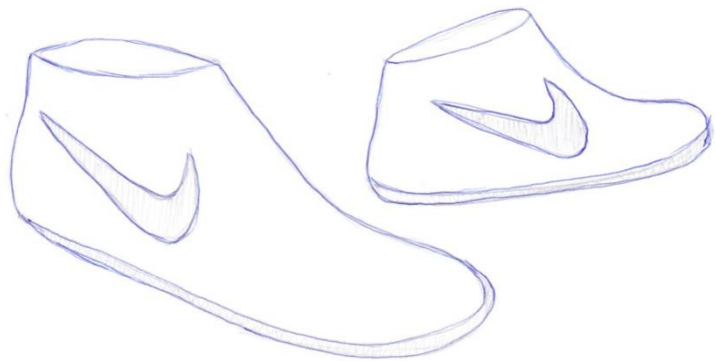
Es importante, ya que se puede hacer un diseño específico según el pie del usuario, teniendo los programas necesarios. Una vez se pudiese generar la horma del pie del que se quiere generar la zapatilla, el propio usuario podría diseñar la zapatilla (la forma de la suela, el cuello de la zapatilla, etc.). De esta manera, el usuario haría su propia zapatilla adaptada a su pie.

Aunque el poder diseñar una zapatilla a un usuario específico, conllevaría un precio diferente y obviamente más elevado. Por lo tanto, al generar las zapatillas con impresión 3D se podría hacer de dos tipos: con zapatillas de una plantilla general para cada tallaje (para aquellas personas que no quieran gastarse tanto dinero y les guste este diseño) y una zapatilla personalizada según el pie y los gustos del usuario.

## 2.5 Conceptualización

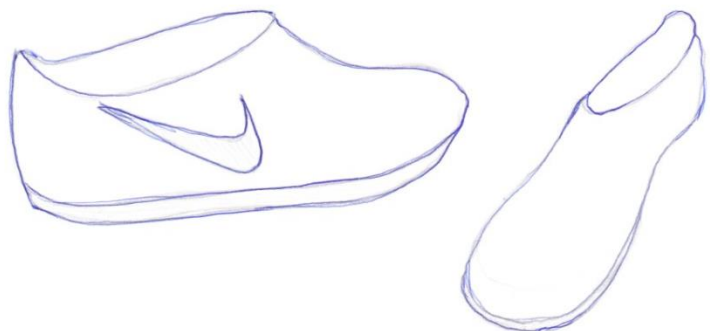
A continuación se presentan unos bocetos generales de la zapatilla, sólo en cuanto a forma, ya que para hacer el diseño definitivo depende de la limitación del programa “Meshmixer”. De esta manera, en este apartado se va a valorar la forma de la zapatilla y suela, así como la posición del logo. Posteriormente, en los próximos apartados, se valorará los diseños.

A continuación se presenta el boceto 1. Se puede observar que es una zapatilla alta de tobillo, más parecida a las zapatillas de baloncesto, y la suela es constante por toda la zapatilla. La ubicación del símbolo de Nike es desde mitad de pie hacia atrás, la ubicación habitual en las zapatillas de esta marca, y las proporciones en cuanto a la forma de la zapatilla es correcta.



**Imagen 43: Boceto a lápiz 1**

En el segundo boceto, se observa una suela un poco más gruesa que en la anterior, más apropiada para el terreno al que está destinada la zapatilla: la playa, ríos, etc. La posición del símbolo de Nike sigue siendo adecuada al espacio de la zapatilla y el lugar en el que está colocado. En cuanto a la forma del cuello de la zapatilla, es más similar a las zapatillas de esta marca, sin embargo sigue siendo un poco alto para el tipo de calzado.



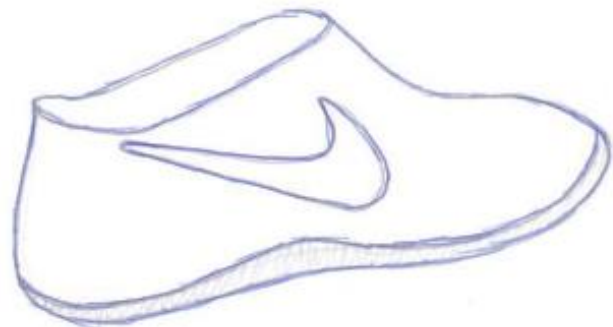
**Imagen 44: Boceto a lápiz 2**

En el tercer boceto, se ha cambiado la forma de la suela respecto a los bocetos anteriores, intentando hacer una suela más deportiva y no tan clásica como anteriormente, pero la proporción de la anchura del medio de la zapatilla con respecto a ésta, se asemeja más a una zapatilla de baloncesto. Se puede observar en el detalle, que la suela de la zapatilla no se modifica, la suela simplemente es superficial y visual. En cuanto al cuello de la zapatilla, es el mismo que en la imagen 44, y el logo de Nike está bien ubicado, y además, proporcionalmente a la zapatilla, está bien relacionado.



**Imagen 45: Boceto a lápiz 3**

En el cuarto boceto, se ha mantenido la idea del boceto anterior de la suela de la zapatilla, pero menos exagerada, para seguir con la idea más deportiva. Además el cuello de la zapatilla es diferente a las demás, está todavía más bajo y haciendo una forma de "V" suavizada hacia arriba, siguiendo los modelos de esta marca para este tipo de terreno en el que se van a utilizar. El logo sigue estando en la parte media de la zapatilla hacia atrás, manteniendo una buena proporción.



**Imagen 46: Boceto a lápiz 4**

## 2.6 Diseño de la zapatilla en ordenador

### *2.6.1 Programas de explotación o utilización*

Para poder realizar este proyecto, se han utilizado diferentes programas, con licencias de la universidad o versiones gratuitas, que han limitado la utilización de éste en algunos aspectos.

Para realizar el diseño de la zapatilla, tanto la forma que va a tener el prototipo como el diseño de la forma, se han utilizado diferentes programas como por ejemplo: Rhinoceros 5 y Meshmixer. Para otras cosas del proyecto, como pueden ser los planos o renderizado, se han utilizado los programas: SolidEdge y KeyShot 5. Aunque también se han utilizado otros programas que finalmente no han servido para el diseño final, debido como se ha comentado antes a la utilización de versiones gratuitas y la incompatibilidad de operaciones necesarias con este tipo de versiones, como por ejemplo: ShoeMaker y 123D Catch.

Para hacer la explicación de los programas utilizados, se va a hacer según el orden de utilización, independientemente de si ha sido útil o no el programa para el desarrollo final del proyecto.

### 2.6.1.1 123D Catch

En un primer momento, se intentó realizar el proyecto con la horma de mi pie, y para ello se utilizó la ayuda de este programa. Éste consiste a través de fotografías desde diferentes ángulos y diferentes alturas, crea una malla de la horma del pie. El problema es que generaba más o menos la horma del pie pero con algunos defectos y al ser la versión gratuita no dejaba modificar la malla.

Entonces, pese a repetir varias veces las fotos con diferentes fondos, y no poder obtener la malla perfectamente cerrada y ajustada, se tuvo que cambiar la idea principal puesto que la horma no quedaba completa. Por lo tanto, cambiamos a la idea de conseguir una horma y trabajar a partir de ella.

### 2.6.1.2 ShoeMaker

Este programa es una versión de AutoCAD, únicamente para la realización de diferentes tipos de zapatillas. La utilización de este programa en mi proyecto, era poder obtener una horma (ya que había de diferentes tipos según el calzado fuese deportivo, para zapato, etc.). De hecho se podía incluso crear el propio diseño de la zapatilla con diferentes opciones de añadido, pero al ser una versión gratuita no dejaba guardar el archivo ni extraerlo, ni tampoco la horma sin haber generado nada. Por ello tuvimos que recurrir a otras opciones, como buscar la horma por internet.

### 2.6.1.3 Rhinoceros 5

Mediante búsqueda por internet se obtuvo una horma en archivo STL que Rhinoceros puede abrir. La horma que se encontró por internet era para un zapato (en la imagen 47 se puede comprobar la horma) por ello, puesto que el archivo en formato STL no se puede modificar, lo que se hizo fue hacer un calco de la horma que nos descargamos, mediante curvas y barrido por dos carriles y posteriormente añadiendo puntos íbamos modificando sobre todo la parte delantera de la horma para hacer un calzado un poco más deportivo.

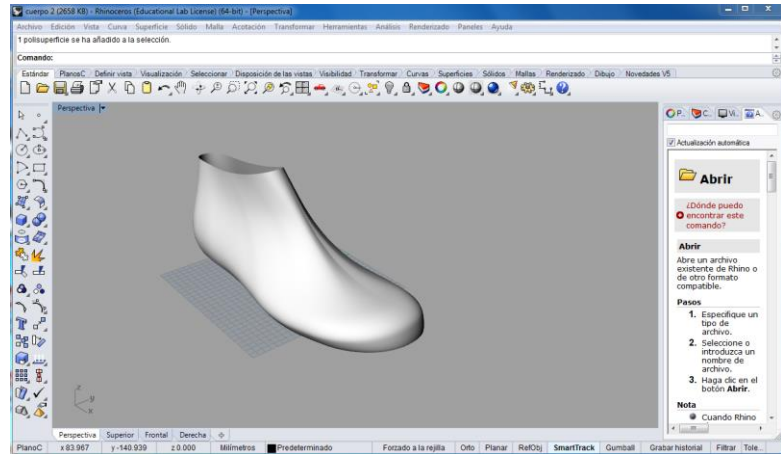


Imagen 47: Rhino horma

Una vez tuvimos la horma realizada, ya que este proyecto está enfocado a la marca Nike, se copió el logo y se hizo una curva proyectada a la superficie. De esta manera, se puede obtener por una parte la horma y por otra parte el logo proyectado (que será posteriormente más cómodo para trabajar con el programa Meshmixer).

También se realizó el borde de la suela, teniendo en cuenta otras zapatillas de agua existentes en el mercado, también mediante puntos para luego poder ajustar mejor posteriormente a la forma final deseada. Aunque cabe destacar que la forma de la suela también tenía una

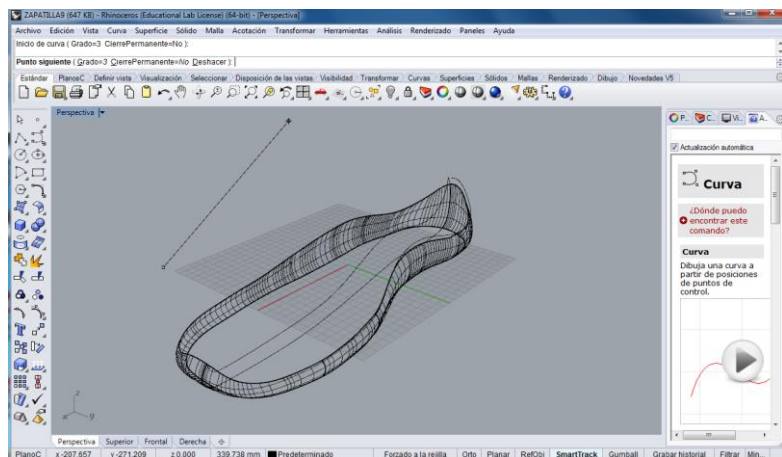


Imagen 48: Rhino borde de suela



forma deportiva teniendo en cuenta los diseños ofrecidos por la marca.

Y por último, se hizo una plantilla interna para la zapatilla. Mediante curvas para poder generar una superficie que tuviese la parte de la suela, la forma del borde de la suela y la forma de la plantilla.

