



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutora:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL

INDICE GENERAL

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutora:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022

ÍNDICE MEMORIA

<u>1</u>HOJA DE IDENTIFICACIÓN:	3
<u>2</u>RESUMEN:	4
<u>3</u>ABSTRACT:	4
<u>4</u>OBJETO Y ALCANCE:	5
<u>5</u>ANTECEDENTES:	6
<u>6</u>NORMATIVA	7
<u>7</u>DEFINICIONES	7
<u>8</u>REFERENCIAS	8
<u>9</u>MARCO TEÓRICO / ESTUDIO PREVIO	11
<u>9.1</u>ANATOMÍA DE LA MANO	11
<u>9.1.1</u>Anatomía osteoarticular [3]	11
<u>9.1.2</u>Anatomía Ligamentaria	12
<u>9.1.3</u>Anatomía Músculotendinosa	13
<u>9.2</u>MOVIMIENTOS ARTICULARES DE LA MANO	13
<u>9.2.1</u>Movimientos de la muñeca	13
<u>9.2.2</u>Tipos de agarre	16
<u>9.3</u>ANTROPOMETRÍA	18
<u>9.4</u>TIPOS DE PRÓTESIS DE MANO	20
<u>10</u>IMPRESIÓN 3D	24
<u>10.1</u>CONCEPTO GENERAL	24
<u>10.2</u>VENTAJAS Y DESVENTAJAS	24
<u>10.3</u>TIPOS DE IMPRESIÓN 3D	26
<u>11</u>REQUISITOS DEL DISEÑO	28
<u>12</u>DISEÑO	31
<u>12.1</u>INTRODUCCIÓN	31
<u>12.2</u>DESCRIPCIÓN DE LA PRÓTESIS	32
<u>12.3</u>DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PRÓTESIS	33
<u>12.3.1</u>Palma de la mano	33
<u>12.3.2</u>Dedos	35

12.3.3Antebrazo	42
12.3.4Mecanismo	43
12.3.5Montaje	47
13ESTUDIO DE LOS DIFERENTES MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO	48
13.1.1EI PLA	49
13.1.2. ABS	50
13.1.3PETG	51
13.2COMPARACIÓN DE MATERIALES	52
14RESUMEN DEL PRESUPUESTO	54

ANEXO I: ANÁLISIS DE TENSIONES Y DEFORMACIONES

1.INTRODUCCIÓN	57
2.ESTUDIO EN LOS DEDOS	58
3.ESTUDIO EN LOS MECANISMOS	62
3.1.MECANISMO DEDO PULGAR	62
3.2.MECANISMO DEDOS	63

PLANOS.

01.00.00s CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL

01.00.01 PLANO ANTEBRAZO

01.00.02 PLANO PALMA DE LA MANO

01.01.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

 01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ÍNDICE

 01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD ÍNDICE

01.02.00s SUBCONJUNTO DEDO CORAZÓN

 01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO CORAZÓN

 01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD CORAZÓN

01.03.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ANULAR

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD ANULAR

01.04.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO MEÑIQUE

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD MEÑIQUE

01.00.03 PLANO: DEDO PULGAR

01.05.00s SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR

01.05.01 PLANO: MANIVELA PEQUEÑA

01.05.02 PLANO: PASANTE DEDO PULGAR A MANO

01.05.03 PLANO: PASANTE DEDO PULGAR ANTEBRAZO

01.06.00s SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDOS

01.06.01 PLANO: MANIVELA GRANDE

01.06.02 PLANO: PASANTE ANTEBRAZO A MANIVELA GRANDE

01.06.03 PLANO: PASANTE MANIVELA GRANDE A BIELA

01.06.01 PLANO: BIELA

01.06.02 PLANO: PASANTE BIELA A ARCO DE DEDOS

01.06.03 PLANO: ARCO DE DEDOS

01.00.04 PLANO: PASANTE ANTEBRAZO

01.00.5 PLANO: PASANTE DEDOS 1

01.00.06 PLANO: PASANTE DEDOS 2

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PRÓTESIS MIOELÉCTRICA FUENTE: MEDIPRAX.M	6
FIGURA 2: PRÓTESIS ESTÉTICA FUENTE: MEDICALEXPO	6
FIGURA 3: HUESOS DE LA MANO FUENTE: STANFORD CHILDREN´S	12
FIGURA 4: LIGAMENTO DE LA MANO FUENTE: EL PORTAL DE LA SALUD	12

FIGURA 5: MÚSCULOS DE LA MANO FUENTE: CURIOSOANDO.....	13
FIGURA 6: MOVIMIENTO DE FLEXIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	14
FIGURA 7: MOVIMIENTO DE EXTENSIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	14
FIGURA 8: MOVIMIENTO DE ADUCCIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	15
FIGURA 9: MOVIMIENTO DE ABDUCCIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	15
FIGURA 10: MOVIMIENTO DE PRONACIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	16
FIGURA 11: MOVIMIENTO DE SUPINACIÓN FUENTE: JCTRaining.WEBNODE	16
FIGURA 12: AGARRE CILÍNDRICO FUENTE: INTEREMPRESAS.NET.....	17
FIGURA 13: AGARRE PINZA FUENTE: INTEREMPRESAS.NET	17
FIGURA 14: AGARRE ESFÉRICO FUENTE: INTEREMPRESAS.NET.....	17
FIGURA 15: AGARRE GANCHO FUENTE: INTEREMPRESAS.NET.....	18
FIGURA 16: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE:ESTRUCPLAN	18
FIGURA 17: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE: ESTRUCPLAN	19
FIGURA 18: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE:ESTRUCPLAN	20
FIGURA 19: PRÓTESIS ESTÉTICA FUENTE: MEDICALEXPO.....	21
FIGURA 20: PRÓTESIS MECÁNICA FUENTE: MEDIPRAX.....	22
FIGURA 21: PRÓTESIS MIOELÉCTRICA FUENTE: INVESTIGACIÓN.PUCP.EDU.PE	23
FIGURA 22: PRÓTESIS HÍBRIDA FUENTE: ARCESW.COM	23
FIGURA 23: IMPRESORA 3D FUENTE: ELESpanol.....	24
FIGURA 24: IMPRESIÓN 3D FUENTE: AUDIENCIAELECTRONICA.NET	25
FIGURA 25: FDM FUENTE: 3DNATIVES.....	27
FIGURA 26: SLA FUENTE: 3DNATIVES.....	28
FIGURA 27: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE:ESTRUCPLAN	29
FIGURA 28: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE: ESTRUCPLAN	30
FIGURA 29: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE:ESTRUCPLAN	31
FIGURA 30: DISEÑO INICIAL DE LA PALMA DE LA MANO (1) FUENTE: PROPIA	34
FIGURA 31: DISEÑO INICIAL DE LA PALMA DE LA MANO (2) FUENTE: PROPIA	34
FIGURA 32: DISEÑO FINAL DE LA PALMA DE LA MANO FUENTE: PROPIA	35
FIGURA 33: DISEÑO DEDOS (1) FUENTE: PROPIA.....	36

<u>FIGURA 34: DISEÑO DEDOS (2) FUENTE: PROPIA</u>	36
<u>FIGURA 35: DISEÑO DEDOS (3) FUENTE: PROPIA</u>	37
<u>FIGURA 36: DISEÑO INICIAL DEL DEDO PULGAR FUENTE: PROPIA</u>	37
<u>FIGURA 37: DISEÑO DEDO PULGAR (PROBLEMA DEL PRIMER PROTOTIPO) FUENTE: PROPIA</u>	38
<u>FIGURA 38: NUEVO DISEÑO DEL DEDO PULGAR (1) FUENTE: PROPIA</u>	38
<u>FIGURA 39: NUEVO DISEÑO DEL DEDO PULGAR (2) FUENTE: PROPIA</u>	39
<u>FIGURA 40: NUEVO DISEÑO DEL DEDO PULGAR (3) FUENTE: PROPIA</u>	39
<u>FIGURA 41: NUEVO DISEÑO DEL DEDO PULGAR (4) FUENTE: PROPIA</u>	40
<u>FIGURA 42: NUEVO DISEÑO DEL DEDO PULGAR (5) FUENTE: PROPIA</u>	40
<u>FIGURA 43: DISEÑO DEL DEDO PULGAR (MODIFICACIÓN BASE DEL DEDO) FUENTE: PROPIA</u>	41
<u>FIGURA 44: DISEÑO FINAL DEL DEDO PULGAR FUENTE: PROPIA</u>	41
<u>FIGURA 45: DISEÑO FINAL DEL DEDO PULGAR (MOVIMIENTO) FUENTE: PROPIA</u>	42
<u>FIGURA 46: DISEÑO DEL ANTEBRAZO FUENTE: PROPIA</u>	42
<u>FIGURA 47: DISEÑO MECANISMO DEDO PULGAR FUENTE: PROPIA</u>	43
<u>FIGURA 48: DISEÑO MECANISMO DE MOVIMIENTO DEL DEDO PULGAR FUENTE: PROPIA</u>	44
<u>FIGURA 49: DISEÑO DEL MECANISMO DE LOS DEDOS 1 FUENTE: PROPIA</u>	45
<u>FIGURA 50: DISEÑO DEL MECANISMO DE LOS DEDOS 2 FUENTE: PROPIA</u>	45
<u>FIGURA 51: MOVIMIENTO DE MECANISMO FUENTE: PROPIA</u>	46
<u>FIGURA 52: MOVIMIENTO DE LOS DEDOS FUENTE: PROPIA</u>	47
<u>FIGURA 53: MONTAJE DE LA PRÓTESIS DE MANO FUENTE: PROPIA</u>	48
<u>FIGURA 54: PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PLA FUENTE:DIMA3D</u>	49
<u>FIGURA 55: PLA FUENTE:3DNATIVES</u>	50
<u>FIGURA 56: ABS FUENTE: RSPMMEXICO</u>	51
<u>FIGURA 57: PETG FUENTE: ARTEPLASTICA</u>	52
<u>FIGURA 58: PROPIEDADES DEL PLA FUENTE: PROPIA</u>	58
<u>FIGURA 59: TENSIÓN VON MISES 2º FALANGE FUENTE: PROPIA</u>	59
<u>FIGURA 60: DESPLAZAMIENTO 2º FALANGE FUENTE: PROPIA</u>	60
<u>FIGURA 61: TENSIÓN VON MISES DEDO CORAZÓN FUENTE: PROPIA</u>	61
<u>FIGURA 62: DESPLAZAMIENTO DEDO CORAZÓN FUENTE: PROPIA</u>	61

FIGURA 63: TENSION VON MISES BIELA DEDO PULGAR (1) FUENTE: PROPIA.....	63
FIGURA 64: TENSION VON MISES BIELA DEDO PULGAR (2) FUENTE: PROPIA.....	63
FIGURA 65: TENSION VON MISES MECANISMO DEDOS (1) FUENTE: PROPIA.....	64
FIGURA 66: TENSION VON MISES MECANISMO DEDOS (2) FUENTE: PROPIA.....	64

ÍNDICE TABLAS

TABLA 1: PARTES DE LA MANO A MEDIR FUENTE: ESTRUCTPLAN.....	18
TABLA 2: PARTES DE LA MANO A MEDIR FUENTE: ESTRUCTPLAN.....	19
TABLA 3: PARTES DE LA MANO A MEDIR FUENTE: ESTRUCTPLAN.....	19
TABLA 4: TIPOS DE IMPRESIÓN 3D FUENTE: RECIBLA3DPLABS	25
TABLA 5: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE: PROPIA	29
TABLA 6: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE: PROPIA	29
TABLA 7: MEDIDAS DE LA MANO FUENTE: PROPIA	29
TABLA 8: ÍNDICE DE LA TABLA DE LOS MATERIALES FUENTE: PROPIA	49
TABLA 9: COMPARACIÓN DE LOS DIFERENTES MATERIALES FUENTE: PROPIA	50



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL

MEMORIA

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutora:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022

ÍNDICE

<u>1</u>HOJA DE IDENTIFICACIÓN:	3
<u>2</u>RESUMEN:	4
<u>3</u>ABSTRACT:	4
<u>4</u>OBJETO Y ALCANCE:	5
<u>5</u>ANTECEDENTES:	6
<u>6</u>NORMATIVA	7
<u>7</u>DEFINICIONES	7
<u>8</u>REFERENCIAS	8
<u>9</u>MARCO TEÓRICO / ESTUDIO PREVIO	11
<u>9.1</u> ANATOMÍA DE LA MANO.....	11
<u>9.1.1</u> Anatomía osteoarticular [3].....	11
<u>9.1.2</u> Anatomía Ligamentaria.....	12
<u>9.1.3</u> Anatomía Músculotendinosa.....	13
<u>9.2</u> MOVIMIENTOS ARTICULARES DE LA MANO	13
<u>9.2.1</u> Movimientos de la muñeca.....	13
<u>9.2.2</u> Tipos de agarre.....	16
<u>9.3</u> ANTROPOMETRÍA	18
<u>9.4</u> TIPOS DE PRÓTESIS DE MANO.....	20
<u>10</u>IMPRESIÓN 3D	24
<u>10.1</u> CONCEPTO GENERAL.....	24
<u>10.2</u> VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	24
<u>10.3</u> TIPOS DE IMPRESIÓN 3D.....	26
<u>11</u>REQUISITOS DEL DISEÑO	28
<u>12</u>DISEÑO	31
<u>12.1</u> INTRODUCCIÓN	31
<u>12.2</u> DESCRIPCIÓN DE LA PRÓTESIS.....	32

<u>12.3 DISEÑO DE LOS COMPONENTES DE LA PRÓTESIS</u>	33
<u>12.3.1 Palma de la mano</u>	33
<u>12.3.2 Dedos</u>	35
<u>12.3.3 Antebrazo</u>	42
<u>12.3.4 Mecanismo</u>	43
<u>12.3.5 Montaje</u>	47
<u>13 ESTUDIO DE LOS DIFERENTES MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO</u>	48
<u>13.1.1 El PLA</u>	49
<u>13.1.2. ABS</u>	50
<u>13.1.3 PETG</u>	51
<u>13.2 COMPARACIÓN DE MATERIALES</u>	52
<u>14 RESUMEN DEL PRESUPUESTO</u>	54

1 Hoja de identificación:

TÍTULO DEL PROYECTO:	Diseño de mecanismo de prótesis manual
GRADO:	Ingeniería Mecánica
AUTOR:	Daniel Pérez Martín
TITULACIÓN:	Grado en Ingeniería Mecánica
DNI:	43833772-G
EMAIL:	Alu0101029214@ull.edu.es
TUTORA:	Rosa E. Navarro Trujillo Área de Expresión Gráfica en Ingeniería

2 Resumen:

El presente trabajo de Fin de Grado trata de un diseño de prótesis para la extremidad superior que cumpla con los requisitos del usuario.