De esta manera, se obtuvo toda la zapatilla en cuatro partes, para poder trabajar por separado con el programa Meshmixer, ya que se iba a realizar diferentes operaciones en cada una de las partes. Finalmente en la imagen 49, se muestra el resultado de la zapatilla final mediante superficies para poder trabajar con el siguiente programa "Meshmixer".

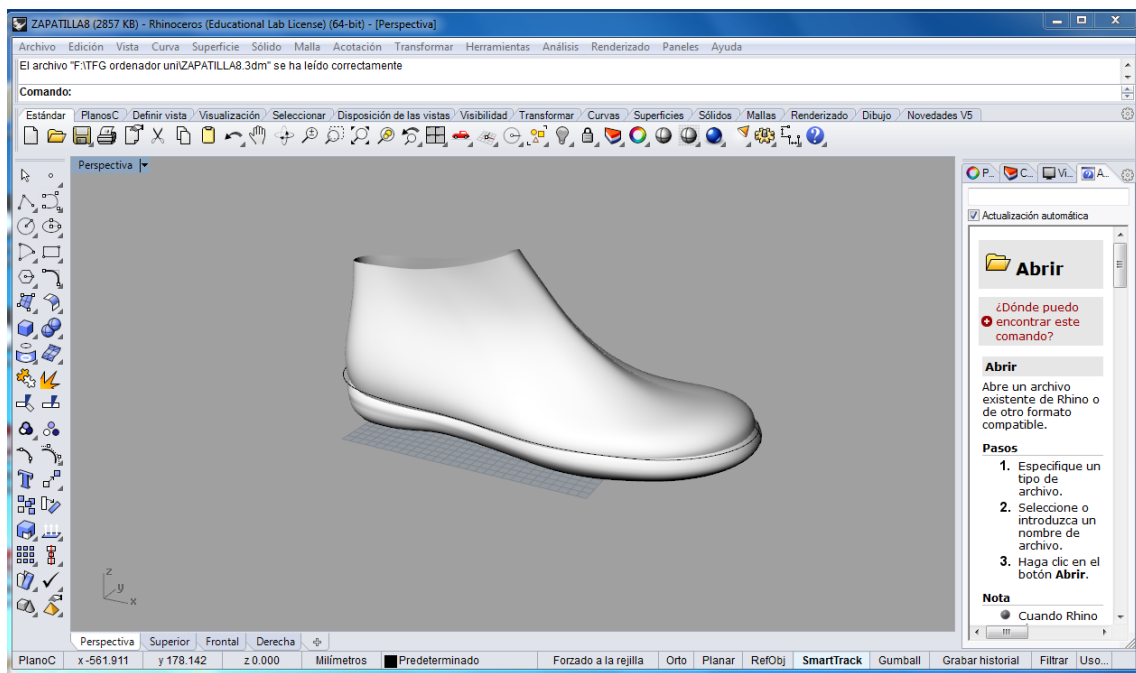


Imagen 49: Rhino zapatilla en superficies

### 2.6.1.4 Meshmixer

Una vez obtenido todo el diseño de la zapatilla, ya que el programa tiene las referencias de las coordenadas, aunque se trabaje por separado, cuando se junta toda la zapatilla queda unida y compacta.

En un primer momento, al obtener el archivo de la horma, se tuvo que hacer el diseño del cuello de la zapatilla. Con la opción de lazo y suavizando la curva, se obtuvo una forma similar a las zapatillas deportivas de la marca Nike.

Para la parte de la forma, del diseño de la horma, en un primer momento se tuvo que reducir la malla ya que la malla era muy grande. Para ello, y como se indica

en la imagen 50, había que seleccionar que malla querías reducir con la opción "Select", y una vez seleccionado con la opción "Reduce" se ajusta según el porcentaje deseado para que los triángulos de la malla sean más o menos grandes (si los triángulos son más pequeños, el archivo pesa más).

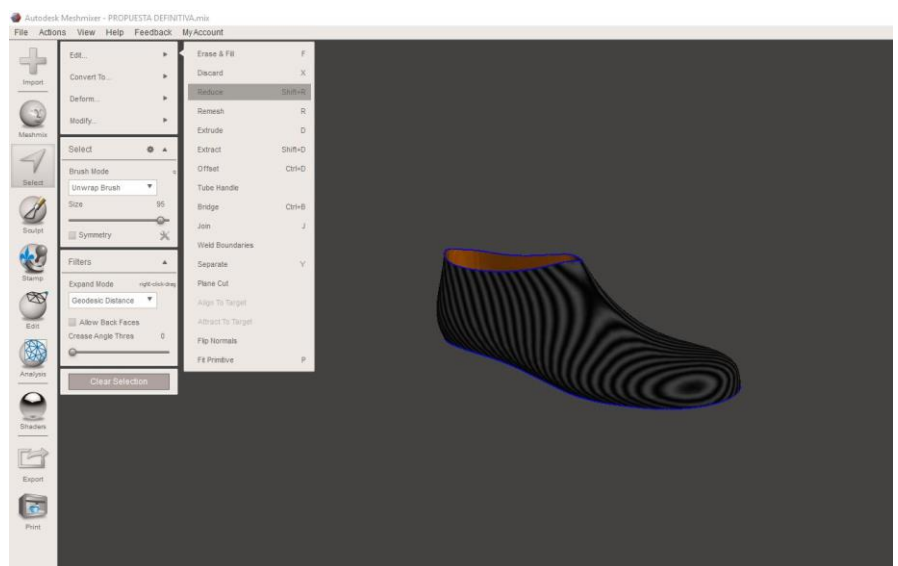


Imagen 50: Meshmixer reducción de malla

Una vez reducida la malla, se probaron diferentes opciones de la operación de "MakePattern". Sin duda, la forma más orgánica y que más encajaba en el diseño era la de "Dual Edges", y aun así al ver el resultado, en algunas zonas se tuvo que reducir la malla para que esta fuese más homogénea y el resultado fuese más uniforme, ya que al reducirse la malla se reduce de forma aleatoria, por ello, las zonas en las que los

triángulos eran muy pequeños, se seleccionaba y se volvía a reducir. En la imagen 51, se puede observar la aplicación de la opción "MakePattern" sobre la forma de la zapatilla, además de que se ha tenido en cuenta los requisitos para la impresión de la guía de diseño, donde se detalla que los espesores mínimos tienen que ser de 2 mm, y es por ello que se ha utilizado espesores de 2,1 mm (marcado en el círculo rojo).

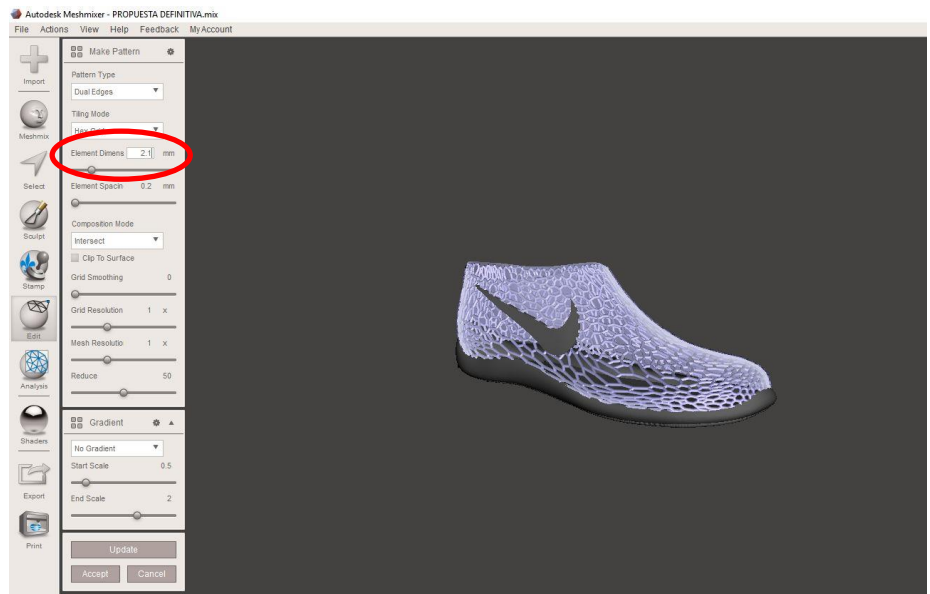


Imagen 51: Meshmixer MakePattern

Para el logo, el borde de la zapatilla y la suela, se hizo un relleno sólido. Para el logo y la suela, se hizo una extrusión en Rhinoceros y se importó al programa sin ningún problema. Pero para el borde de la zapatilla, se dejó la malla tal cual venía del programa (una malla grande, con muchos triángulos) para que al realizar las mismas operaciones que en la forma de la horma, quedaba mucho más compacto y daba la sensación de sólido.

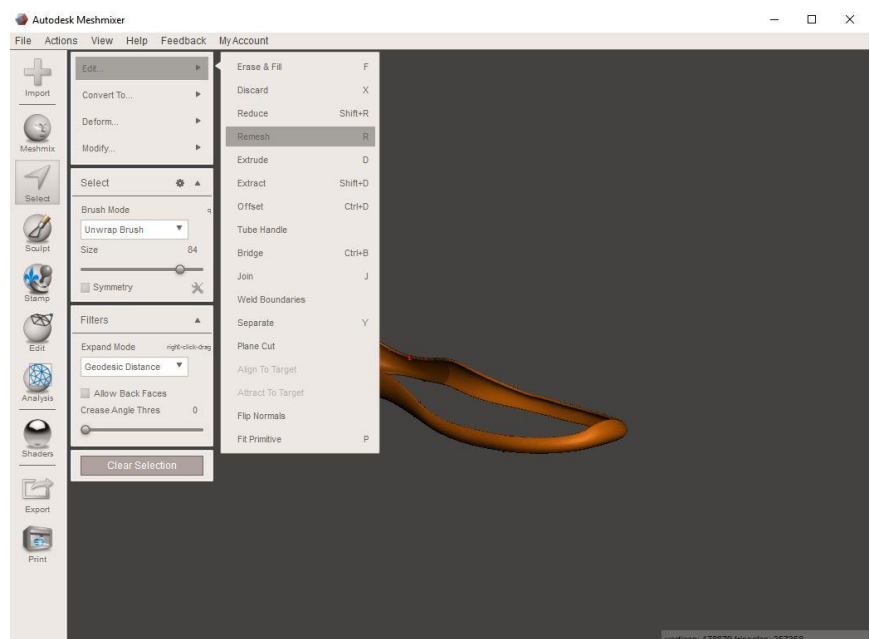


Imagen 52: Meshmixer borde

### 2.6.1.5 SolidEdge

Para realizar toda la parte de planos, se ha utilizado este programa. Al ser un objeto ergonómico, se ha tenido que acotar por secciones con este programa. Ya que este programa te saca todas las líneas, y puedes borrar las que no te convienen, ha sido mucho más fácil la acotación por secciones que en otros programas.

### 2.6.1.6 KeyShot 5

Hay muchos programas para poder sacar renders, desde el propio Rhinoceros hasta SolidWorks, etc. Pero uno de los mejores programas de renderizado es el que se ha utilizado, ya que seleccionando el material, crea una certeza a través de un render del producto final. Es por ello, que se ha elegido hacer el render con este programa. En la imagen 53 se puede ver las opciones de renderizado que se han seguido para obtener el render final.

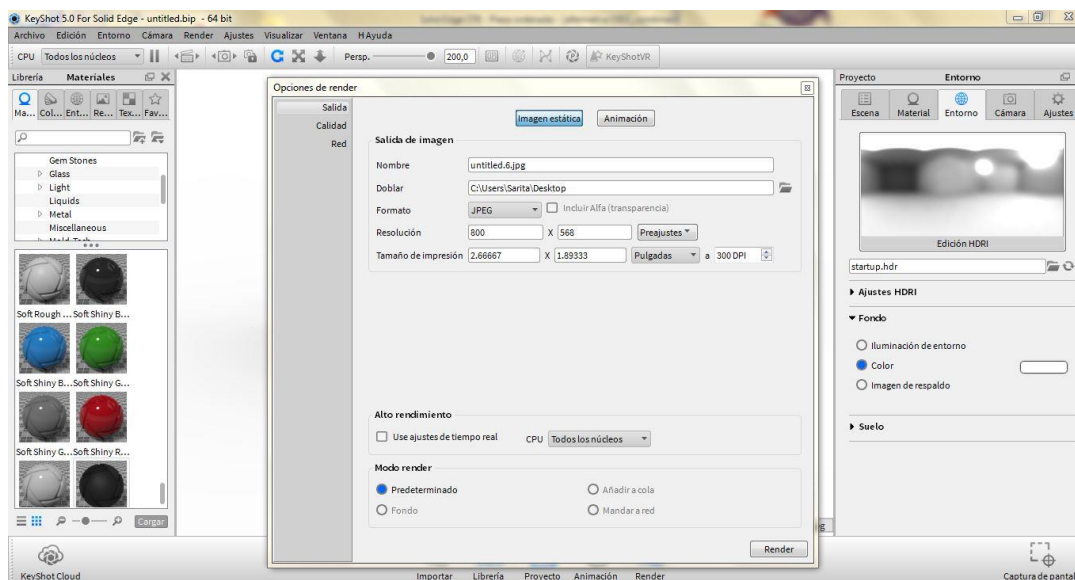


Imagen 53: KeyShot render

Además también se ha utilizado este programa para hacer el renderizado de las alternativas que se van a presentar posteriormente, tanto del diseño de zapatillas como las alternativas de los diferentes tipos de suelas. Una de las ventajas que tiene este programa, es que se pueden aplicar diferentes materiales y colores que a la hora de hacer el render final da un aspecto mucho más real al producto. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de como se ha realizado en una de las alternativas de diseño.

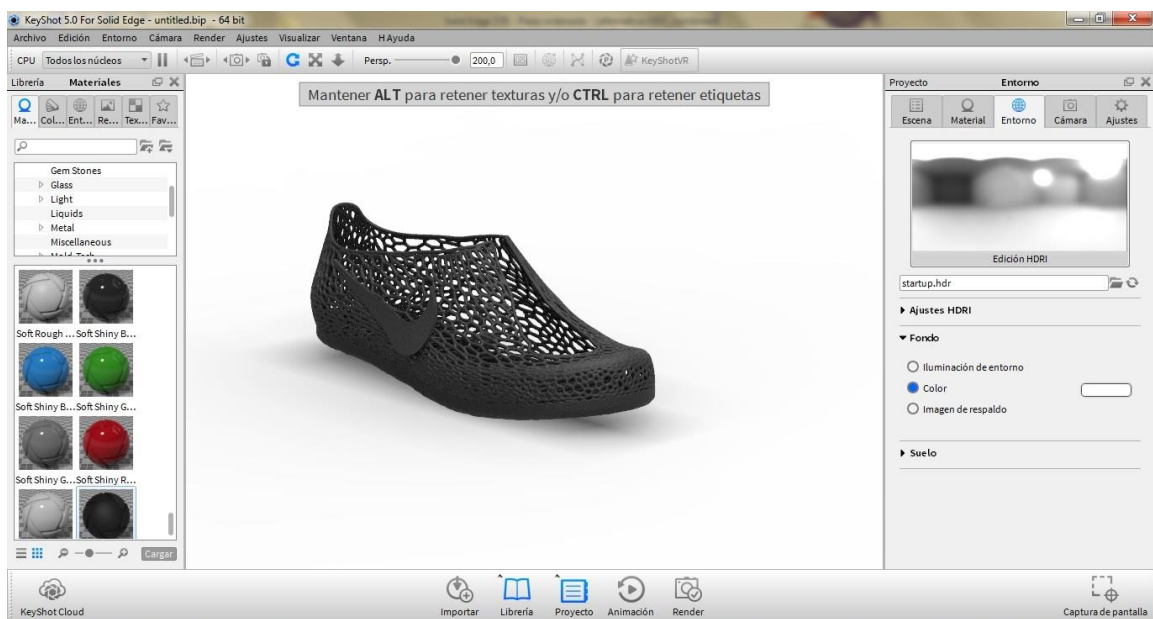


Imagen 54: KeyShot ejemplo de render

## 2.7 Alternativas CAD

### 2.7.1 Breve descripción de propuestas modeladas

Anteriormente se han propuesto las diferentes opciones de forma de la suela y cuello de la zapatilla, así como la ubicación y proporción del logo. En este caso, se va valorar el diseño de la zapatilla, según las restricciones del programa “Meshmixer” se han realizado unos bocetos rápidos para ver ciertos aspectos (diferencias positivas o negativas entre diferentes diseños, conjunto en cada diseño, etc.) y así poder escoger un diseño base para profundizar en el diseño final.



**Imagen 55: Alternativa 01**

de la zapatilla sigue este tipo de diseño para que cuando se incruste agua, arena, etc. Pueda salir con facilidad de la zapatilla.

La primera alternativa, tiene una estructura circular orgánica, con el talón y la puntera tapados. La estructura sólida de la puntera, hace que sea muy recargado el diseño, así que habría que valorar otro tipo de diseños con esta parte de la zapatilla que sea más sutil. La estructura general



**Imagen 56: Alternativa 02**

La segunda alternativa, tiene una estructura circular orgánica por todo el diseño de la zapatilla, pero en la zona del empeine la separación de los agujeros es más amplia para que el pie no se note demasiado cogido.



**Imagen 57: Alternativa 03**

La tercera alternativa, tiene una estructura circular orgánica por todo el diseño de la zapatilla, pero en la zona del empeine hay un hueco que deja al aire esta zona con un agarre en la zona superior. Esta alternativa, al ser la del tobillo de esa forma, da la sensación de que el pie se vaya a sentir presionado.



**Imagen 58: Alternativa 04**

La cuarta alternativa es muy similar a la tercera, tiene una estructura circular orgánica por todo el diseño de la zapatilla, pero en la zona del empeine hay un hueco que deja al aire esta zona más abierto que en la imagen anterior. Al ser el hueco más abierto, la sensación que ofrece este diseño es que al caminar se te pueda salir la zapatilla, no ofrece seguridad al llevarla puesta.



**Imagen 59: Alternativa 05**

de la zapatilla el agua, arena o cualquier otro objeto pequeño de la playa. Este cambio frente a otros diseños es interesante y diferente, rompe con una estructura toda de un mismo estilo.

La quinta alternativa, tiene una estructura circular orgánica de la puntera a dos tercios del logo de Nike, mientras que el resto de la zapatilla es una estructura triangular orgánica. Toda la zapatilla es estructural para que pueda salir con facilidad



**Imagen 60: Alternativa 06**

estructura por toda la zapatilla permite que si se incrusta agua, arena, etc. Pueda salir con facilidad de la zapatilla.

La última alternativa, tiene una estructura circular orgánica en toda la zapatilla. Es mucho más simple que en las alternativas anteriores, pero el efecto es bueno, no queda demasiado recargado con la posición del logo y la forma de la suela. Además con esta



### 2.7.2 Breve descripción de propuestas de suelas

Por último, antes de terminar el diseño de la zapatilla, se han realizado diferentes pruebas con el diseño de las suelas y así poder barajar las siguientes ideas y comprobar cuál es el mejor diseño de zapatilla que encaja con la mejor propuesta de diseño de suelas.



**Imagen 61: Alternativa suela 1**

más elegantes, combina bien con la mayoría de los diseños.

Este es un diseño simple, la forma de la suela es compacta, sólida. Es interesante la combinación, ya que la parte importante del diseño es la zapatilla y no la suela, por lo tanto, con este tipo de diseño de suela, al ser más básica, sencilla, y los diseños de las zapatillas



**Imagen 62: Alternativa suela 2**

diseños que tienen una forma con una estructura orgánica.

Esta segunda alternativa de diseño, está dividido en dos partes, la suela es sólida mientras que la otra parte de la suela tiene una estructura orgánica para que tenga una mejor integración con los



**Imagen 63: Alternativa suela 3**

parte del talón de abajo más sólida, una capa intermedia con una parte orgánica fina y por último la parte superior más visible la parte orgánica para que se pueda acoplar mejor a los diferentes diseños.

Pese a que la idea a priori me parecía interesante, al comprobar los diseños con este tipo de suela, el efecto no era el esperado. No sé si fue por hacerlo orgánico (ya que muchos de los diseños de las zapatillas ya tienen esta estructura) o por el tipo de suela, por eso se ha propuesto una variante en la próxima alternativa de suela.



**Imagen 64: Alternativa suela 4**

diseño de la zapatilla hace que la percepción no sea de una zapatilla. Por lo tanto, estas dos alternativas quedan descartadas.

Esta alternativa, la parte de la planta de la suela es sólida para que no pueda entrar ni arena ni similares por debajo del pie. En cuanto a los laterales de la suela, se ha intentado conseguir un degradado desde la

Esta alternativa es una variante de la anterior. Es una forma triangulada para romper un poco con los diseños de las zapatillas. Pero esta idea tampoco ha encajado con el diseño de las zapatillas, el efecto de seguir con el mismo estilo del

## 2.8 Solución final

### *2.8.1 Criterios de selección*

Para elegir la propuesta, se han de tener en cuenta tanto las necesidades como las consideraciones que se han descrito anteriormente, sobre todo los espesores de la zapatilla para que se pueda realizar la impresión 3D de forma correcta.

También hay que tener en cuenta la finalidad para la que está destinada esta propuesta, es decir, que pueda entrar y salir el agua, la arena o cualquier sustancia que te puedas encontrar en la playa o en un río.

Por último, ajustando todo lo descrito anteriormente, se ha de valorar los diferentes diseños, tanto de forma como de suela, y analizar cuál es la propuesta que mejor combina entre de cada uno de ellos.

### *2.8.2 Justificación de la solución adoptada*

Para escoger la solución más adecuada, las propuestas de forma estaba entre la alternativa 5 y la alternativa 6. De hecho se han desarrollado hasta el final ambas propuestas para poder valorarlas al final.

La suela escogida ha sido la “Alternativa suela 1”, ya que el peso que tiene que tener el diseño de la forma tiene que ser mayor, y los otros diseños no combinaban bien. Hacer una suela más sencilla y compacta, hace que visualmente para el usuario sea una zapatilla más confortable y segura, además la forma de la suela, hace que sea una zapatilla de playa deportiva.

Finalmente, se ha escogido la “Alternativa 06” en cuanto a la forma, y la “Alternativa 1” para el diseño de la suela. Se ha escogido este diseño de forma, ya que las formas ergonómicas del diseño permiten mejor la salida de, por ejemplos, piedras pequeñas que puedan entrar en el interior de la zapatilla. En el caso de la alternativa 5, al tener la suela triángulos inclinados, la salida de este objeto sería más dificultosa.

### 2.8.3 Prototipos

A continuación se muestran tanto un render, realizado con el programa KeyShot 5, como la imagen real del prototipo hecho con las impresoras 3D de la escuela con un material rígido Z-Ultrat y la imagen de la zapatilla a escala 1:2 en material flexible impreso en la empresa “ShapeWays”.