Con el paso del tiempo los conocimientos y tecnologías van evolucionando, ayudando en gran medida a hacer la vida más sencilla. Este proyecto trata de cumplir ese fin, teniendo en cuenta la impresión 3D, la cual ayuda a que cada uno de los componentes, de la prótesis diseñados se pueda realizar en cuestión de pocas horas y de manera independiente, lo que reducirá el tiempo de espera del usuario y podrá simplificar la reparación o sustitución del componente, al tiempo que abarata los costes de los mismos.

La motivación para realizar este trabajo viene impulsada por la idea de que cualquier persona pueda disponer de su prótesis, debido a que actualmente la mayoría de estas son caras y sus posibles reparaciones requieren de un largo periodo de tiempo. Por ello se pretende conseguir soluciones viables, prácticas y accesible para cualquier usuario.

3 Abstract:

This Final Degree Project is about a prosthesis design for the upper extremity that meets the user's requirements.

During the last decades, knowledge and technologies evolve, greatly helping to make life easier. This project tries to fulfill that purpose, taking into account 3D printing, which helps each of the components of the designed prosthesis to be made in a matter of a few hours and

independently, which will reduce the waiting time. Also, you can simplify the repair or replacement of the component, while lowering their costs.

The motivation to carry out this work is driven by the idea that anyone can have their own prosthesis, since most of these are currently expensive and their possible repairs require a long period of time. Therefore, it is intended to achieve viable, practical and accessible solutions for any user.

4 Objeto y alcance:

El presente trabajo tiene como objeto la realización del diseño de un mecanismo de prótesis manual. Con el fin de conseguir el mismo, se propone:

- Estudiar y diseñar el modelo de la prótesis de extremidad superior, para poder simular de forma manual el movimiento de los dedos.
- Realizar los elementos que componen dicho diseño 3D, mediante SolidWorks, obteniendo a su vez los planos de taller y conjunto.
- Seleccionar los materiales más adecuados para la fabricación del modelo, haciendo uso de la impresión 3D.
- Estimar el coste que conllevaría una prótesis de este estilo

5 Antecedentes:

Las manos son el principal instrumento para el manejo, e información táctil, del entorno, por ello la prótesis manual es el mecanismo para amputados con mayor demanda.

En la constante evolución de la tecnología los científicos han innovado y creado nuevas prótesis humanas a fin de satisfacer las necesidades de aquellos que han perdido una parte de su cuerpo.

Hay diferentes tipos de prótesis para la mano, ya sea simplemente estética o las más avanzadas, como las mioeléctricas [1]. Aun así, dependiendo de su funcionalidad, materiales y estética, el precio de estas oscila entre los 10.000€ y 60.000€ las más avanzadas.



Figura 1: Prótesis mioeléctrica Fuente: mediprax.m



Figura 2: Prótesis estética Fuente: medicalexpo

6 Normativa

-ISO 22523: Prótesis de miembros y ortesis externos. Requisitos y métodos de ensayo.

-ISO 13405-1: Prótesis y órtesis. Especifica un medio de clasificación de los componentes de las extremidades prótesis y su construcción.

-ISO 13405-3: Prótesis y órtesis. Clasificación y descripción de componentes protésicos.

-UNE 1039: Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.

-UNE 157001: Criterios generales para la elaboración de proyectos.

-Norma IEEE: Estilo de cita y elaboración de bibliografía según el Institute of Electrical and Electronics Engineers

-UNE 50132: Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos.

7 Definiciones

[1] Mioeléctrico: se aplica a la prótesis que sustituye a un músculo y tiene un funcionamiento eléctrico.

[2] STL: (siglas provenientes del inglés "STereoLithography") es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD.

[3] Anatomía osteoarticular: Es una sucesión compleja de huesos que protegen partes del cuerpo.

[4] PMMA: Es un polímero termoplástico altamente transparente. Debido a sus propiedades, destaca frente a otros plásticos transparentes por su resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado. Por estas cualidades, es utilizado en la industria del automóvil como faro del coche, cosméticos, construcción y óptica, entre muchas cosas.

[5] Polietileno: También conocido como polimetileno se trata de uno de los materiales plásticos de fabricación más económica y simple. Entre sus propiedades destaca su tenacidad y flexibilidad a temperatura, además de poseer una superficie blanda y rayable.

[6] Elastómero: Son aquellos tipos de compuestos que no incluyen metales en su composición y que muestran un comportamiento elástico. La elasticidad proviene de la habilidad de las cadenas para cambiar su posición por sí mismas, retomando su posición original en cuanto deje de aplicarse la tensión.

[7] Polímero: Los polímeros son macromoléculas químicas. En su forma sintética, son la base de los plásticos. Existen polímeros naturales como la goma, la lana, la seda, o la celulosa, la cual es el componente principal de la madera y el papel.

8 Referencias

Bibliografía y recursos informativos (programas)

[1] <https://www.esmachina.com/que-es-protesis-de-mano-tipos-y-precios/>

[2] <https://www.elportaldelasalud.com/anatomia-de-la-mano/>

[3] <https://www.stanfordchildrens.org/es/topic/default?id=anatomyofthe-hand-85-P04195>

- [4] <https://www.mirandafisioterapia.com/post/2018/01/11/muneca-movimientos-y-amplitudes>
- [5] <https://mejorconsalud.as.com/articulacion-la-muneca/>
- [6] <https://www.redalyc.org/pdf/614/61411404.pdf>
- [7] <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- [9] <https://imprime3dbarato.com/las-ventajas-y-desventajas-de-la-impresion-3d/>
- [10] <https://www.msmanuals.com/es-es/professional/temas-especiales/miembro-prot%C3%A9sico/opciones-para-las-pr%C3%B3tesis-de-los-miembros>
- [11] <https://www.centroortopedicotecnologico.com/protesis-miembro-superior-t-2-es>
- [12] <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/biomecanica/biomecanica-ayuda.php>
- [13] <https://servitec3d.com/blog/tipos-de-impresoras-3d/>
- [14] <https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>
- [15] <https://recicla3dplabs.wordpress.com/2014/09/26/metodos-de-impresion-3d/>
- [16] <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-por-estereolitografia-les-explicamos-todo/>
- [17] <http://www.dima3d.com/pla-material-interes-y-consejos-de-impresion-3/>

[18] <file:///C:/Users/dani4/Downloads/Fabricacion%20de%20filamentos%20para%20impresora%203D%20a%20partir%20de%20materiales%20recicladados..pdf>

[19] <https://www.3dnatives.com/es/filamento-de-abs-impresion-3d-06062019/#!>

[20] <https://bitfab.io/es/blog/petg-impresion-3d/>

[21] <https://sites.google.com/view/poliacidolactico-coma/poli%C3%A1cido-l%C3%A1ctico/propiedades-del-pla>

[22] <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2018/09/09/analisis-de-las-propiedades-fisicoquimicas-de-materiales-polimericos-para-re-uso-en-impresiones-3d/>

[23] <https://of3lia.com/pla-vs-abs-vs-petg-comparativa/>

[24] <https://abax3dtech.com/2020/12/15/pla-y-petg-caracteristicas-diferencias-y-aplicaciones/>

[25] <https://sites.google.com/view/poliacidolactico-coma/poli%C3%A1cido-l%C3%A1ctico/propiedades-del-pla>

[26] <https://bitfab.io/es/blog/pla-vs-abs/>

[27] <https://abax3dtech.com/2020/11/20/pla-y-otros-materiales-de-impresora-3d-caracteristicas-de-filamentos/#:~:text=y%20cajas%20el%C3%A9ctricas.-.Ventajas%20y%20desventajas%20del%20filamento%20ABS%3A,de%200impresi%C3%B3n%20de%20alta%20temperatura>

[28] <https://www.3d-varius.com/es/impresion-3d-estereolitografia/>

9 Marco teórico / Estudio previo

9.1 Anatomía de la mano

La base estructural de la mano está compuesta por un complejo sistema de diferentes huesos, músculos y ligamentos interrelacionados que permiten una gran cantidad de movimientos y destrezas. Es el principal órgano de manipulación física del medio y la principal fuente de información táctil.

A continuación, se estudiará la mano humana, incluyendo en el estudio la anatomía, los movimientos de la muñeca y los tipos de agarre, para al final poder tener unas especificaciones y así realizar el diseño de la prótesis.

9.1.1 Anatomía osteoarticular [3]

Una mano está formada por 27 huesos y existen tres tipos principales:

- *Falanges*. Lo componen 14 huesos, que están en los dedos. Cada dedo tiene 3 falanges (distal, media y proximal), solamente el pulgar tiene 2.
- *Huesos metacarpianos*. Estos serían los 5 huesos que componen la parte media de la mano.
- *Huesos carpianos*. Serían los 8 huesos que forman la muñeca, conectados estos a los dos huesos del brazo (el hueso cubito y el hueso radio).

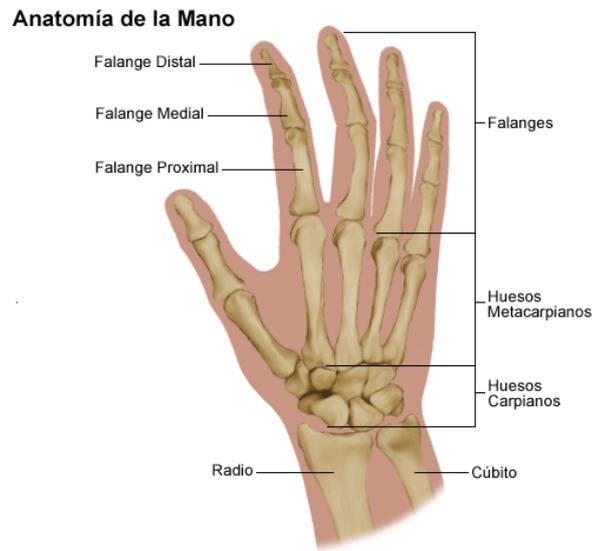


Figura 3: Huesos de la mano Fuente: Stanford Children´s

9.1.2 Anatomía Ligamentaria

Los huesos de la mano están reforzados por un grupo de ligamentos, los cuales le permiten su función. Se dividen en dos tipos: Ligamentos intrínsecos y ligamentos extrínsecos.

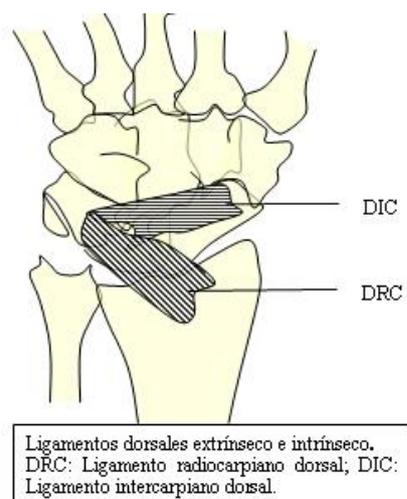


Figura 4: Ligamento de la mano Fuente: El portal de la salud

9.1.3 Anatomía Musculotendinosa

La movilidad de la mano también está formada por 40 músculos que participan para realizar los movimientos. Además, está compuesta por tendones que pueden ser flexores, extensores, pronadores (permiten girar la parte inferior de la palma hacia dentro) y supinadores (permiten el movimiento contrario de los pronadores).

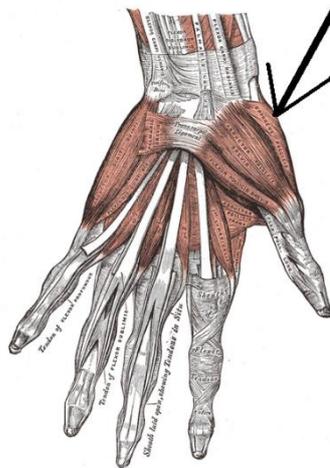


Figura 5: Músculos de la mano Fuente: curiosoando

9.2 Movimientos articulares de la mano

Para el diseño de una prótesis hay que conocer cuáles son los movimientos que la mano humana puede llegar a realizar, para así poder decidir cuáles son los indispensables que la prótesis debe tener.