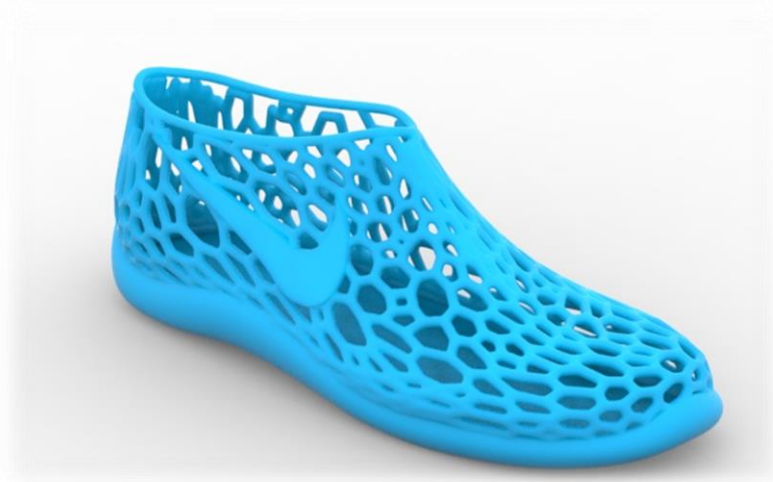


Imagen 65: Render KeyShot 5



Imagen 66: Prototipo rígido



**Imagen 67: Prototipo flexible Shapeways**

### 3. PLANOS

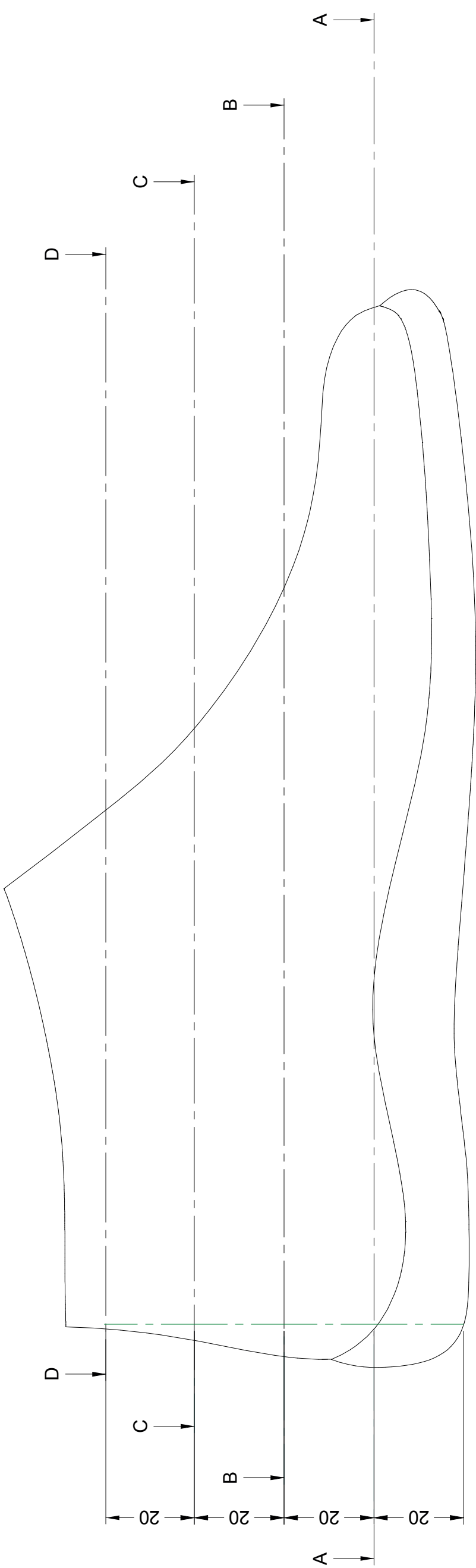
Para realizar los planos de este proyecto es un poco complicado ya que se trata de un objeto ergonómico. Además, este tipo de proyectos no se realizan mediante planos sino que, para poder realizar este proyecto, lo que se entrega es un archivo en el que contiene la zapatilla para poder realizar la producción.

Por ello, para realizar la parte técnica de planos, en primer lugar, se va a presentar las medidas generales de la zapatilla (para realizar los planos, se han tenido en cuenta que la zapatilla es una talla 43 europea) y posteriormente planos de corte a alturas de 30 milímetros para poder analizar la forma que tiene en cada sección la zapatilla de manera más detallada.

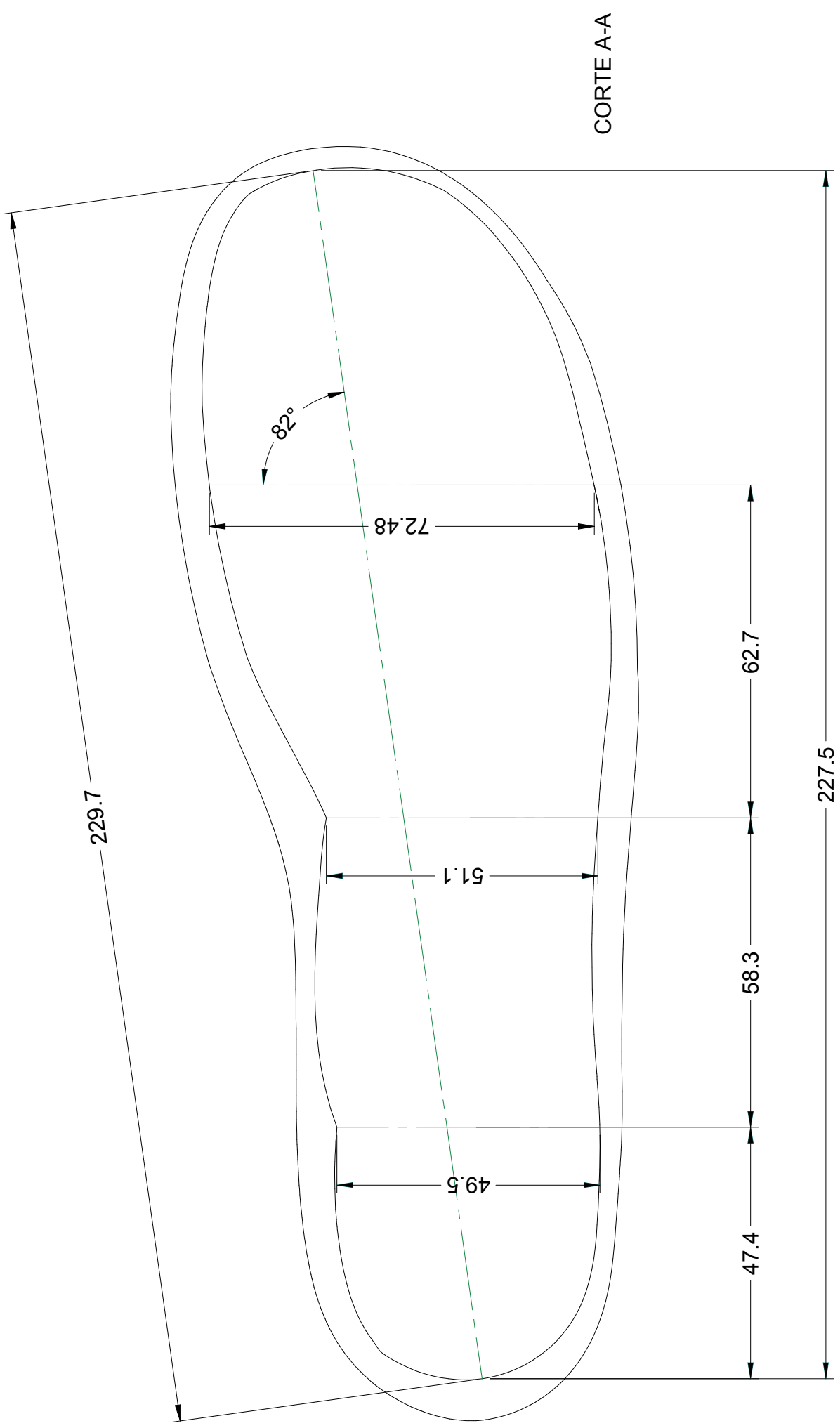
Así pues, se presentan a continuación las medidas generales, y las secciones de corte desde la suela de la zapatilla hasta la parte superior de esta:



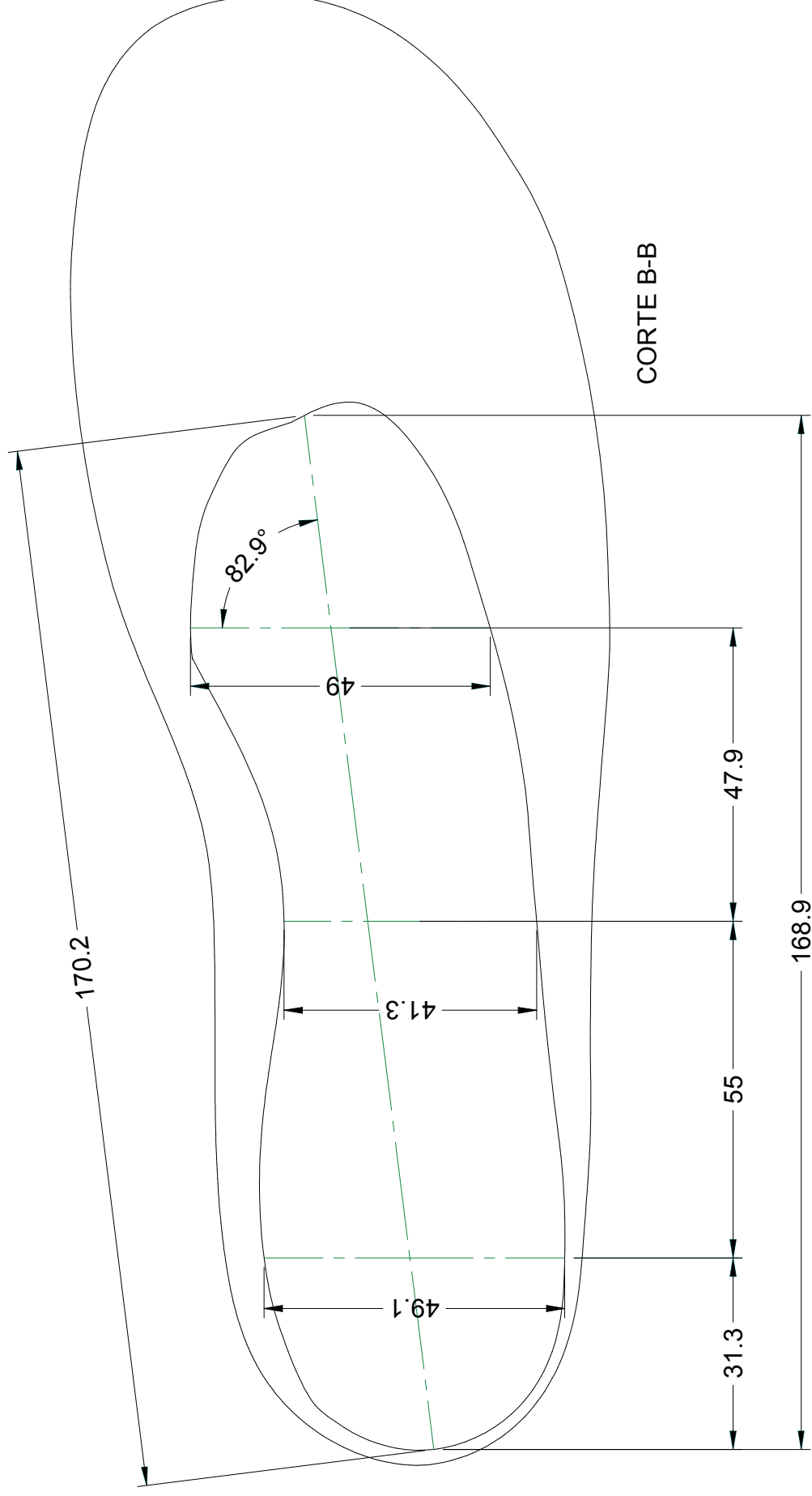




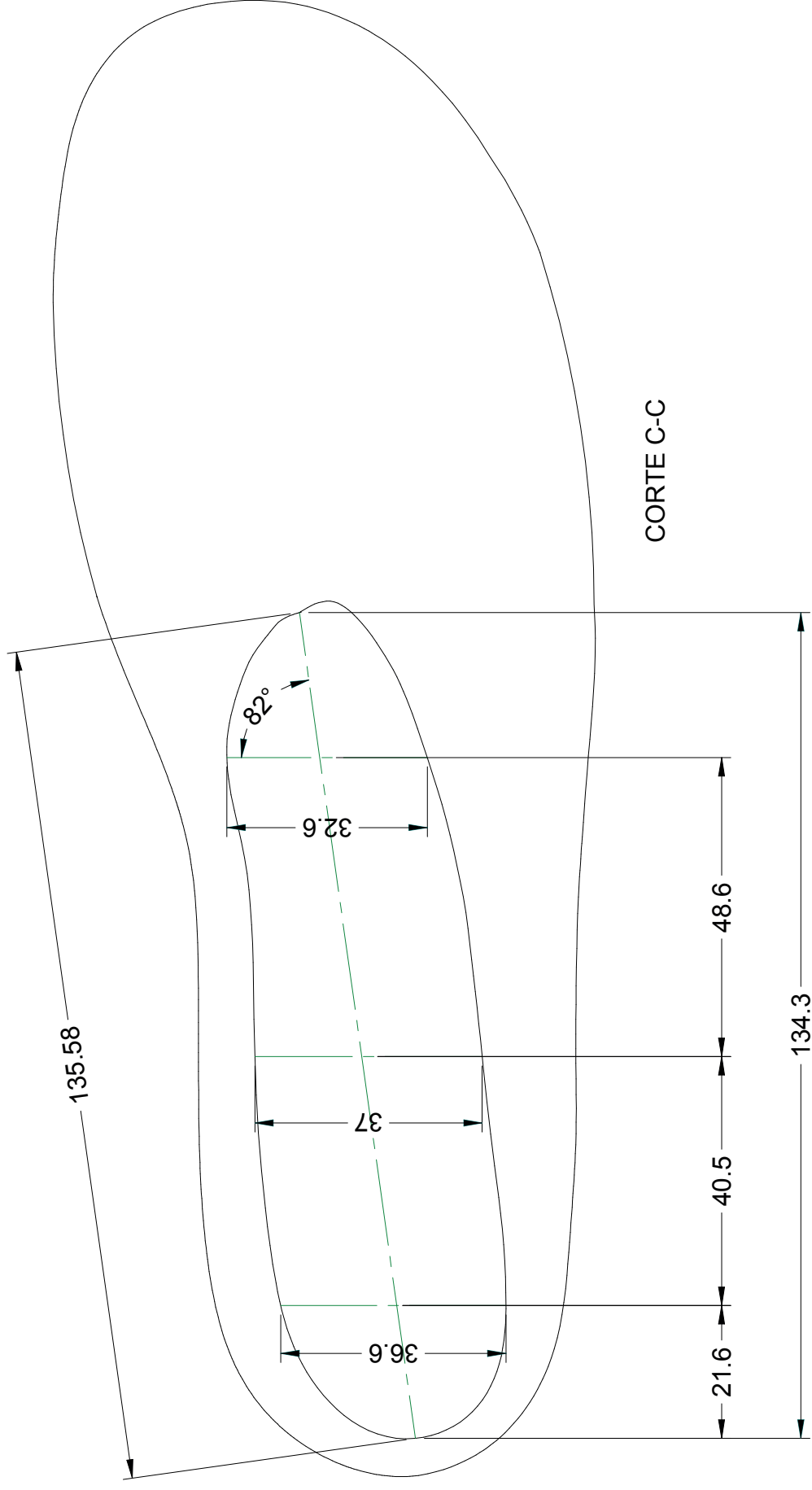
DIBUJADO		FECHA	NOMBRE	MATERIAL	Elastoplastico		PAGINA :	
		27-07-16	A. Visier	COLOR			73	
REVISION VIGENTE		A		SPEC.			REFERENCIA :	
REVISION SUSTITUIDA				ESCALA :	COTAS CRITICAS		02	
TOLERANCIAS GENERALES				FORMATO :	NOMBRE :			
ANGULO	COTAS LINEALES EN MILIMETROS			1:1		PERFIL		
±1°	> 0.5 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	A3			
	±0,1	±0,2	±0,5	±1,2				



DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	MATERIAL	Elastoplastico	PAGINA :	74
REVISION VIGENTE	27-07-16	A. Visier	COLOR			
REVISION SUSTITUIDA		A	SPEC.			
TOLERANCIAS GENERALES			ESCALA :	1:1	REFERENCIA :	03
ANGULO	COTAS LINEALES EN MILIMETROS			NOMBRE :		
±1°	> 0.5 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	CORTE A-A	
	±0,1	±0,2	±0,5	±1,2		

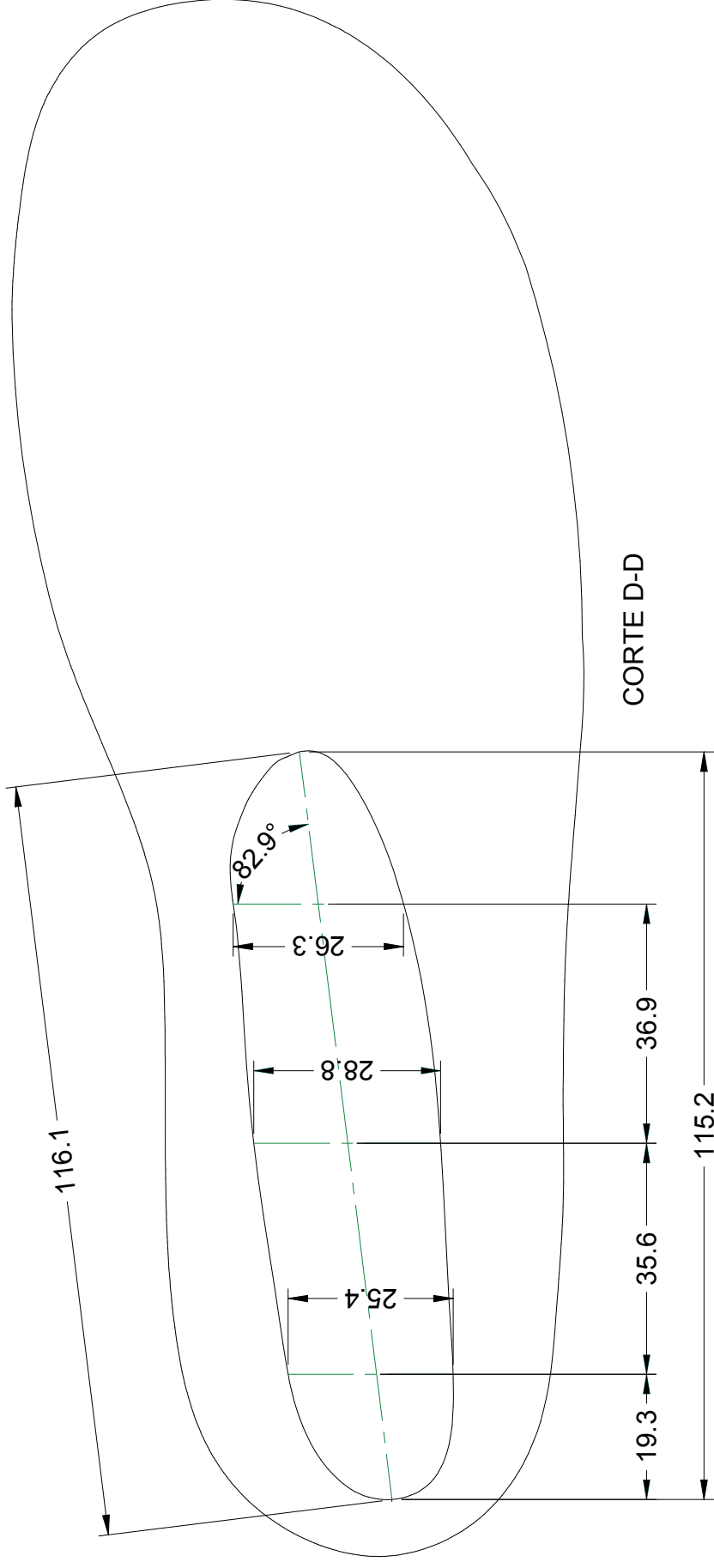


DIBUJADO		FECHA	NOMBRE	MATERIAL	PAGINA :	
REVISION VIGENTE		27-07-16	A. Visier	Elastoplastico	75	
REVISION SUSTITUIDA			A	COLOR		
TOLERANCIAS GENERALES				SPEC.	REFERENCIA :	
ANGULO		COTAS LINEALES EN MILIMETROS		ESCALA :	04	
±1°		> 0.5 <= 6	> 6 <= 30	1:1	NOMBRE :	
±0,1		> 30 <= 120	> 120 <= 400	FORMATO :	CORTE B-B	
±0,2		> 120 <= 400	> 400 <= 1000	A3		
±0,5		> 400 <= 1000	> 1000 <= 2000			
±1,2		> 1000 <= 2000	> 2000 <= 4000			