La muñeca, gracias al tipo de articulación que la forma, tiene su movimiento en dos ejes. Respecto a un eje efectúa los movimientos de flexión y extensión y respecto al otro eje, realiza la aducción y la abducción.

9.2.1 Movimientos de la muñeca

- Flexión: A partir de la posición recta o neutra, la cara anterior de la mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo. Como se

puede apreciar en el dibujo, este movimiento tiene un límite de 75° aproximadamente.

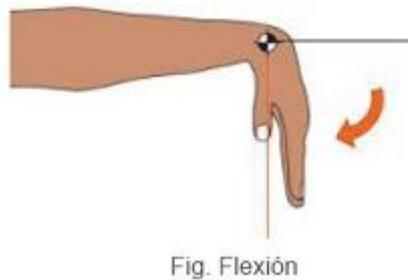


Figura 6: Movimiento de flexión Fuente: jctraining.webnode

- Extensión: Es el movimiento que permite el “dibujo” de un arco con la mano extendida, llevando la cara posterior de la mano próxima a la cara posterior del antebrazo. El ángulo de movimiento es igual al anterior.

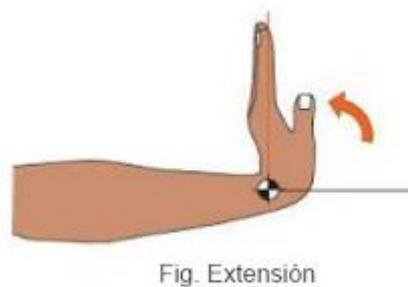


Figura 7: Movimiento de extensión Fuente: jctraining.webnode

- Aducción o inclinación cubital: Es el movimiento de la mano que se hace hacia fuera (partiendo de una posición recta). En este

caso, el movimiento se puede realizar con un grado de 30 aproximadamente.

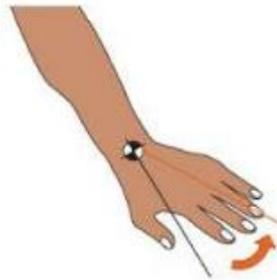


Fig. Desviación Ulnar o Cubital

Figura 8: Movimiento de aducción Fuente: jctraining.webnode

- Abducción o inclinación radial: Movimiento contrario a la aducción, la mano se aproxima al eje del cuerpo. Este movimiento tiene un límite de 20°.

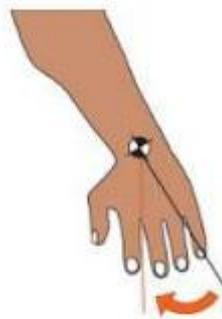


Fig. Desviación Radial

Figura 9: Movimiento de abducción Fuente: jctraining.webnode

- **Pronación:** El movimiento consiste en hacer girar el antebrazo, de tal modo que la palma de la mano quede hacia abajo.



Figura 10: Movimiento de pronación Fuente: jctraining.webnode

- **Supinación:** Consiste en girar el antebrazo haciendo que la palma de la mano quede hacia arriba.



Figura 11: Movimiento de supinación Fuente: jctraining.webnode

9.2.2 Tipos de agarre

Con el objetivo de diseñar una mano protésica y que cumpla las diferentes funciones, en este apartado se estudian los diferentes tipos de agarre de una mano hacia un objeto para realizar una tarea determinada. Existen una gran variedad de formas, pero de una manera genérica, se pueden clasificar en:

- **Agarre cilíndrico:** Se usa para sujetar objetos, como una botella de agua

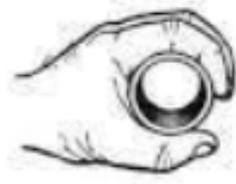


Figura 12: Agarre cilíndrico Fuente: interempresas.net

- Agarre pinza: Se usa para objetos pequeños, relativamente delgados.



Figura 13: Agarre pinza Fuente: interempresas.net

- Agarre esférico: Se emplea a la hora de sujetar objetos como una pelota o manzana.



Figura 14: Agarre esférico Fuente: interempresas.net

- Agarre gancho: Se utiliza para levantar o sujetar objetos pesados.



Figura 15: Agarre gancho Fuente: interempresas.net

9.3 Antropometría

La antropometría es el estudio de las medidas del cuerpo, en este caso se recogen las medidas más relevantes de la mano, para poder realizar la prótesis de esta.

A continuación, en las siguientes imágenes (Figura 16, Figura 17 y Figura 18) se muestran las dimensiones de la mano, necesarias a la hora de realizar la prótesis y, que serán calculadas. Estas se expresan en cm.

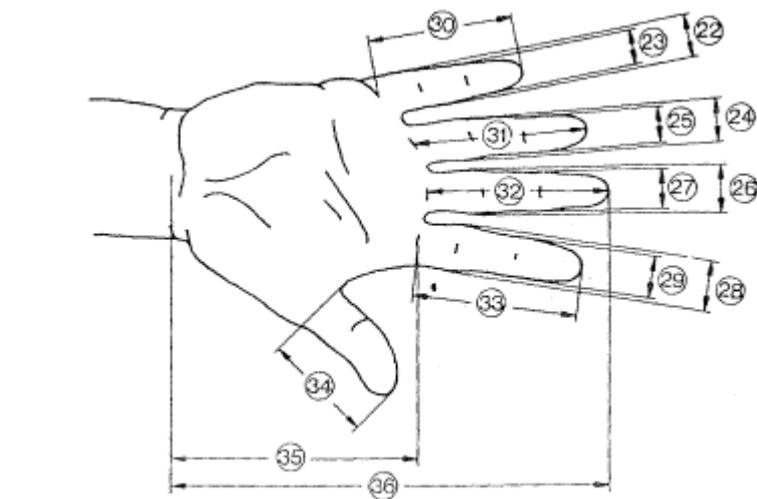


Figura 16: Medidas de la mano Fuente:estrucplan

22	Ancho del dedo meñique (1º falange)
23	Ancho del dedo meñique (2º falange)
24	Ancho del dedo anular (1º falange)
25	Ancho del dedo anular (2º falange)
26	Ancho del dedo medio (1º falange)
27	Ancho del dedo medio (2º falange)
28	Ancho del dedo índice (1º falange)
29	Ancho del dedo índice (2º falange)
30	Largo del dedo meñique
31	Largo del dedo anular
32	Largo del dedo medio
33	Largo del dedo índice
34	Largo del dedo pulgar
35	Largo de la palma de la mano

Tabla 1: Partes de la mano a medir Fuente: estrucplan



Figura 17: Medidas de la mano Fuente: estrucplan

37	Ancho del dedo pulgar
38	Grosor del dedo meñique (1º-2º falange)
	Grosor del dedo anular (1º-2º falange)
	Grosor del dedo medio (1º-2º falange)
	Grosor del dedo índice (1º-2º falange)

Tabla 2: Partes de la mano a medir Fuente: estrucplan

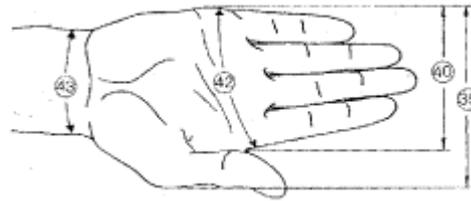


Figura 18: Medidas de la mano Fuente:estrucplan

40	Ancho de la mano
43	Ancho de la muñeca

Tabla 3: Partes de la mano a medir Fuente: estrucplan

9.4 Tipos de prótesis de mano

Este apartado se centra en el estudio de mercado de los diferentes tipos de prótesis existentes, a fin de conocer las ventajas e inconvenientes que presentan estos productos, para tener en cuenta estos datos a la hora de realizar el prototipo.

Actualmente en el mercado, las prótesis del miembro superior se dividen en dos grupos, las prótesis estéticas y las prótesis funcionales, estas últimas se clasifican en función del sistema de alimentación energética que utiliza para su funcionamiento.

- **Prótesis estéticas:**

Generalmente están diseñadas como una prótesis que intenta ser una réplica casi exacta de la otra extremidad. Estas ayudan al equilibrio, ayuda para apoyarse al realizar alguna actividad, parecen una extremidad natural, siendo las más económicas, pero no permiten el movimiento activo de la mano. Para fabricarlas se pueden utilizar tres materiales: PVC, silicona o látex. Estos materiales se caracterizan por ser muy livianos.



Figura 19: Prótesis estética Fuente: medicalexpo

- **Prótesis funcionales:**

A diferencia de las prótesis estéticas, disponen de cierta movilidad intentando suplir las funciones del miembro natural amputado para así satisfacer las necesidades de la persona.

Según los mecanismos que se utilizan para realizar el movimiento de la mano, hay diferentes tipos de prótesis funcionales:

-Prótesis de control corporal: Estas prótesis utilizan un arnés con un sistema de cables que sujeta la prótesis y utiliza el movimiento del omoplato y de la parte superior del brazo para accionar la articulación de la mano.

Este tipo de prótesis tiene limitaciones de movimiento, ya que necesitan de la energía propia y obligan a realizar movimientos de tensión para su funcionalidad, se basa en un solo movimiento (apertura y cierre de la mano), lo que significa que todos los dedos se mueven al mismo nivel y de forma dependiente.

Partes fundamentales de una prótesis
mecánica de brazo

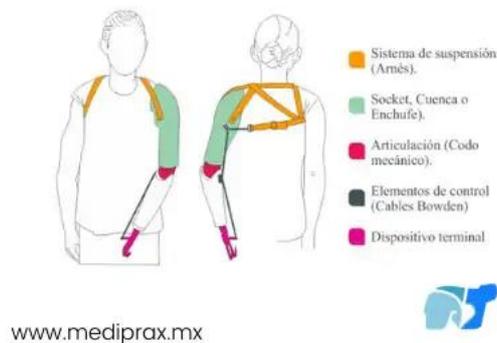


Figura 20: Prótesis mecánica Fuente: mediprax

- Prótesis mioeléctricas: Las prótesis mioeléctricas son controladas por medio de un poder externo bioeléctrico, esta basa su funcionamiento en la lectura de estas corrientes eléctricas enviando contracciones musculares. La gran ventaja de estas prótesis es que solo requiere que la persona contrae o flexiona un musculo, se produce una señal eléctrica con la que consigue controlar el movimiento del codo, muñeca y a su vez los dedos. A diferencia de las prótesis mecánicas, proporcionan una mayor fuerza de presión.

La desventaja es que estas prótesis funcionan gracias a una energía externa (batería), por lo que se tienen que realizar revisiones cada cierto tiempo para el mantenimiento y una recarga habitual. Además, hay que tener en cuenta que por su tecnología son mucho más caras que los demás tipos.

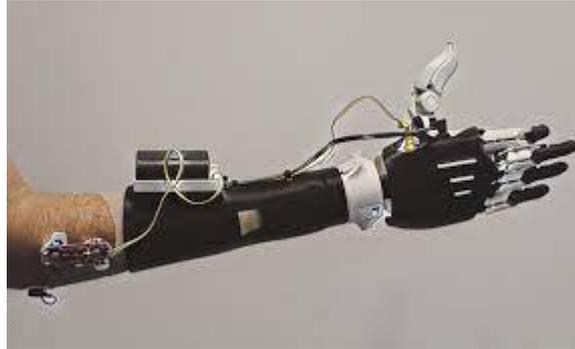


Figura 21: Prótesis mioeléctrica Fuente: investigación.pucp.edu.pe

-Prótesis híbridas: Estas prótesis son habitualmente utilizadas para personas que tienen amputaciones por arriba del codo (deficiencia transhumeral) y funcionan combinando la acción del cuerpo (mediante un movimiento mecánico se acciona el codo) y un dispositivo terminal (mano o gancho) controlado de forma mioeléctrica.



Figura 22: Prótesis híbrida Fuente: arcesw.com

10 Impresión 3D

10.1 Concepto general

La impresión 3D es una tecnología de fabricación por adición (concepto de producción en el cual el material utilizado es depositado capa a capa de manera controlada) capaz de producir un objeto tridimensional a partir de un diseño creado por un software de modelado.

Por ello, lo primero que se necesita es un archivo en algún software de modelado 3D de la pieza que se quiere replicar. Lo siguiente sería elegir el material ideal para su fabricación (generalmente se utiliza materiales termoplásticos, pero también se puede utilizar metales, polímeros o resinas) y por último la utilización de la impresora, en función de la tecnología a utilizar para llevar a cabo la impresión.



Figura 23: Impresora 3D Fuente: elespanol

10.2 Ventajas y desventajas

La utilización de las impresoras 3D no ha parado de aumentar debido a que son varias las ventajas y las mejoras que se están consiguiendo. Hasta ahora, una máquina estaba destinada para crear un tipo concreto de pieza, si el producto cambiaba, la máquina debería cambiarse también, en cambio con la impresora 3D esto no ocurre, debido a que es capaz de fabricar cientos de modelos distintos sin tener que hacer ningún cambio.

Además, la fabricación en 3D es mucho más rápida (pocas horas), se puede realizar rápidamente un prototipo y ver si esta funciona. De hecho, debido a los numerosos avances que se están produciendo, cada vez es más barato y todavía tiene un gran margen de mejora ya que no se ha alcanzado su mejor versión, por lo que sus ventajas en un futuro serían mucho mayores.

Aunque las desventajas sean muy pocas, siempre existen y la impresión 3D no es una excepción.