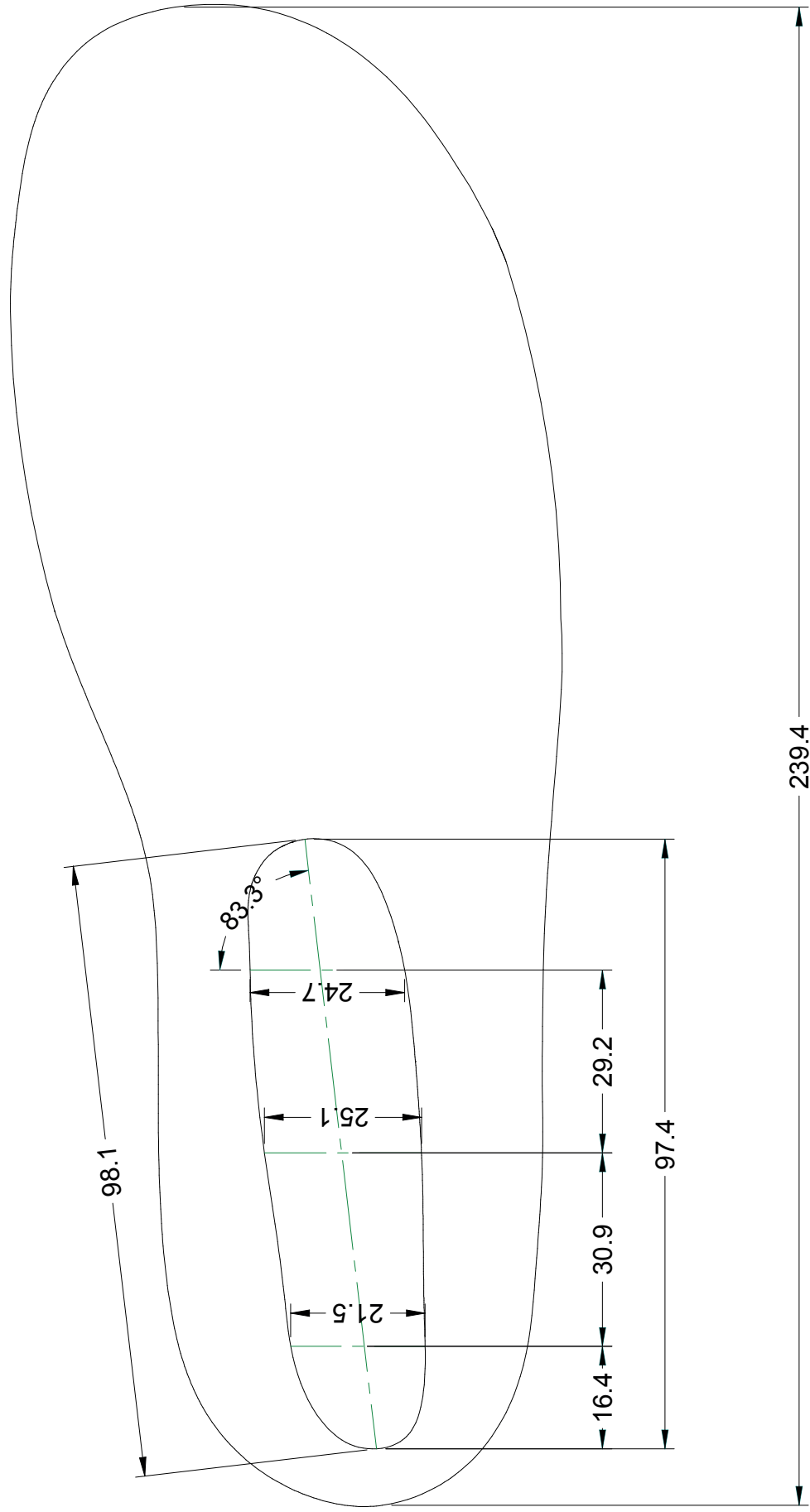
CORTE C-C

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	MATERIAL	Elastoplastico	PAGINA :	76
REVISION VIGENTE	27-07-16	A. Visier	COLOR			
REVISION SUSTITUIDA		A	SPEC.			
TOLERANCIAS GENERALES			ESCALA :	1:1	REFERENCIA :	05
ANGULO	COTAS LINEALES EN MILIMETROS		FORMATO :	A3	NOMBRE :	CORTE C-C
±1°	> 0.5 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400		
	±0,1	±0,2	±0,5	±1,2		



CORTE D-D

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	MATERIAL	Elastoplastico	PAGINA :	77
REVISION VIGENTE	27-07-16	A. Visier	COLOR			
REVISION SUSTITUIDA		A	SPEC.			
TOLERANCIAS GENERALES			ESCALA :	1:1	REFERENCIA :	06
ANGULO	COTAS LINEALES EN MILIMETROS			FORMATO :	NOMBRE :	
±1°	> 0.5 ≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 400	CORTE D-D	
	±0,1	±0,2	±0,5	±1,2		



DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	MATERIAL	PAGINA :
	27-07-16	A. Visier	Elastoplastico	78
REVISION VIGENTE		A	COLOR	
REVISION SUSTITUIDA			SPEC.	
TOLERANCIAS GENERALES			ESCALA :	REFERENCIA :
COTAS LINEALES EN MILIMETROS			1:1	07
ANGULO			FORMATO :	
±1°	> 0.5 <= 6	> 6 <= 30	A3	
	±0.1	±0.2		
		> 30 <= 120		
		> 120 <= 400		
		±0.5		
		±1.2		
			NOMBRE :	PLANTA

## 4. PLIEGO DE CONDICIONES

### 4.1 Definición y alcance

El objeto de este pliego de condiciones es la definición de las condiciones técnicas y económicas para la fabricación de unas zapatillas mediante impresión 3D con un material elastómero.

### 4.2 Especificaciones técnicas

Las zapatillas, para una talla 43 de tallaje europeo, irán dentro en una caja de cartón con las medidas 250 x 200 x 100 mm, de manera que quepan las dos zapatillas en esta caja de cartón, y con las dimensiones mínimas para optimizar en el material del embalaje. En el interior de la caja de cartón, habrá papel de seda que envolverá las zapatillas. Este papel previene las humedades dentro de la caja y además evita el contacto o rozaduras entre ambas zapatillas para que pueda producir marcas entre ellas.

El envío se realizará en un único palé europeo, embalado y precintado en el cual se apilarán las cajas, hasta un máximo de 10 alturas (equivalente a 1000 mm). Se considerará que el producto está entregado cuando llegue al almacén de la empresa que realiza la compra, el transporte corre a cargo de la empresa proveedora. En caso de anulación del pedido, los gastos ocasionados correrán a cargo de la empresa compradora.

El pedido deberá efectuarse con dos semanas de antelación, en caso de que la empresa que compra requiera que su pedido llegue en un plazo menor, se le suministrará de igual manera el pedido a condición de que el transporte corra a su cargo, siendo como condición indispensable un mínimo de una semana laborable para la realización del pedido.

En caso de llegar el pedido a la empresa del cliente en días posteriores al acuerdo, se comprobará si ha sido error de la propia empresa o de la empresa de transportes, en caso de ser de este último, dicha empresa se encargará de los costes del transporte en su totalidad.

#### *4.2.1 Zapatilla*






La zapatilla tendrá las medidas que se adjuntan en los plantos. Esta está realizado mediante un material elastómero “Elasto Plastic”. Se fabricará mediante impresión 3D siguiendo el archivo del modelo, y posteriormente se lijará y se pulirá en las zonas que fuesen necesarias. Para poderse asegurar, se sustraerá una pieza de cada 50 y se procederá a comprobar las dimensiones para certificar que la producción es correcta. Si hubiese más de una impresora 3D, se sustraería una de cada 50 de cada impresora para comprobar que la producción sigue siendo correcta.

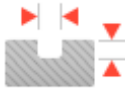


Además también será necesario comprobar la flexibilidad, para comprobar que está realizado con el material requerido y que la elasticidad de la zapatilla es la deseada. Por ello, a la vez que se sustrae una pieza de cada 50 para comprobar las dimensiones, también se comprobará la elasticidad de la zapatilla haciendo presión en algunas partes de la zapatilla.




### 4.2.2 Ficha técnica del material

#### 4.2.2.1 Directrices de diseño

Máx. cuadro delimitador	300 × 300 × 150 mm
Mín. cuadro delimitador	$X + Y + Z \geq 10$ mm sin dimensión bajo 0,8 mm
Mín. apoyado espesor de pared	 <p>0,8 mm (se ampliará a 0,9 - 1,2 mm)</p>
Espesor de la pared no soportado min	<p>0,8 mm se ampliará a 0,9 - 1,2 mm</p>  <p>Wall es una estructura en la que su diseño es compatible con otras partes del diseño. Una pared sin soporte es una conectada a otras paredes con menos de dos lados.</p> <p>Para garantizar la creación y el éxito de su producto, asegúrese de que las paredes no compatible en el producto son más gruesas que el requisito mínimo. Si no es así, trate de hacerlos más grueso, añadiendo soportes, o considerando un material con un requisito mínimo de la pared sin soporte más delgado.</p>
Mín. apoyado alambres	<p>0,9 mm</p>  <p>Un cable es una característica cuya longitud es mayor que dos veces su anchura. Un alambre de apoyo está conectada a las paredes de ambos lados.</p>
Cables no compatibles min	 <p>0,9 mm</p>
Mín. en relieve detalle	 <p>1,0 mm de alto y de ancho (recomendado de 2,0 mm o más)</p>

<p>Mín. grabado detalle</p>	 <p>2,0 mm de alto y de ancho (recomendado de 4,0 mm o más)</p>
<p>Orificios de escape mín.</p>	 <p>5 mm. Modelos mayores de 50 × 50 × 50 mm requieren múltiples orificios de escape.</p> <p>Orificios de escape permitir que el material sin construir dentro de los productos huecos para ser eliminado.</p> <p>Cuando los productos contienen cavidades huecas, a menudo se llenan de polvo incluso después de que se retiran de la bandeja de construcción. Si los orificios de escape no son lo suficientemente grandes, o la geometría del producto hace que sea difícil de eliminar o explosión del polvo hacia fuera, que no se puede limpiar con éxito. Esto es especialmente importante para nuestro proceso de tintura a base de agua - modelos no se pueden teñir con éxito si no se pueden limpiar con éxito dentro y por fuera. Para garantizar un producto de éxito, lavable, asegúrese de incluir lo suficientemente grandes agujeros de escape para cada cavidad hueca en su producto. Se recomiendan los agujeros de escape múltiples para grandes piezas huecas. Un agujero de escape solo al final de una cavidad no permitirá que el material en las esquinas cerca del orificio de escape para escapar totalmente. Por lo tanto, es recomendable usar varios agujeros de escape en ambos extremos de la cavidad. Si los orificios de evacuación son insuficientes, intenta ampliar ellas, la adición de más, o rellenando el espacio hueco.</p>  <p>Un agujero de escape único en el extremo de una cavidad no permitirá que el material en las esquinas cerca del orificio de escape para escapar completamente. Por lo que recomendamos múltiples orificios de escape en ambos extremos de la cavidad.</p>

Despeje	 5.0 mm de espacio libre
¿Enclavamiento y piezas cerrados?	Sí.
Múltiples partes por	Sí.
Exactitud	Hasta $\pm 30\%$ en modelos pequeños, $\pm 10\%$ en los modelos grandes

#### 4.2.2.2 Sobre el diseño de Elasto Plastic

<p>Rasgos materiales</p>	<p><b>Material de fabricante</b></p> <p>Dado que este es un fabricante del material, vamos a producir todos los modelos que siguen las reglas de diseño, incluso si tenemos problemas de calidad. Tenga en cuenta que las reglas de diseño actuales son dinámicas y están sujetos a cambios a medida que aprendemos más sobre este material increíble y cómo diseñar para él. Cualquier persona puede pedir modelos que han subido a sí mismos, pero no se venderá en tiendas Shapeways.</p> <p><b>Modelos más gruesas son más difíciles de doblar</b></p> <p>La flexibilidad depende de la estructura y el diseño del modelo. El grueso de hacer algo, menos flexible, su producto será.</p> <p><b>Modelo dimensiones finales pueden ser ligeramente más grueso que el diseño original</b></p> <p>“Elasto plástico” tiende a imprimir un poco más gruesa de lo que indica el archivo de diseño. Los modelos pueden ser de hasta 4mm más grueso en la dirección Z y hasta 2mm más gruesa en las direcciones X e Y. Si usted tiene una pared gruesa 8mm, puede venir a ser 1-1.2mm.</p> <p><b>Líneas de impresión o "paso a paso"</b></p> <p>En función de la geometría de su modelo y la orientación en la bandeja de impresión, es posible que vea líneas de impresión, o "paso a paso" fenómenos en su modelo, que es un artefacto natural de la impresión en 3D utilizando el proceso de SLS. Nuestras capas son alrededor de 0,15 mm delgada, hay un "paso" entre cada capa, como una escalera. Esto también es más evidente en los artículos más pequeños tales como modelos de trenes o elementos con curvas suaves tales como esferas. Hacemos todo lo posible para reducir al mínimo las líneas de impresión en su modelo, pero son parte del proceso y no puede eliminarse por completo.</p>
------------------------------	---

#### 4.2.2.2 Características del material

<p>Mira y sienta</p>	<p>“Elasto plástico” es un elastómero de color blanquecino que es muy flexible. Tiene un acabado rugoso, granulada, y es bastante fuerte cuando se imprime con características gruesas (mayor de 5 mm). “Elasto plástico” es un material experimental, y aunque estamos muy emocionados con sus capacidades, la calidad no está listo para su uso más amplio.</p>
<p>Manejo y cuidado</p>	<p>Este material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No estanca</li> <li>• No apto para comida</li> <li>• No reciclables</li> <li>• No lavar en el lavavajillas</li> </ul> <p>“Elasto plástico” es resistente al calor a 90°C / 194°F grados. Las temperaturas más altas pueden cambiar significativamente las propiedades del material.</p>

### *4.2.3 Proceso de fabricación*

El proceso de fabricación de esta zapatilla es mediante Sinterizado Selectivo Láser. En primer lugar se llena un primer recipiente de material en polvo mientras que un segundo recipiente sigue vacío. En cada recipiente tienen un pistón, ubicado en la parte inferior en el caso del recipiente lleno y en la parte superior para el recipiente vacío. El proceso comienza con el depósito de una capa fina de polvo.