Los avances en la tecnología hacen que en algunos casos se pierdan puestos de trabajo debido a que están obsoletos para estos años. En el caso de la impresión 3D ocurre lo mismo, la elaboración de productos y la disminución de maquinaria puede conllevar menos puestos de trabajo.

Otro de los problemas de la impresión 3D es la vulneración de los derechos de autor, debido a que mediante un escáner se puede conseguir una réplica exacta de cualquier objeto.

Aunque todavía no es algo que ocurra con relativa frecuencia, la influencia y mejora de la impresión 3D puede provocar que se creen objetos peligrosos para usos malintencionados como son la creación de armas.

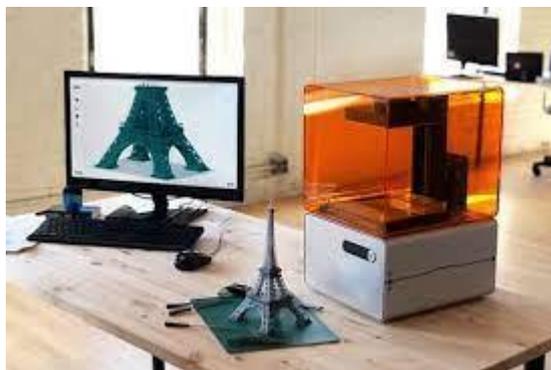


Figura 24: Impresión 3D Fuente: audienciaelectronica.net

10.3 Tipos de impresión 3D

Existen numerosos métodos para llevar a cabo la impresión 3d y sus diferencias principales se encuentran en la forma en la que las capas son usadas para crear las piezas. Mientras en unos casos se usa material fundido para producir las capas, en otros se deposita el material líquido y posteriormente la solidificación se lleva a cabo por diferentes métodos.

Generalmente el balance que se hace para elegir entre todos los tipos de impresión 3D son la velocidad, el coste del prototipo, el material deseado, entre otros.

En la tabla 4 se reflejan los diferentes tipos de impresión 3D:

Tipo	Tecnologías	Materiales
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)	Termoplásticos (por ejemplo PLA, ABS), HDPE, metales eutécticos, materiales comestibles...
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)	Casi cualquier aleación
Granulado	Sinterizado directo de metal por láser (DMLS)	Casi cualquier aleación
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SLS)	Termoplásticos, polvos metálicos, polvos cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímero
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímero

Tabla 4: Tipos de impresión 3D Fuente:recibla3dplabs

De entre los descritos en la tabla anterior, destacan 2 de ellos que son los más utilizados actualmente:

- Modelado por deposición fundida (FDM). Este proceso de fabricación consiste en el depósito de filamentos previamente extruidos formando capas de material para conformar una pieza. El material generalmente se almacena en rollos y es introducido en una boquilla que se encuentra siempre por encima de la temperatura de fusión del material utilizado. Normalmente es usado en la industria del prototipado rápido y en la fabricación rápida.

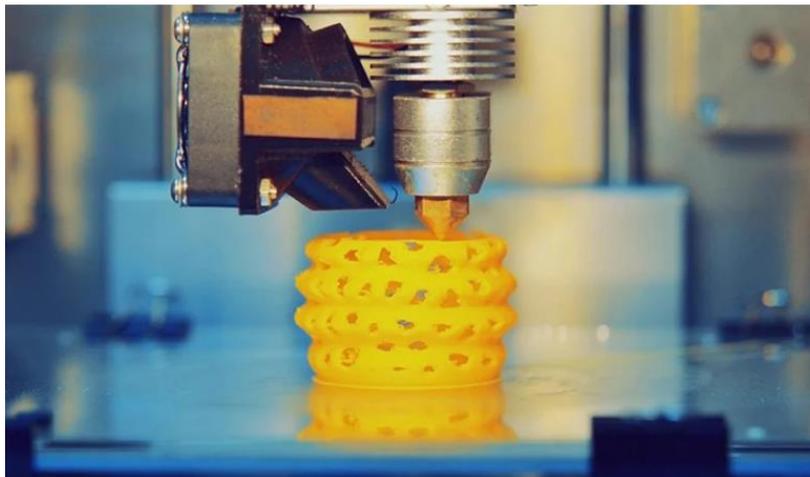


Figura 25: FDM Fuente: 3dnatives

- Estereolitografía. Es un proceso de fabricación que utiliza el principio de para crear modelos 3D a partir de resinas sensibles a los rayos ultravioleta.

En el procedimiento, la pieza es sumergida en una resina especial. En primer lugar, el láser escanea la superficie de esta (de acuerdo con el modelo proporcionado para la impresora). A continuación, se elimina el exceso de resina, y por último, el laser traza las secciones transversales creando una capa solidificada.

A partir de ahí, se realizan tantas capas como se requieran para obtener la pieza final.

Los equipos de este tipo de impresión están dotados de una plataforma móvil que se mueve una distancia equivalente al espesor de una capa cada vez que se va creando una nueva. Normalmente las piezas fabricadas mediante este método son suficientemente duras como para ser mecanizadas y tienen muy buen acabado superficial.

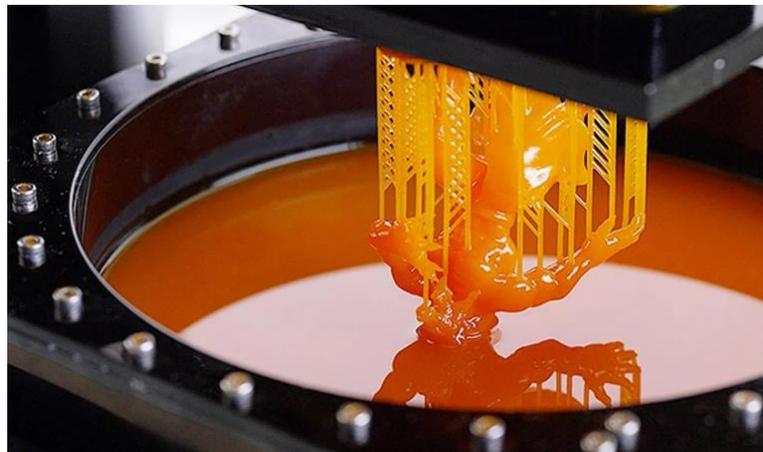


Figura 26: SLA Fuente: 3dnatives

11 Requisitos del diseño

Con el presente Trabajo Fin de Grado se pretende desarrollar una prótesis con un grado de mayor utilidad que las prótesis estéticas, teniendo en cuenta que no debe reemplazar completamente las funciones de un brazo humano, si no un mecanismo que sirva de apoyo al otro brazo.

Algunos de los requerimientos de base para la realización del diseño son:

- Manejabilidad: El uso debe ser sencillo, evitando que sea una complicación añadida a la acción sin la prótesis.

- Utilidad: Más allá de una prótesis con apariencia de mano humana, que tenga una función.
- Comodidad: Importante que sea una prótesis adecuada para el individuo y no suponga ninguna molestia.
- Precio: Uno de los principales objetivos es conseguir una prótesis de coste considerablemente inferior a los del mercado actual.

Las medidas antropométricas que se han considerado para realizar el estudio serán las del autor del TFG.

A partir de las imágenes y de las tablas indicadas en el apartado Antropometría, (Figura 16, Figura 17 y Figura 18) se han tomado las dimensiones de la mano, necesarias a la hora de realizar la prótesis. Los valores para estas dimensiones están expresados en cm.

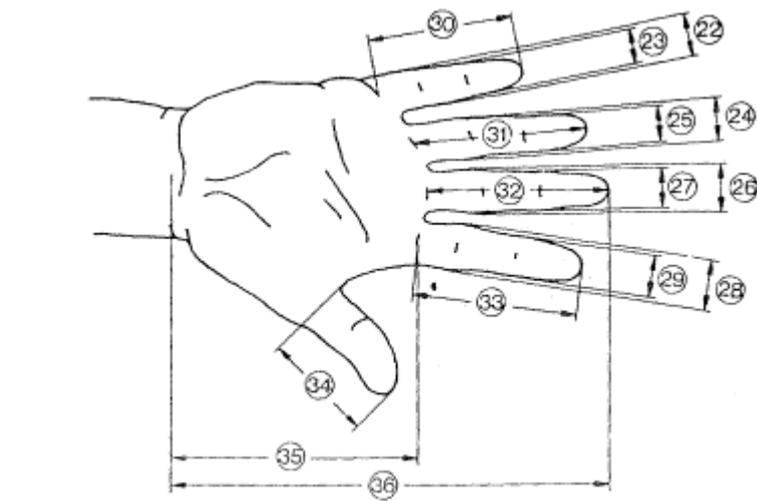


Figura 27: Medidas de la mano Fuente:estrucplan

22	Ancho del dedo meñique (1º falange)	1,6
23	Ancho del dedo meñique (2º falange)	1,5
24	Ancho del dedo anular (1º falange)	1,7
25	Ancho del dedo anular (2º falange)	1,6
26	Ancho del dedo medio (1º falange)	1,8
27	Ancho del dedo medio (2º falange)	1,7
28	Ancho del dedo índice (1º falange)	1,8
29	Ancho del dedo índice (2º falange)	1,7
30	Largo del dedo meñique	5,7
31	Largo del dedo anular	6,8
32	Largo del dedo medio	7,5
33	Largo del dedo índice	7
34	Largo del dedo pulgar	6,4
35	Largo de la palma de la mano	10

Tabla 5: Medidas de la mano Fuente: propia



Figura 28: Medidas de la mano Fuente: estrucplan

37	Ancho del dedo pulgar	2,1
38	Grosor del dedo meñique (1º-2º falange)	1,1 - 1
	Grosor del dedo anular (1º-2º falange)	1,3 - 1,2
	Grosor del dedo medio (1º-2º falange)	1,5 - 1,4
	Grosor del dedo índice (1º-2º falange)	1,4 - 1,3

Tabla 6: Medidas de la mano Fuente: propia



Figura 29: Medidas de la mano Fuente:estrucplan

40	Ancho de la mano	8,2
43	Ancho de la muñeca	5,5

Tabla 7: Medidas de la mano Fuente: propia

12 Diseño

12.1 Introducción

En este apartado se realizará el diseño de la prótesis mecánica. Como se ha comentado antes, se trata de un modelo que no necesita suplir todas las funciones de una mano, sino más bien, una prótesis que sirva de apoyo para el otro brazo. Donde la “mano” tenga la utilidad de agarre, sea una prótesis cómoda, se adapte bien, sea de sencilla utilización y tenga un precio mucho menor que las prótesis del mercado actual.

Primero se diseñará la estructura de la prótesis, posteriormente se pasará al diseño del mecanismo de movimiento, teniendo en cuenta los cálculos de fuerzas y tensiones que debe soportar la prótesis al coger un objeto.

La idea principal con respecto al diseño de la prótesis es que esta sea lo más parecida posible a una mano humana, estando formada así por los 5 dedos y sus falanges.

Como se ha explicado en anteriores apartados, este diseño de prótesis será un diseño modular, para que así cada persona pueda fabricarse su

propia prótesis con medidas que se adapten lo mejor posible a su mano. En este caso, como se comentó anteriormente para poder realizar el diseño, se han utilizado las medidas de la mano del autor del Trabajo Fin de Grado.

Finalmente se hará el estudio de los materiales y el presupuesto final de esta, debido a que depende del diseño y peso de la prótesis realizada.

12.2 Descripción de la prótesis

La prótesis que se diseñara en este Trabajo de Fin de Grado está enfocada en personas que tienen, ya sea de nacimiento o por un accidente, la amputación de los dedos de la mano. Para el diseño, se tendrá en cuenta que la persona tiene la articulación de la muñeca, movimiento imprescindible para el mecanismo de la prótesis.

Tomando en cuenta los requisitos que se han impuesto en apartados anteriores, se ha querido diseñar una prótesis diferente a las que se conocen en el mercado actual. Este modelo no pretende cumplir todos los movimientos que realiza una mano, pero si algunos básicos como el de sostener los objetos y los movimientos de abertura y cierre de la mano.

La prótesis podemos dividirla en 4 partes, que son:

- Palma de la mano y antebrazo
- Dedos
- Mecanismo para el movimiento del dedo pulgar
- Mecanismo para el movimiento de los dedos

El funcionamiento que realizara la prótesis serán los siguientes:

- La posición natural de la prótesis será abierta y se podrá sostener determinados objetos gracias a los dedos, que forman una especie de gancho.
- El prototipo podrá realizar el movimiento de flexión de los dedos, haciendo que sea posible agarrar objetos.

En el siguiente apartado, se explicará con más detalle el diseño de cada una de las partes.

12.3 Diseño de los componentes de la prótesis

12.3.1 Palma de la mano

Esta parte de la prótesis necesitó pocos cambios en el prototipo inicial, pues era una idea bastante clara y una forma muy común.

La zona central de la pieza presenta una profundidad, donde el individuo colocará su palma de la mano. Al tener esta forma, la parte frontal de la palma de la persona estará en contacto directo con cualquier objeto.

En la zona de inserción de los dedos, el planteamiento inicial resultó no ser el más adecuado debido a que los dedos, una vez realizaran la flexión se topaban con la superficie de la palma de la mano y no dejaría realizar el movimiento.