A cada ida y vuelta, el primer pistón se eleva mientras que el segundo pistón baja de una ranura equivalente al espesor de la capa. En la segunda etapa, un rodillo pasa sobre el polvo y deposita una fina capa sobre el segundo recipiente. La capa depositada es recorrida por el rayo láser que provoca la fusión y la consolidación del polvo. Las etapas son repetidas hasta obtener la pieza sólida en 3D correspondiente al archivo CAD de origen.

### 4.3 Condiciones económicas

Cuando esté el producto en el almacén de la empresa que compra, la empresa proveedora ofrece 2 años de garantía por daños ambientales, en el cual, si el producto se rompe, se deteriora o cualquier anomalía producida por el material y no por un mal uso del mismo, se hará cargo la empresa proveedora de los problemas ocasionados. Para ello, el cliente deberá devolver el producto dañado a la empresa proveedora para su evaluación y análisis de las anomalías ocasionadas, y una vez certificado que el producto no está en condiciones óptimas para su uso o venta por causas ambientales, se les suministrará a la empresa que compra un nuevo ejemplar del mismo.

En ambos casos, de reparación o de suministro de nuevo producto, el transporte corre a cargo de la empresa proveedora, siempre y cuando el objeto cumpla con las condiciones de daño ya citadas anteriormente. En caso contrario, el transporte será pagado en su totalidad por la empresa que compra.

Si el lote llegase dañado al almacén de la empresa que ha realizado el pedido, la empresa de transporte se hará cargo de los costes del viaje en su totalidad.

En cuanto a las formas de pago, en primer lugar habrá que pagar un 25% de la cantidad total al realizar el pedido, y cuando llegue al almacén de la empresa compradora el 75% restante. Si la empresa quisiera aportar más de un 25% se permite, descontándolo posteriormente del precio total de lote. Si la empresa compradora, una vez realizado el pedido, quisiera ampliar el pedido, las condiciones de pago será la misma que al realizar el pedido, un 25% mínimo de la nueva cantidad del lote.

Si la empresa compradora decidiese que quiere el lote en menos de dos semanas, tiempo mínimo citado anteriormente para el pedido, la empresa deberá abonar el 50% del pedido al realizarlo, y cuando llegue al almacén de la empresa compradora el otro 50% restante. Si la empresa quisiera aportar más de un 50% se permite, descontándolo posteriormente del precio total de lote. Si la empresa compradora, una vez realizado el pedido, quisiera ampliar el pedido con las con las

mismas condiciones de menor tiempo de entrega que dos semanas, las condiciones de pago será la misma que al realizar el pedido, un 50% mínimo de la nueva cantidad del lote.



## 5. PRESUPUESTO

Para realizar el presupuesto se ha realizado teniendo en cuenta que la zapatilla es de una talla 43 y así ver cuánto es el material que se usa, las horas empleadas para realizar la impresión, etc.

Se han realizado dos presupuestos, ya que el presupuesto como empresa (por lo menos al principio) es inviable debido al precio de la impresora 3D de Sinterizado Selectivo Láser. Por ello, se ha hecho un presupuesto como empresa y otro como diseñador (para subcontratar la impresión a una empresa externa, como pueda ser ShapeWays (donde he realizado mi pedido en material flexible)).

## 5.1 Presupuesto empresa

El coste del material en el que se va a imprimir la zapatilla “Elasto Plastic”, por la empresa Shapeways, se ha escogido de la página web de la propia empresa (se puede encontrar en la bibliografía).

En cuanto a la mano de obra, el diseño de la zapatilla se refiere al diseño que he hecho yo mismo para llegar a la solución final, las horas empleadas. Para poder poner un precio unitario estimado, se ha recurrido a un asesoramiento de un especialista en este ámbito, ya que, debido a mi inexperiencia, no sabía qué precio estimar.

Así pues, para los técnicos de impresión 3D, lijadora y pulidora, son costes fijos independientemente de las zapatillas que se vayan a fabricar. Y se ha tenido en cuenta, que la máquina de impresión 3D trabaje 15 horas, no implica que el técnico esté 15 horas trabajando.

Sin embargo, la amortización del coste del diseño de la zapatilla sí que varía en función de las piezas que se vayan a hacer, y se ha tenido en cuenta como se verá posteriormente.

Por último, es importante comentar que para las máquinas que se han utilizado para llevar a cabo este proyecto (impresora 3D, lijadora y lijadora) hemos tenido en cuenta un periodo de amortización de 8 años, ya que en las máquinas industriales suele tener una amortización de 10 años. A continuación se muestra, en una tabla resumen, el precio de estas máquinas, además en la bibliografía se puede encontrar el tipo de máquina más concretamente:

TIPO DE MÁQUINA	PRECIO
IMPRESORA 3D SLS	250.000,00 €
LIJADORA	200,00 €
PULIDORA	200,00 €

Para calcular el precio según el lote de 1, 1.000, 10.000 y 100.000 piezas, para la maquinaria se ha calculado de la siguiente manera:

$$\text{Precio por lote} = \frac{\text{Precio Máquina}}{\text{Tiempo de amortización máquina} * \text{Lote Piezas}}$$

<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
11P	Elasto Plastic	cm <sup>3</sup>	156,7156	0,42	65,8206
<b>TOTAL</b>					65,8206 €

<b>MAQUINARIA PARA 1 PIEZA</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
01M1	Impresora 3D	h	35	31.250,00	1.093.750,00
02M1	Lijadora de cantos	h	0,08	25,00	2,00
03M1	Pulidora	h	0,08	25,00	2,00
<b>TOTAL</b>					<b>1.093.754,00 €</b>
<b>MAQUINARIA PARA 1.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
01M2	Impresora 3D	h	35	31,25	1.093,75
02M2	Lijadora de cantos	h	0,08	0,025	0,002
03M2	Pulidora	h	0,08	0,025	0,002
<b>TOTAL</b>					<b>1.093,754 €</b>
<b>MAQUINARIA PARA 10.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
01M3	Impresora 3D	h	35	3,125	109,375
02M3	Lijadora de cantos	h	0,08	0,0025	0,0002
03M3	Pulidora	h	0,08	0,0025	0,0002
<b>TOTAL</b>					<b>109,3754 €</b>
<b>MAQUINARIA PARA 100.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
01M4	Impresora 3D	h	15	0,3125	10,9375
02M4	Lijadora de cantos	h	0,08	0,00025	0,00002
03M4	Pulidora	h	0,08	0,00025	0,00002
<b>TOTAL</b>					<b>10,93754 €</b>

<b>MANO DE OBRA PARA 1 PIEZA</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03011	Diseño de la zapatilla	h	320	15	4.800,00
0302	Técnico impresión 3D	h	1,5	12	18,00
0303	Técnico lijadora cantos	h	0,08	12	0,96
03ª4	Técnico pulidora	h	0,08	12	0,96
<b>TOTAL</b>					<b>4.819,92 €</b>
<b>MANO DE OBRA PARA 1.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03012	Diseño de la zapatilla	h	320	0,015	4,80
0302	Técnico impresión 3D	h	1,5	0,012	18,00
0303	Técnico lijadora cantos	h	0,08	0,012	0,96
03ª4	Técnico pulidora	h	0,08	0,012	0,96
<b>TOTAL</b>					<b>24,72 €</b>
<b>MANO DE OBRA PARA 10.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03013	Diseño de la zapatilla	h	320	0,0015	0,480
0302	Técnico impresión 3D	h	1,5	0,0012	18,00
0303	Técnico lijadora cantos	h	0,08	0,0012	0,96
03ª4	Técnico pulidora	h	0,08	0,0012	0,96
<b>TOTAL</b>					<b>20,40 €</b>
<b>MANO DE OBRA PARA 100.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03014	Diseño de la zapatilla	h	320	0,00015	0,048
0302	Técnico impresión 3D	h	1,5	0,00012	18,00
0303	Técnico lijadora cantos	h	0,08	0,00012	0,96
03ª4	Técnico pulidora	h	0,08	0,00012	0,96
<b>TOTAL</b>					<b>19,968 €</b>

A continuación se muestran los precios totales de fabricación para los diferentes lotes de piezas teniendo en cuenta los procesos de fabricación (material, maquinaria y mano de obra):

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA</b>	1.098.639,7410 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 1.000 PIEZAS</b>	1.184,2946 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 10.000 PIEZAS</b>	195,596 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 100.000 PIEZAS</b>	96,7261 €

A continuación se muestran los precios finales teniendo en cuenta el beneficio, precio de oferta e IVA para los diferentes lotes:

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA</b>		1.098.639,740 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15 %</b>	1.263.435,701 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	1.415.047,985 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>1.712.208,062 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1.000 PIEZAS</b>		1.184,290 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	1.361,933 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	1.525,365 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>1.845,692 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 10.000 PIEZAS</b>		195,600 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	224,940 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	251,932 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>304,838 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 100.000 PIEZAS</b>		96,730 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	111,239 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	124,588 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>150,752 €</b>

### 5.1 Presupuesto diseñador subcontrata

Para la mano de obra, el diseño de la zapatilla se refiere al diseño que he hecho yo mismo para llegar a la solución final, las horas empleadas. Para poder poner un precio unitario estimado, se ha recurrido a un asesoramiento de un especialista en este ámbito, ya que, debido a mi inexperiencia, no sabía qué precio estimar.

Como se va a subcontratar la impresión, solo se tiene que tener en cuenta la parte de mano de obra del diseño. La materia prima, la mano de obra por la impresión y la maquinaria corre a cargo de la empresa de los precios que ellos fijen. Por lo tanto, para el precio final, habría que añadir ese precio fijo a la mano de obra del diseño.

Sin embargo, puesto que conocemos los precios del material con el que se va a fabricar, y la cantidad de material que se utiliza, podemos hacer una estimación de la maquinaria y mano de obra que se utiliza (ya que anteriormente se ha hecho el presupuesto detallado como si fuésemos una empresa) y vamos a tener en cuenta que es de 40,00 € y un beneficio de 40,00 € por impresión de cada diseño.

Así pues, se puede observar el siguiente presupuesto:

<b>MATERIA PRIMA</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
11P	Elasto Plastic	cm <sup>3</sup>	156,7156	0,42	65,8206
<b>TOTAL</b>					65,8206 €



<b>MANO DE OBRA PARA 1 PIEZA</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03O11	Diseño de la zapatilla	h	320	15	4.800,00
<b>TOTAL</b>					4.800,00 €
<b>MANO DE OBRA PARA 1.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03O12	Diseño de la zapatilla	h	320	0,015	4,80
<b>TOTAL</b>					4,800 €
<b>MANO DE OBRA PARA 10.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03O13	Diseño de la zapatilla	h	320	0,0015	0,480
<b>TOTAL</b>					0,480 €
<b>MANO DE OBRA PARA 100.000 PIEZAS</b>					
<b>Ref.</b>	<b>Denominación</b>	<b>Ud.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Pre. Unitario</b>	<b>Pre. Parcial</b>
03O14	Diseño de la zapatilla	h	320	0,00015	0,048
<b>TOTAL</b>					0,048 €

A continuación se muestran los precios totales de fabricación para los diferentes lotes de piezas teniendo en cuenta los procesos de fabricación (material, maquinaria y mano de obra):

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA</b>	4.945,8206 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 1.000 PIEZAS</b>	150,6206 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 10.000 PIEZAS</b>	146,3006 €
<b>TOTAL UNITARIO PARA 100.000 PIEZAS</b>	145,8686 €

A continuación se muestran los precios finales teniendo en cuenta el beneficio, precio de oferta e IVA para los diferentes lotes:

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1 PIEZA</b>		4.945,8206 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15 %</b>	5.687,6937 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	6.370,2169 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>7.707,9625 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 1.000 PIEZAS</b>		150,6206 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	173,2137 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	193,9993 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>234,7392 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 10.000 PIEZAS</b>		146,3006 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	168,2459 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	188,4351 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>228,0066 €</b>

<b>TOTAL UNITARIO PARA 100.000 PIEZAS</b>		145,8686 €
<b>BENEFICIO</b>	<b>15%</b>	167,7489 €
<b>PRECIO OFERTA</b>	<b>12%</b>	187,8788 €
<b>IVA</b>	<b>21%</b>	<b>227,3332 €</b>

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Para realizar la bibliografía de este proyecto, se va a dividir en cuatro partes para poder diferenciar más rápidamente a qué están hechas estas referencias.

### 6.1 Referencias por contenido

Para hacer referencias para todo el contenido o información relevante para este proyecto se han utilizado un libro de la Escuela y una página web:

- Libro: “[Diseño de calzado – Choklat Aki](#)”  
“[Utilización de la tecnología del sinterizado selectivo por láser en el sector del juguete - Ana María Sánchez Reche y María Angeles Bonet Aracil](#)”  
“[Un mundo de posibilidades. Impresión 3D y creación de maquetas a escala - Artemisa Espinosa Olivares](#)”
- Página web: <http://www.probaile.com/content/7-como-saber-tu-talla-zapatos-de-baile>
- Impresora 3D SLS: <http://tallerdesoluciones.blogs.inti.gob.ar/tag/metales-sinterizados/>
- Shapeways: <http://www.shapeways.com/>

## 6.2 Referencias de imágenes

De igual forma que en la búsqueda de mercado se ha dividido en cuatro partes, ésta la dividiremos también para facilitar mejor la búsqueda:

### *6.2.1 Referentes calzado en impresoras 3D*

- [http://i.blogs.es/63a893/650\\_1000\\_zapatos3d/650\\_1200.jpg](http://i.blogs.es/63a893/650_1000_zapatos3d/650_1200.jpg)
- [http://rascomras.com/blog/wp-content/uploads/2013/11/9\\_0.jpg](http://rascomras.com/blog/wp-content/uploads/2013/11/9_0.jpg)
- [http://gumcam.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Zapatos\\_impresion3D.jpg](http://gumcam.org/blog/wp-content/uploads/2014/02/Zapatos_impresion3D.jpg)
- <http://i.blogs.es/a51651/adidas1/original.jpg>
- <http://www.imprimalia3d.com/sites/default/files/news/united-feat.jpg>
- [https://www.visualnews.com/wp-content/uploads/2015/04/Ilabo\\_Ross-Lovegrove\\_United-Nude-shoes.jpg](https://www.visualnews.com/wp-content/uploads/2015/04/Ilabo_Ross-Lovegrove_United-Nude-shoes.jpg)
- [http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/re-inventing\\_shoes\\_01.png](http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/re-inventing_shoes_01.png)
- <http://img.bezzia.com/wp-content/uploads/2015/05/zapatillas-3d.jpg>
- [http://farm6.staticflickr.com/5474/9557095601\\_5a175d5498\\_o.jpg](http://farm6.staticflickr.com/5474/9557095601_5a175d5498_o.jpg)
- [http://www.industrie.com/it/mediatheque/9/2/0/000028029\\_illustration\\_large.jpg](http://www.industrie.com/it/mediatheque/9/2/0/000028029_illustration_large.jpg)

### *6.2.2 Referentes en calzado en impresoras 3D Nike*

- [http://1.bp.blogspot.com/-j9q5KUE16uM/UmPVUqGIFGI/AAAAAAAAABc/6nPRAcx0Vo/s1600/botin-usara-Cristiano-Ronaldo-Marca\\_OLEIMA20101028\\_0077\\_13.jpg](http://1.bp.blogspot.com/-j9q5KUE16uM/UmPVUqGIFGI/AAAAAAAAABc/6nPRAcx0Vo/s1600/botin-usara-Cristiano-Ronaldo-Marca_OLEIMA20101028_0077_13.jpg)
- [http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/styles/fullcontent/public/novedades/nike\\_impresora\\_3d.jpg?itok=AW2Ra81](http://cdn3.computerhoy.com/sites/computerhoy.com/files/styles/fullcontent/public/novedades/nike_impresora_3d.jpg?itok=AW2Ra81)
- <http://4.bp.blogspot.com/-hna1F4dnF0/Ubdn9ZQXkyl/AAAAAAAAAF2E/Yf6jBI-C9eY/s1600/new-balance-3d-printed-1.jpg>
- <http://www.xataka.com/makers/en-nike-creen-que-la-impresion-3d-te-permitira-imprimirte-tus-zapatillas-y-quieren-ayudarte-a-ello>
- [http://www.reasonwhy.es/sites/default/files/nike-zapatilla-reasonwhy.es\\_.jpg?itok=rL02Gk54](http://www.reasonwhy.es/sites/default/files/nike-zapatilla-reasonwhy.es_.jpg?itok=rL02Gk54)
- <http://188.165.162.97/wp-content/uploads/2014/10/image2-e1402951873403.jpeg>

### *6.2.3 Calzado en impresoras 3D con material elástico*

- <http://actualidadwatch.com/wp-content/uploads/2014/07/ipod-nano-reloj.jpg>
- [http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/1/13/Materiales\\_flexibles.jpg/450px-Materiales\\_flexibles.jpg](http://wiki.ikaslab.org/images/thumb/1/13/Materiales_flexibles.jpg/450px-Materiales_flexibles.jpg)
- <http://enthings.com/wp-content/uploads/2014/04/ninjaxflex-soporte-pulsera.jpg>
- <http://colido.es/wp-content/uploads/2013/11/movil-funda.jpg>
- <http://i2.wp.com/cdn.makezine.com/uploads/2014/11/ninjaxflex-crush.jpg?resize=620%2C465>
- [http://img1.yeggi.com/images\\_q/946551/sneakers-i-by-recreus-3d-model-%E3-](http://img1.yeggi.com/images_q/946551/sneakers-i-by-recreus-3d-model-%E3-)
- [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0376/9913/products/3D-Printer-3D-Printing-Flexible-TPU-Polyurethane-Filament-Canada-1\\_large.jpg?v=1448604183](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0376/9913/products/3D-Printer-3D-Printing-Flexible-TPU-Polyurethane-Filament-Canada-1_large.jpg?v=1448604183)

### *6.2.4 Cangrejas/Zapatillas de agua*

- <http://www.deporstock.com/zapatilla-de-agua--agua-sock-8- nike310225-431 calzado comprar>
- <http://www.campz.es/393325.html>
- [http://zapanines.blogspot.com.es/2014\\_04\\_01\\_archive.html](http://zapanines.blogspot.com.es/2014_04_01_archive.html)
- [http://www.igorshop.es/sandalias-cangrejas-tobby-peppa-pig-fucsia\\_439](http://www.igorshop.es/sandalias-cangrejas-tobby-peppa-pig-fucsia_439)
- [https://http2.mlstatic.com/zapatillas-para-agua-D\\_NQ\\_NP\\_7128-MLA5175232561\\_102013-F.jpg](https://http2.mlstatic.com/zapatillas-para-agua-D_NQ_NP_7128-MLA5175232561_102013-F.jpg)
- [http://i.ebayimg.com/00/s/ODAwWDgwMA==/z/~EYAAOSwo6lWL2zH/\\$\\_3\\_5.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/ODAwWDgwMA==/z/~EYAAOSwo6lWL2zH/$_3_5.JPG)
- [http://mla-s2-p.mlstatic.com/645111-MLA20492050965\\_112015-Y.jpg](http://mla-s2-p.mlstatic.com/645111-MLA20492050965_112015-Y.jpg)
- <http://g02.a.alicdn.com/kf/HTB1Yo5yJpXXXXcMXVXXq6xXFXXX0/Nuevo-verano-para-hombre-de-las-zapatillas-para-mujer-zapatos-del-deporte-atl%C3%A9tico-Walking-2015-Outdoor.jpg>
- <http://ofertasparadeportes.es/image/cache/data/fashy/fashy-aqua-walker-7103-zapatillas-deportivas-de-agua-unisex-color-azul-talla-42-43-B0038311KY-500x500.jpg>
- [http://images.internetstores.de/products//392362/02/d27c9b/adidas climacool Jawpaw Lace Shoes Men core black vista grey s15 silver met\[1000x700\].jpg?forceSize=true&forceAspectRatio=true](http://images.internetstores.de/products//392362/02/d27c9b/adidas climacool Jawpaw Lace Shoes Men core black vista grey s15 silver met[1000x700].jpg?forceSize=true&forceAspectRatio=true)



### 6.3 Referencias de procesos de fabricación

Para los procesos de fabricación de impresión 3D: Sinterizado selectivo láser, Modelado por deposición fundida, Estereolitografía y ColorJet, se ha utilizado las siguientes fuentes de información (tanto de fuentes de información como de las imágenes):

- <http://www.3dnatives.com/es/sinterizado-selectivo-por-laser-les-explicamos-todo/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Sinterizado\\_selectivo\\_por\\_l%C3%A1ser](https://es.wikipedia.org/wiki/Sinterizado_selectivo_por_l%C3%A1ser)
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_por\\_deposici%C3%B3n\\_fundida](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_por_deposici%C3%B3n_fundida)
- <http://www.stratasys.com/es/impresoras-3d/technologies/fdm-technology>
- <https://tfmrimuned.files.wordpress.com/2012/04/fdm-nuevo.jpg>
- <http://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>
- <http://www.3dnatives.com/es/wp-content/uploads/sites/4/sla.png>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Estereolitograf%C3%ADa>
- <http://www.trdimension.com/colorjet>

## 6.4 Estudio del pie

Para poder realizar el estudio del pie más detallado, y poder analizar el pie en los diferentes estados (con presión, en reposo o en diferentes alturas, incluso con el pie en un zapato de tacón), se han utilizado las diferentes imágenes y/o radiografías obtenidas de internet:

- <http://www.antonio-barcelona.com/sites/default/files/radiografia-pie-en-zapato-de-tacon-1%20-%20copia.jpg>
- <http://static1.squarespace.com/static/548f5648e4b010469cd6a39b/t/5659bf02e4b0c668da5ed5ec/1448722182207/>
- [http://i.blogs.es/3184be/tobillo\\_radiografia/650\\_1200.jpg](http://i.blogs.es/3184be/tobillo_radiografia/650_1200.jpg)
- <https://1.bp.blogspot.com/-lqm7N4HxDsA/Uyp9IDx6FUI/AAAAAAAAACTk/kC6GvsGJMJ8/s400/1.jpg>