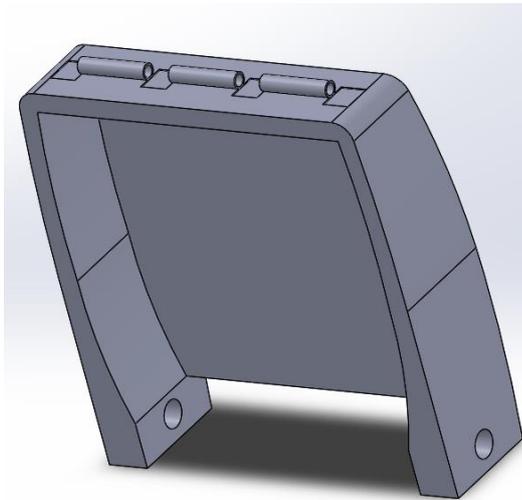


Figura 30: Diseño inicial de la palma de la mano (1) Fuente: Propia

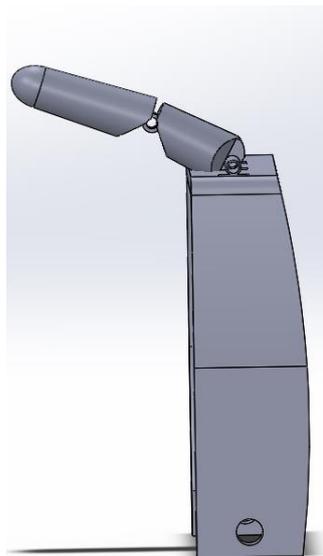


Figura 31: Diseño inicial de la palma de la mano (2) Fuente: Propia

Las modificaciones en el segundo prototipo se basaron en primer lugar en los dedos índice, anular, medio y meñique, y segundo en el dedo pulgar.

Debido al problema anteriormente explicado, se optó por realizar unas hendiduras más profundas para cada dedo y así conseguir que estos no entraran en contacto con la palma al realizar el movimiento de flexión. Además, se adelantó (hacia la parte frontal de la palma) la inserción de los

dedos, pues una vez se realizaba el movimiento, estos quedaban a una distancia muy alejada para realizar cualquier tipo de agarre.

En cuanto al dedo pulgar, puesto que va independiente con respecto a los otros dedos, se diseñó una ranura en un lateral. En esta se introduce la parte inferior del dedo, la cual estará conectada a un mecanismo (posteriormente explicado) y hará que se desplace a lo largo de la ranura.

Este es el resultado final de la palma de la mano:

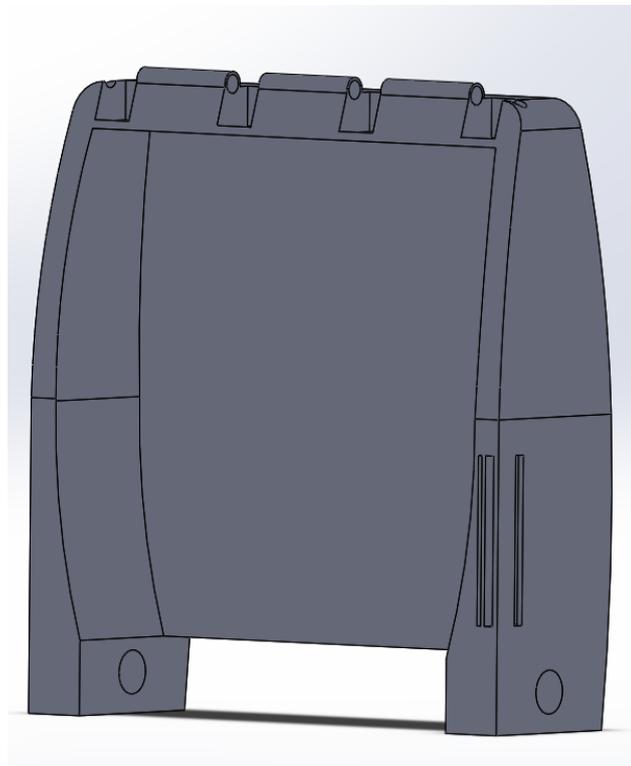


Figura 32: Diseño final de la palma de la mano Fuente: Propia

12.3.2 Dedos

Los dedos están divididos en dos falanges, debido a que bien con tres o bien con una falange no se podría realizar el movimiento del prototipo pensado.

Teniendo en cuenta las aberturas de la palma de la mano, la forma de los dedos es la que se ve en la figura 35:

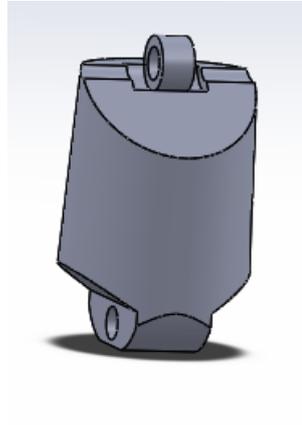


Figura 33: Diseño dedos (1) Fuente: Propia

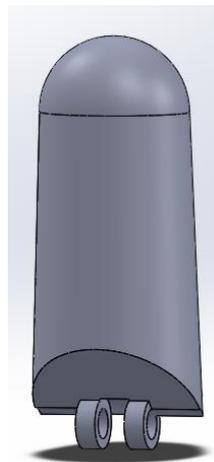


Figura 34: Diseño dedos (2) Fuente: Propia

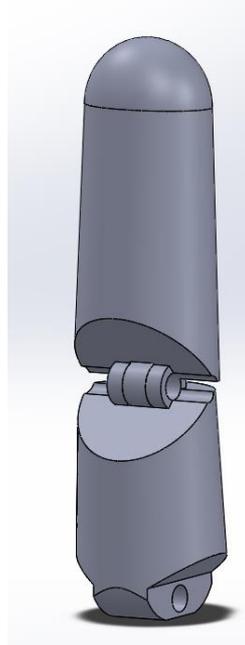


Figura 35: Diseño dedos (3) Fuente: Propia

El dedo pulgar como se dijo anteriormente va independientemente por lo que también tiene una forma diferente.

Este es uno de los componentes que presentó mayores dificultades y requirió más modificaciones hasta conseguir el diseño óptimo en relación con el movimiento buscado.

El primer diseño del dedo pulgar es el reflejado en la Figura 36:

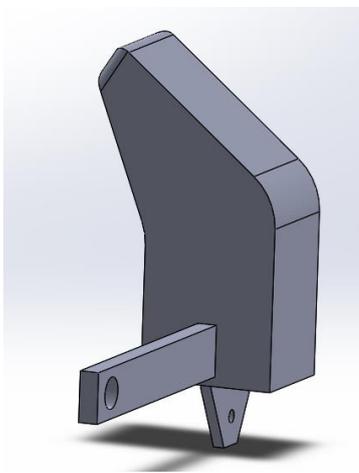


Figura 36: Diseño inicial del
dedo pulgar Fuente: Propia

Como se puede observar, tiene esa forma debido a que con dos falanges sería un mecanismo mucho más complicado de lo que se está buscando. Tiene una barra soldada en su lateral, la cual irá unida al antebrazo para que así gracias al movimiento de la muñeca, se desplace el dedo (consiguiendo “cerrar la mano”).

Este primer prototipo, al estar soldado, no permitía movimiento en la barra, por lo que al realizar el movimiento de muñeca no se podía cerrar la mano.

En la Figura 37 se puede apreciar el error.

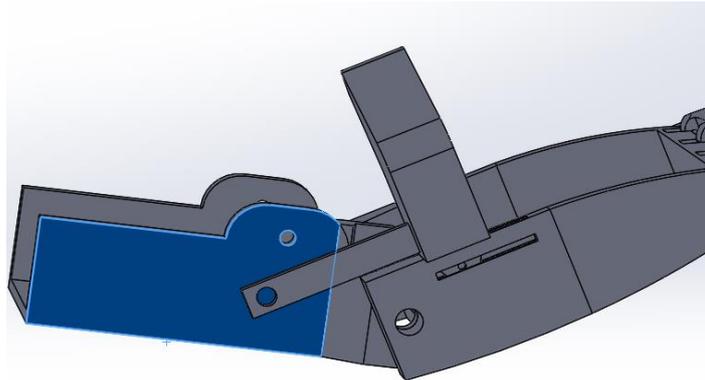


Figura 37: Diseño dedo pulgar (problema del primer prototipo) Fuente: Propia

Se decidió entonces eliminar la soldadura y permitir el libre movimiento de barra. Además, se hizo una modificación en la parte inferior de la pieza (dedo pulgar) orientándolo en una dirección diferente para que una vez se realice el movimiento de la muñeca, conseguir la posición final deseada del dedo pulgar (para un mejor agarre/apoyo).

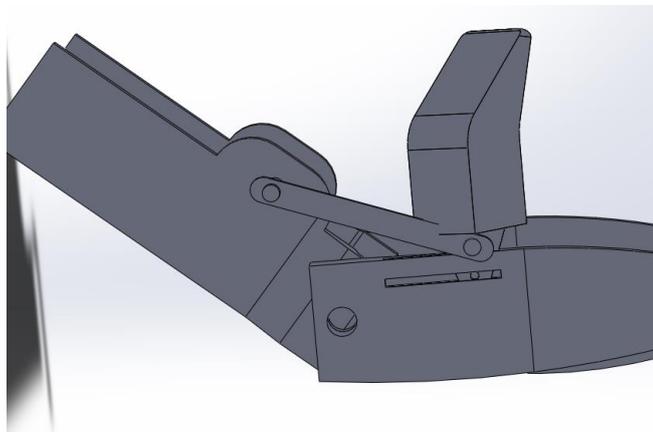


Figura 38: Nuevo diseño del dedo pulgar (1) Fuente: Propia

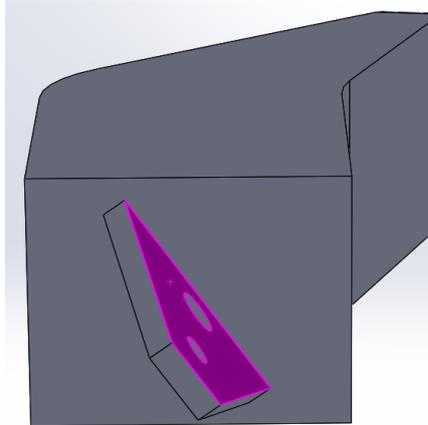


Figura 39: Nuevo diseño del dedo pulgar (2) Fuente: Propia

Solucionado el problema anterior, teniendo en cuenta el movimiento de flexión en la muñeca sabiendo que puede llegar aproximadamente a un ángulo máximo de $75^{\circ}/80^{\circ}$, el dedo pulgar (con el diseño propuesto) se quedaba a una distancia considerable del resto de los dedos, como se puede apreciar en la Figura 40 y Figura 41:

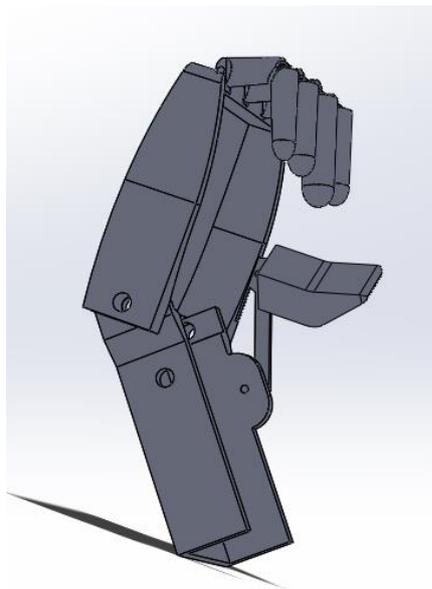


Figura 40: Nuevo diseño del dedo pulgar (3) Fuente: Propia

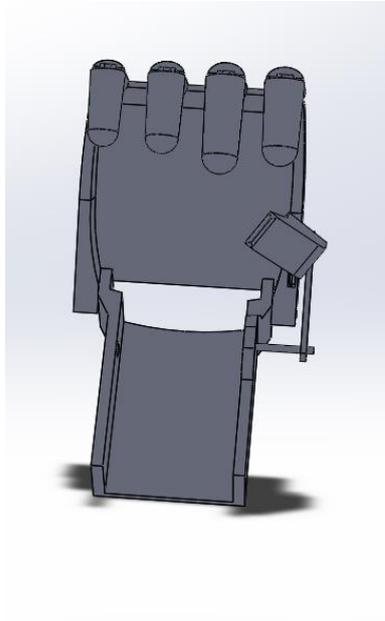


Figura 41: Nuevo diseño del dedo pulgar (4) Fuente: Propia

Por ello, para conseguir un giro del dedo además del movimiento paralelo proporcionado por la barra se modificó la forma de la base de esta.

Como se puede observar en la Figura 42, cuando se transmite la fuerza necesaria (con el movimiento de muñeca) el dedo se desplaza horizontalmente por la ranura de la palma de la mano.

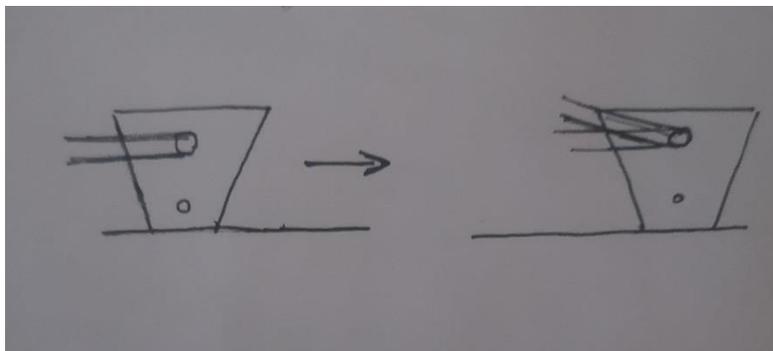


Figura 42: Nuevo diseño del dedo pulgar (5) Fuente: Propia

Este sería el diseño final de la base del dedo, mostrado en la Figura 43:

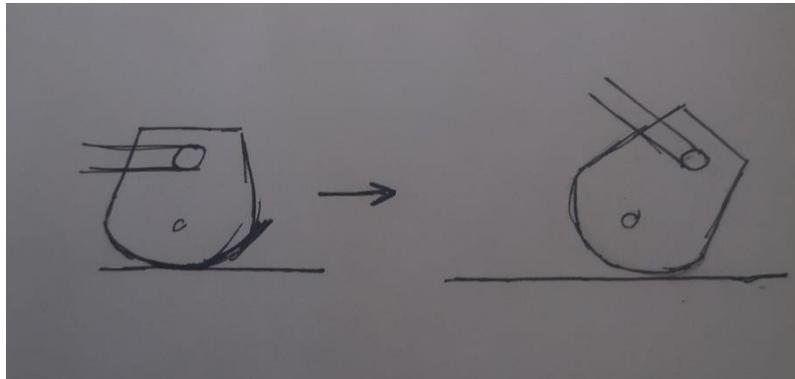


Figura 43: Diseño del dedo pulgar (Modificación base del dedo) Fuente: Propia

Con este diseño, el dedo además de desplazarse horizontalmente como hacía antes, tenderá a inclinarse sobre su propia superficie. De este modo, se consigue una mayor aproximación de este con los otros dedos, ayudando así a un mejor agarre/apoyo.

La Figura 44 muestra la imagen del diseño final y la Figura 45 como se movería en la prótesis (pudiendo compararla con la figura ...).

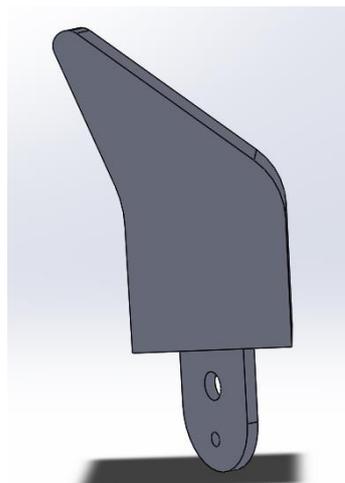


Figura 44: Diseño final del dedo pulgar Fuente: Propia

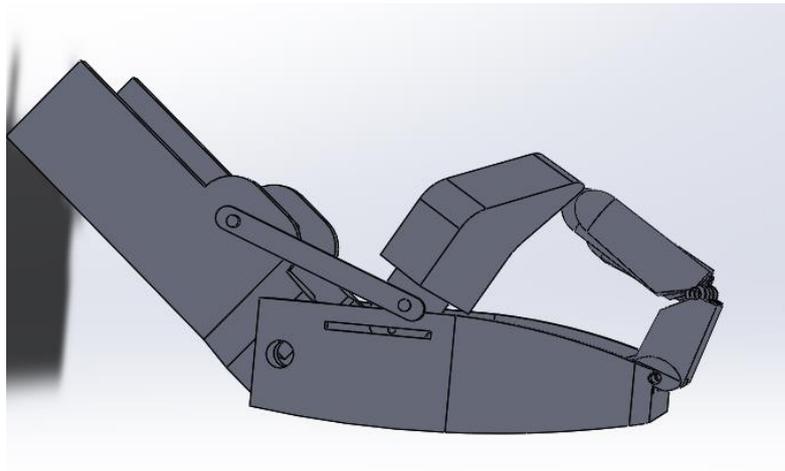


Figura 45: Diseño final del dedo pulgar (movimiento) Fuente: Propia

12.3.3 Antebrazo

La parte más sencilla de la prótesis, pues solo necesita la forma del antebrazo y los orificios para conectarlo con las respectivas partes del mecanismo.

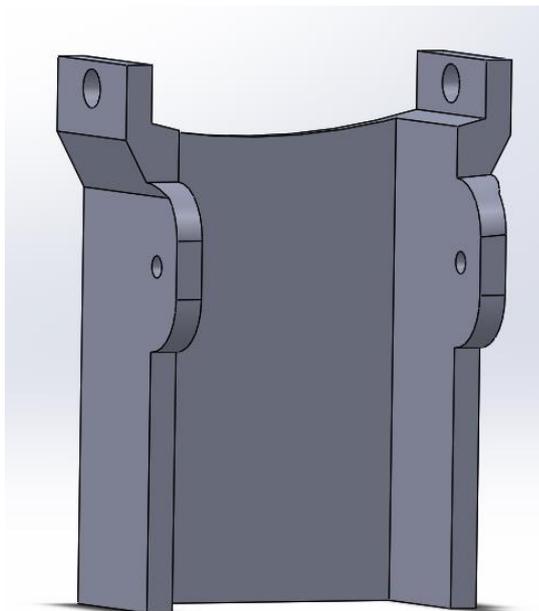


Figura 46: Diseño del antebrazo Fuente: Propia

12.3.4 Mecanismo

-Mecanismo de movimiento del dedo pulgar: Este consta de una barra unida al antebrazo y a la palma de la mano a través de unos pasadores, lo que permite transmitir la fuerza que ejerce la muñeca del individuo al dedo pulgar, para que este se desplace.

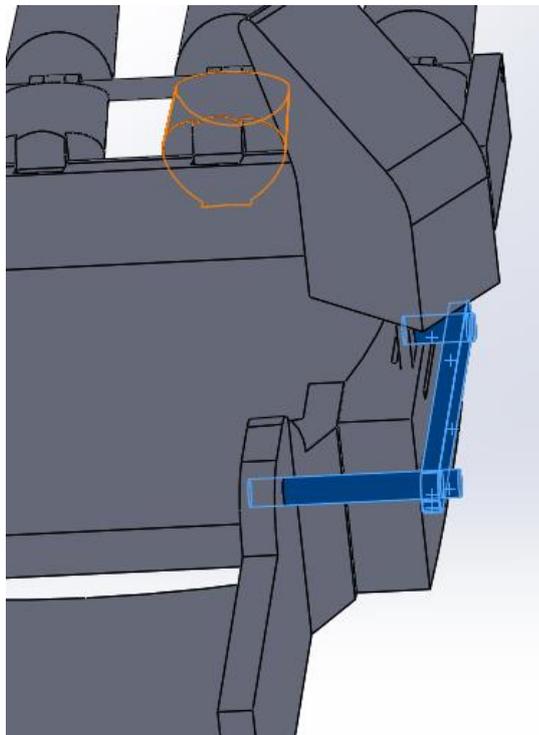


Figura 47: Diseño mecanismo dedo pulgar Fuente: Propia

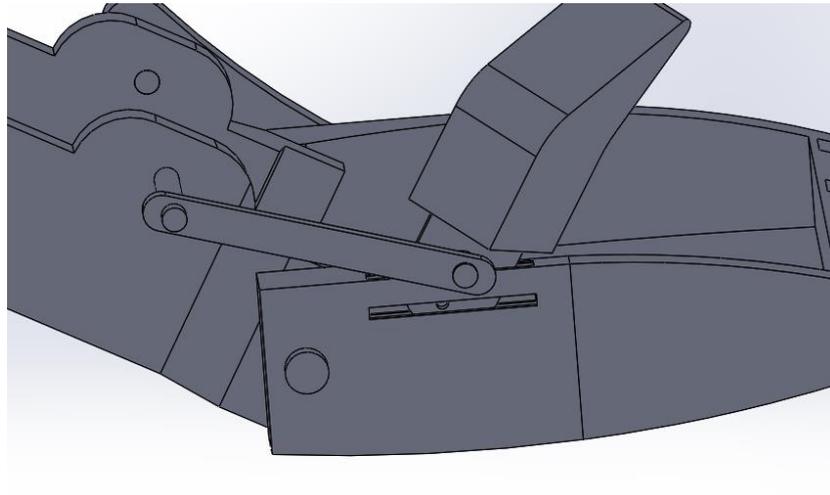


Figura 48: Diseño mecanismo de movimiento del dedo pulgar Fuente: Propia

-Mecanismo del movimiento de los dedos:

Al igual que el mecanismo del dedo pulgar, ese se ejecutará gracias al movimiento de la muñeca. La idea principal es hacer una biela-manivela para así transmitir el movimiento de la muñeca a los dedos para que estos consigan la posición de “agarre”.

El prototipo inicial fue el que se muestra en la Figura 49:

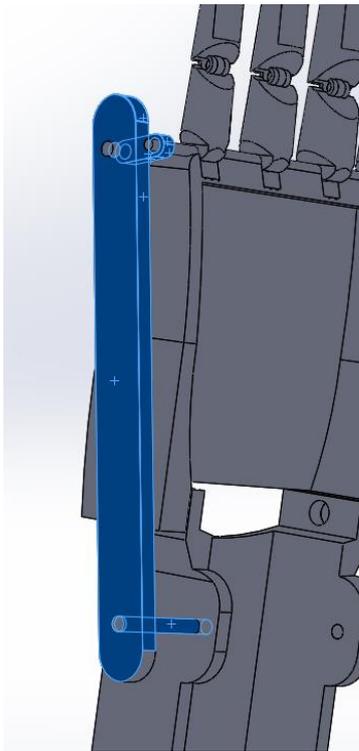


Figura 49: Diseño del mecanismo de los dedos 1

En este diseño, solo la biela estaba conectada (a través de un pasador) a la parte inferior de los dedos, porque lo que obviamente no se conseguía el movimiento de flexión de los dedos deseado.

Por ello, se añadió a una pieza que conectara ambas falanges del dedo con la biela y además se modificó la manivela con una forma de arco, para que la dirección del movimiento sea el mismo que el de los dedos y facilite la flexión de los dedos (pues que, mediante la realización de ensayos, la manivela recta, conseguía mover la biela, pero la dejaba en un movimiento incompleto

al deseado).

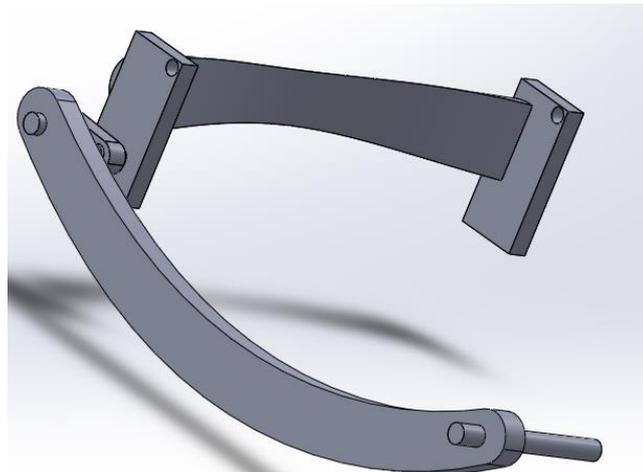


Figura 50: Diseño del mecanismo de los dedos 2 Fuente: Propia

Finalmente, a pesar de las pruebas realizadas no se conseguía el resultado deseado. Por ello, se decidió partir desde una posición inicial de los dedos, en la cual las primeras falanges de los dedos estén fijas en perpendicular a la segunda falange. Consiguiendo así, un doble resultado.

Primero que, gracias a esa posición inicial, cuando el usuario tenga el brazo extendido podrá utilizar los dedos como un gancho para poder transportar objetos “pesados” y segundo el movimiento de flexión de los dedos.

El resultado final del mecanismo se ve en las Figuras 51 y 52.

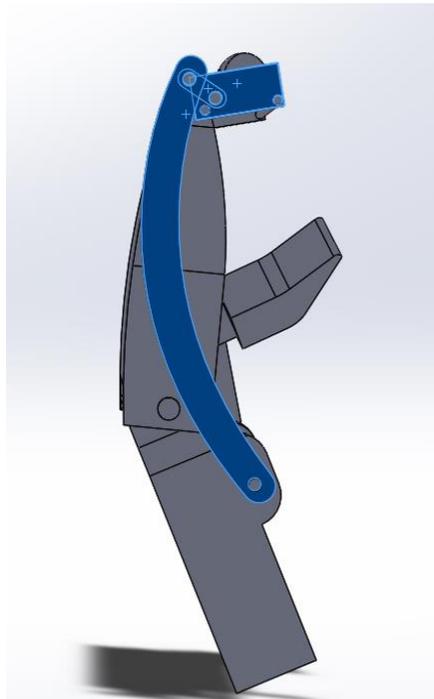


Figura 51: Movimiento de mecanismo Fuente: Propia

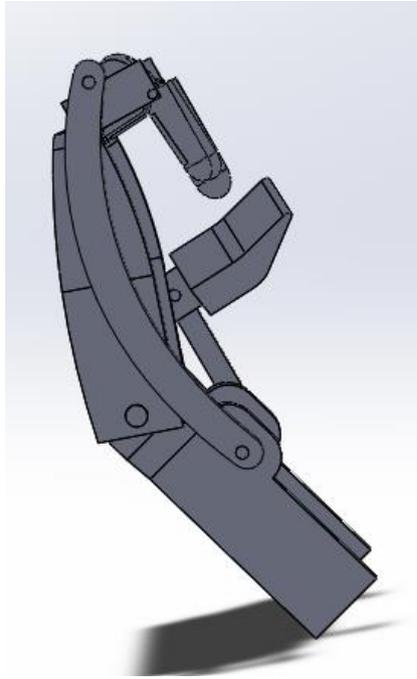


Figura 52: Movimiento de los dedos Fuente: Propia

12.3.5 Montaje

Tras haber diseñado las diferentes partes de las prótesis con el programa SolidWorks, el montaje final de esta, es el mostrado en la Figura 53. Esta prótesis ira ajustada al cuerpo del individuo a través de un velcro que se situaría en la parte del antebrazo y en la parte de la palma de la mano. Al ser una prótesis tan ligera, no necesita mucha complejidad para sostenerse.

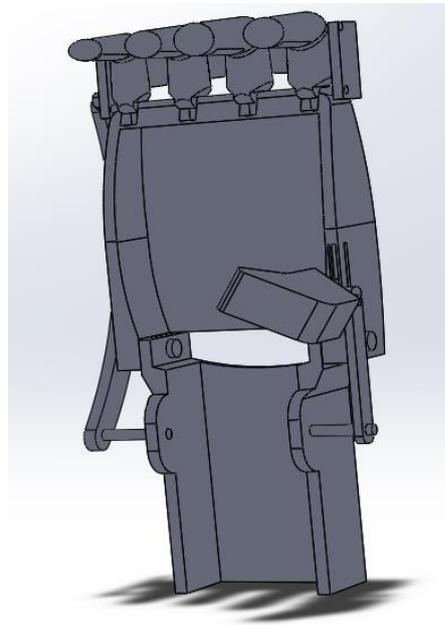


Figura 53: Montaje de la prótesis de mano Fuente: Propia

13 Estudio de los diferentes materiales para la fabricación del prototipo

En este apartado se estudiarán los materiales adecuados para la fabricación del prototipo gracias a la impresión 3D. Se hará un estudio de los diferentes materiales que se podrían utilizar en la fabricación mediante el modelado por deposición fundida (tecnología más extendida y usada en este sector), teniendo en cuenta que tiene que ser un prototipo de prótesis ligero y resistente por lo que han de tener unas buenas propiedades mecánicas. Además, deben ser materiales de fácil limpieza y no tóxicos.

Los materiales más empleados en este campo son los polímeros PLA, ABS y PETG, aunque también existen otros materiales que podrían utilizarse, ya sea por el precio o porque el producto requerido no demanda exigencias específicas en el material, como son el Nylon, FilaFlex95A, PC (policarbonatos), ...

13.1.1 EI PLA

El PLA o ácido poliláctico es un polímero termoplástico constituido por elementos similares al ácido láctico. Es un elemento bastante estudiado debido a su biodegradabilidad, propiedades de barrera y biocompatibilidad además de tener numerosas aplicaciones, como en la industria alimenticia, química, farmacéutica, textil, en la agricultura, etc.

La obtención de este compuesto se realiza en dos etapas, la obtención del ácido láctico y la polimerización. La obtención del ácido láctico ha sido ampliamente estudiada, pero a modo de resumen, se puede obtener a partir de almidón de maíz o de yuca y caña de azúcar, en general biomasa específica. En la Figura 54 se muestra el proceso de obtención:

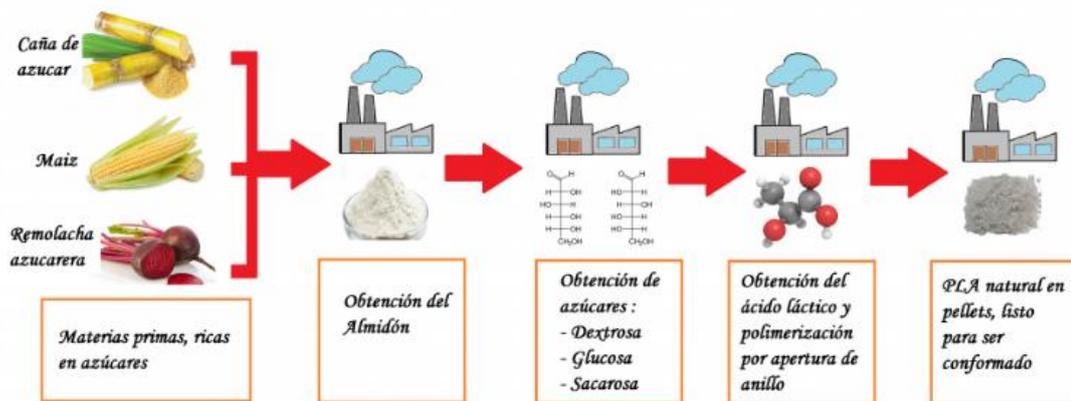


Figura 54: Proceso de obtención del PLA Fuente:dima3d

En el caso de la impresión 3D, existen múltiples ventajas. Tiene un precio bastante económico teniendo en cuenta su buena calidad de impresión y puede incluso no necesitar tratamientos antes de la impresión. Puede ser tan duro como el PMMA [4], tan blando como el polietileno [5] o tan flexible como un elastómero [6]. Pero como todo, también tienen algunos inconvenientes como es la descomposición del material a partir

de ciertas temperaturas (50° - 60°) y el postproceso (pintar, pegar, mecanizar) es bastante complicado.



Figura 55: PLA Fuente:3dnatives

13.1.2 ABS

EL ABS o acrilonitrilo butadieno estireno, es un polímero [7] bastante común en las industrias de inyección de plástico. Es un material con buena rigidez, ligero y alta resistencia al impacto, algo que tienen muy en cuenta los profesionales a la hora de la impresión 3D. Tiene un postproceso bastante cómodo en comparación con otros materiales, puede pintarse con facilidad y resiste bien con el tiempo pues llega a aguantar temperaturas desde -20°C a 95°C . Sin embargo, es necesario imprimirlo en una impresora cerrada, pues este plástico desprende sustancias nocivas y este tipo de material al tener que imprimirse a altas temperaturas tienen a deformarse cuando se enfrían.



Figura 56: ABS Fuente: rspmmexico

13.1.3 PETG

El PET o tereftalato de polietileno es el plástico más usado en todo el mundo pues este es que se emplea en las botellas, envases de alimentación... En este caso, para la impresión 3D se utiliza una variante de este plástico, el PETG y la G del final significa GLycol-modificado, el cual se refiere a un cambio en la estructura química la cual lo hace menos frágil y más fácil de procesar que el plástico común.

Otro punto fuerte del PETG es su resistencia, lo que hace que sea mucho más difícil de romper debido a la gran adhesión entre capas de la pieza y su resistencia a la temperatura, no se empieza a ablandar hasta los 80°C.

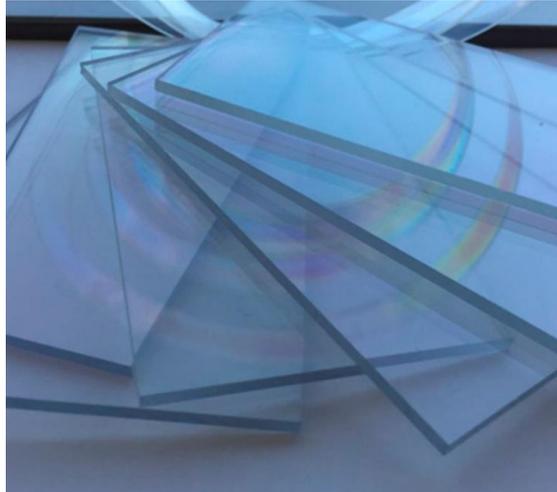


Figura 57: PETG Fuente: arteplastica

13.2 Comparación de materiales

A continuación, se elaborará una tabla donde se pueda comparar de una forma mucho más sencilla los 3 materiales explicados anteriormente (PLA, ABS y PETG) debido a que son los más avanzados y por ello más utilizados en estos momentos. La elección del material será teniendo en cuenta los requisitos del diseño que se han expuesto, por lo que será un material que se ajuste a la idea inicial de este trabajo.

Significado de los colores en la tabla que se muestra a continuación:

	Más favorable
	Favorable
	Menos favorable

Tabla 8: Índice de la tabla de los materiales Fuente: Propia

PROPIEDADES	PLA	ABS	PETG
Rigidez	Muy alta	Media	Alta
Densidad (g/cm ³)	1,24	1,07	1,27
T ^a Fusión (°C)	200-215	220-240	230-250
Facilidad de impresión	Muy alta	Muy baja	Alta
Toxicidad	Inocuo	Muy toxico	Inocuo
Resistencia térmica (°C)	Muy baja (50)	Muy alta (<100)	Alta (80)
Adhesión entre capas	Media	Baja	Alta
Durabilidad	Media	Alta	Alta
Resistencia al impacto (Kj/m ²)	Muy baja (20)	Muy alta (300)	Media (105)
Alargamiento a la rotura	3-6%	3%	2%
Precio (€/Kg)	20-25	20-25	25-30
Resistencia a tracción (MPa)	Alta (3300)	Baja (50)	Baja (45)
Resistencia a flexión (kg/cm ²)	Muy alta (485)	Media (700)	Alta (500)

Tabla 9: Comparación de los diferentes materiales Fuente: Propia

Estos son algunas propiedades y lo que significan:

- Rigidez: Dificultad de un material para ser deformado.
- Densidad: Si hay más densidad, menos metros imprimibles.
- T^o Fusión: Temperatura necesaria para que el material se imprima bien. A menor temperatura la impresora consume menos.
- Resistencia térmica: Temperatura que soporta el material antes de que se empiece a deformar.
- Adhesión entre capas: Lo bien pegadas que estén las capas entre sí, lo que influye en la fragilidad del objeto que se procede a imprimir.

- Resistencia al impacto: Si se cae al suelo, que tan resistente es la pieza compuesta por ese material
- Alargamiento a la rotura: Es una magnitud que mide el aumento de longitud del material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción. La cual está directamente relacionada con la resistencia a la tracción como se puede ver en la siguiente casilla a esta.

Finalmente, observando la Tabla 9 y teniendo en cuenta los requisitos iniciales, el material seleccionado para el diseño propuesto será el PLA.

14 Resumen del presupuesto

A continuación, se muestra un resumen del costo que supondría realizar este prototipo.

Número total de piezas fabricadas	Coste (€)
1	209,51
100	125,03

El coste total de la prótesis manual es de **doscientos nueve con cincuenta y un céntimos**, en cambio, si se decide fabricar en lotes de 100, cada uno de los prototipos costarían **ciento veinticinco con tres céntimos**. Consultar documento presupuesto para una descripción más exacta.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL

ANEXO I: ANALISIS DE TENSIONES Y DEFORMACIONES

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutor:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022

ÍNDICE

<u>1.INTRODUCCIÓN</u>	57
<u>2.ESTUDIO EN LOS DEDOS</u>	58
<u>3.ESTUDIO EN LOS MECANISMOS</u>	62
<u>3.1.MECANISMO DEDO PULGAR</u>	62
<u>3.2.MECANISMO DEDOS</u>	64

1. Introducción

Una vez dibujadas las piezas del mecanismo en 3D, es necesario llevar a cabo un estudio de las tensiones en los componentes que más esfuerzos/problemas podrían presentar debido a las solicitudes que se verán sometidos.

En el siguiente anexo se realiza la simulación con la aplicación “Solidworks simulación” tratándose de un análisis estático por elemento a estudiar. En este, se debe tener en cuenta el material de la pieza, las sujeciones y las cargas externas que estas presenten.

Una vez introducido los parámetros necesarios, el programa devuelve una serie de resultados, donde los más relevantes son las tensiones equivalentes y las deformaciones en la pieza. Estas se representan mediante una gráfica en color, indicando con colores cálidos la mayor deformación o tensión y con colores fríos lo contrario.

Antes de empezar con los estudios, hay que definir el material de las piezas. Como se ha indicado en el apartado 13.2 el material escogido es el PLA. Sin embargo, en la versión de SolidWorks con la que se ha realizado este proyecto, el PLA, no se encuentra en la lista de materiales, por lo que se ha definido manualmente sus propiedades físicas.

Las propiedades del PLA son las que se muestran en la Figura 58:

Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal	<input type="checkbox"/> Guardar tipo de modelo en la b
Unidades:	SI - N/m ² (Pa)	
Categoría:	Plástico	
Nombre:	PLA	
Criterio de fallos predeterminado:	Tensión de von Mises máx.	
Descripción:		
Origen:		
Sostenibilidad:	No definido	Seleccionar...

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	3450000000	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0.394	N/D
Módulo cortante	1287000000	N/m ²
Densidad de masa	1270	kg/m ³
Límite de tracción	33000000	N/m ²
Límite de compresión		N/m ²
Límite elástico	63500000	N/m ²
Coefficiente de expansión térmica		/K

Figura 58: Propiedades del PLA Fuente: Propia

A continuación, se exponen los resultados obtenidos de cada pieza:

2. Estudio en los dedos

Este análisis tiene como objetivo, estudiar la resistencia de los dedos en forma de gancho cuando se le coloca una carga de 5kg.

Para realizar el análisis se ha hecho de dos formas, tomando solamente la segunda falange del dedo y realizando el estudio con el dedo completo.

En primer lugar, se ha escogido el dedo corazón para realizar los esfuerzos, debido que, al ser el dedo más largo, es el que puede presentar mayores problemas. Por ello, se ha fijado la parte inferior del dedo (parte que se une con la primera falange) y se ha aplicado una fuerza de 12.5N, ya que al tener 4 dedos la carga aplicada se distribuirá uniformemente en cada uno de ellos.

- **Tensión de Von Mises:**

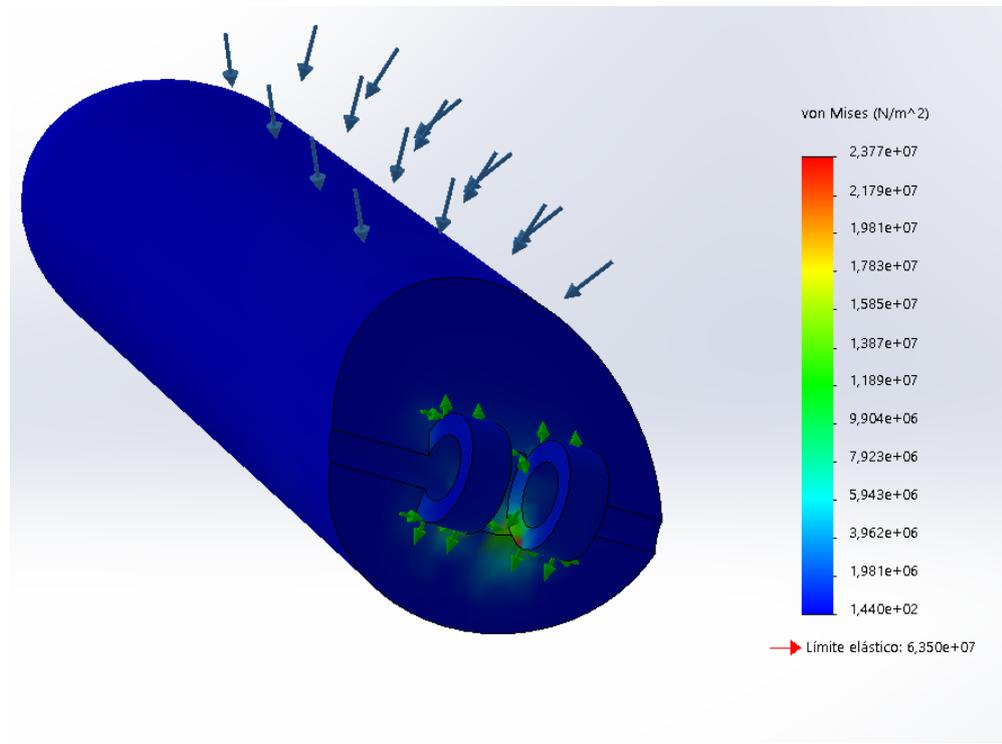


Figura 59: Tensión Von Mises 2º falange Fuente: Propia

Los resultados de la Figura 59 muestran que las tensiones mayores aparecen en el eje del dedo. La tensión máxima a la que someterá el dedo con esta carga es de $2,377e+07$. Esta tensión es inferior al límite elástico del material, por lo que la pieza es segura.

- **Desplazamientos:**

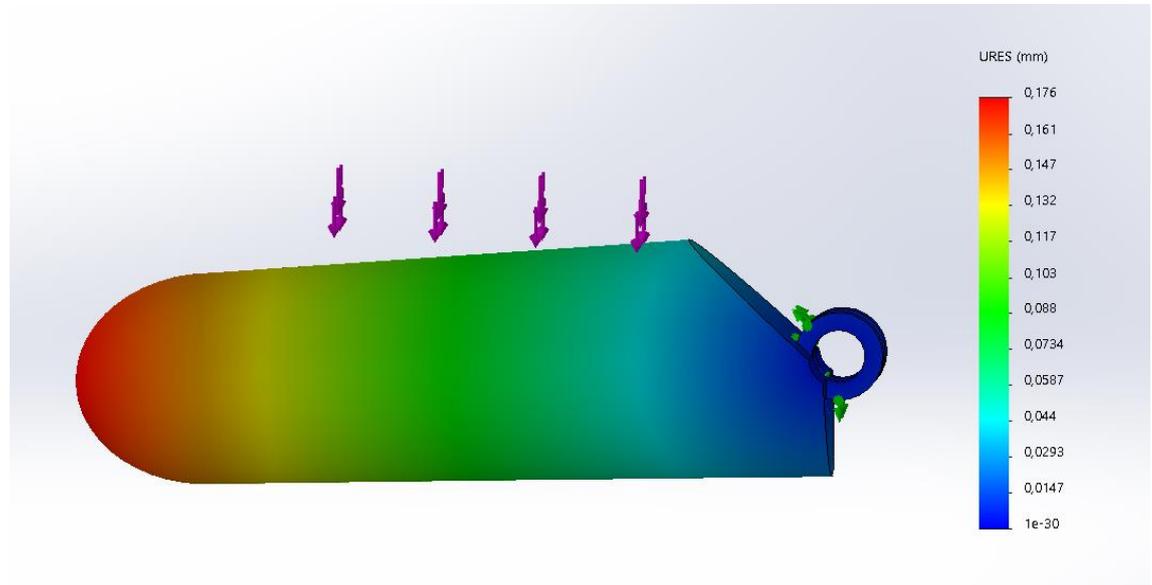


Figura 60: Desplazamiento 2º falange Fuente: Propia

Como se puede fijar en la Figura 60 el desplazamiento mayor del dedo corazón se encuentra en la punta de este, siendo un desplazamiento muy pequeño.

A continuación, en la Figura 61 y 62, se verán los resultados del mismo estudio, pero esta vez introduciendo la primera falange. Se aplicará la misma carga y sujeción fija en la unión de ambas falanges, pero además se añadirá una sujeción de bisagra en la parte inferior del dedo, debido a que como se ha explicado, esta tiene movimiento de flexión.

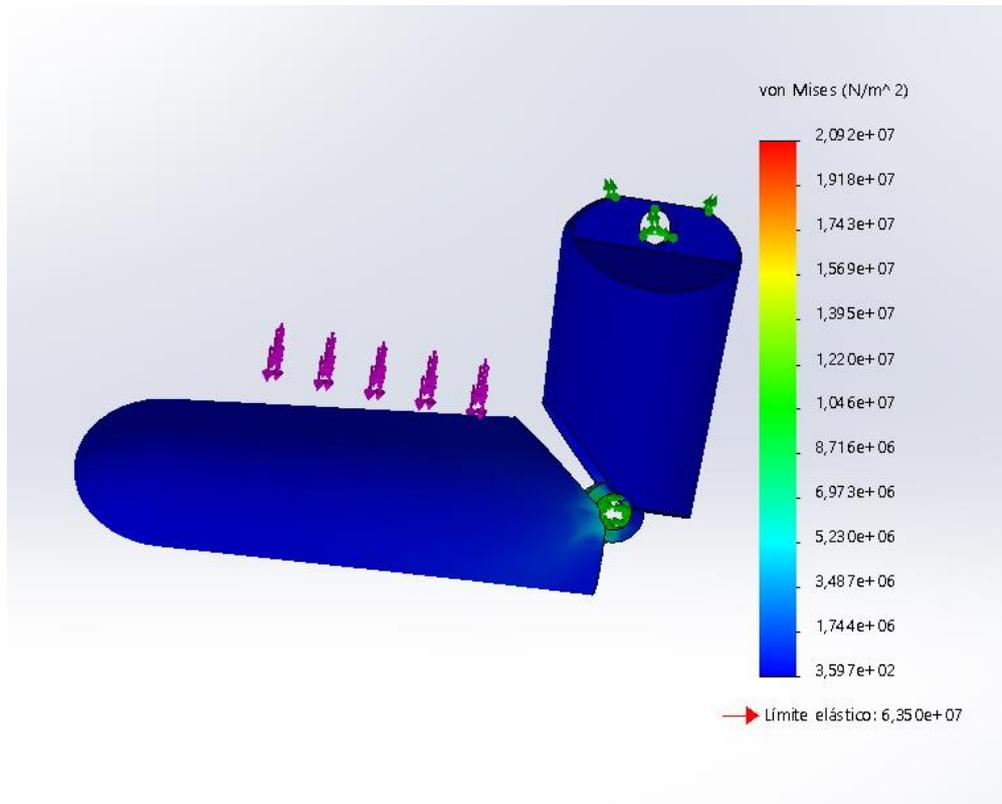


Figura 61: Tensión Von Mises dedo corazón Fuente: Propia

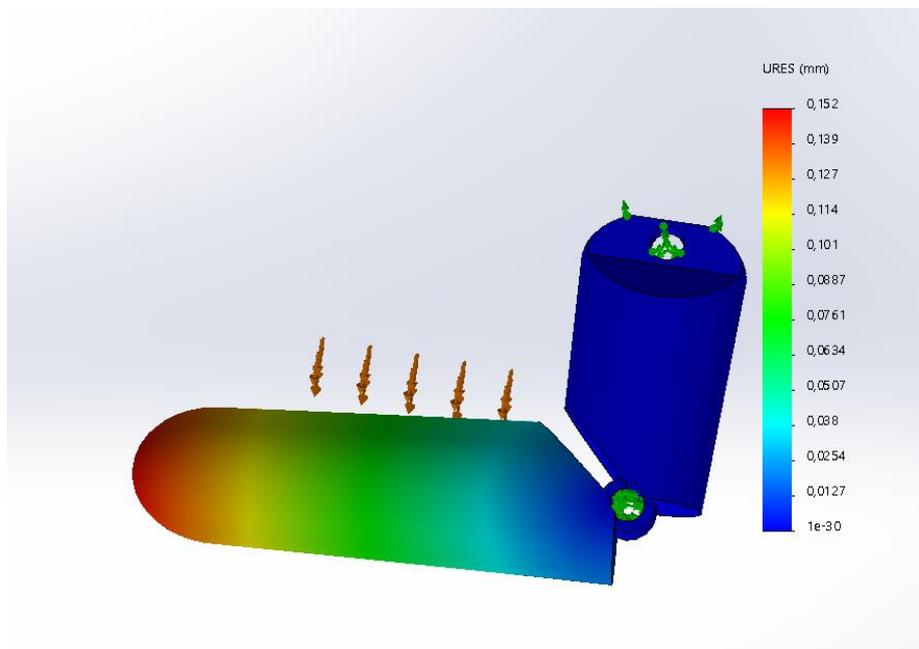


Figura 62: Desplazamiento dedo corazón Fuente: Propia

Como se puede observar la diferencia de resultados con el anterior estudio es casi mínima, siendo en este análisis mejor y comprobando que la pieza soportaría una carga de 5kg.

3. Estudio en los mecanismos

Por último, los mecanismos del movimiento de los dedos son otra parte fundamental para el estudio. En ambos casos, se ha elegido la manivela de mayor dimensión pues si esta resiste a los esfuerzos, los demás componentes no tendrán ningún tipo de problema.

Debido a que la prótesis diseñada consiste en producir flexión en los dedos como consecuencia del movimiento de la muñeca, se ha investigado y extraído los resultados de una investigación de (Yuichi, Yuine, Kazuki, Tung, y Ishii, 2015) miembros del departamento cirugía ortopédica y la universidad de medicina de Tokio.

Haciendo una media de los 10 voluntarios a los que se le realizó el estudio, podemos concluir un par máximo de flexión de 2.5 Nm. Teniendo en cuenta que el objetivo de esta prótesis no es suplir el 100% de las necesidades de una mano, el estudio se ha realizado con un par máximo de 1 Nm.

3.1. Mecanismo dedo pulgar

Para este caso, hemos decido realizar dos sujeciones para el mismo componente. En la Figura 63 una sujeción en el interior del orificio donde va el pasante que une el dedo pulgar con la manivela y en la Figura 64, en la parte exterior de esta. Esto se ha hecho para asegurar, que de cualquiera de las dos formas la pieza resiste.

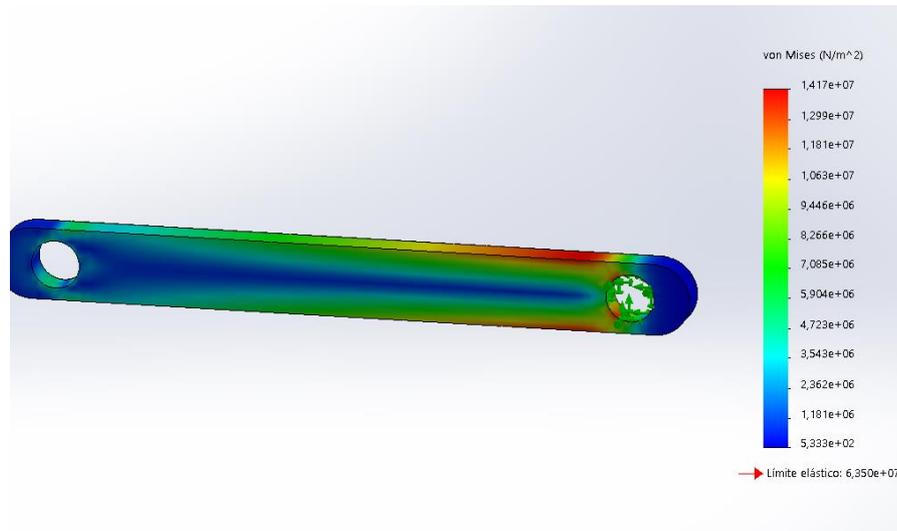


Figura 63: Tensión Von Mises biela dedo pulgar (1) Fuente: Propia

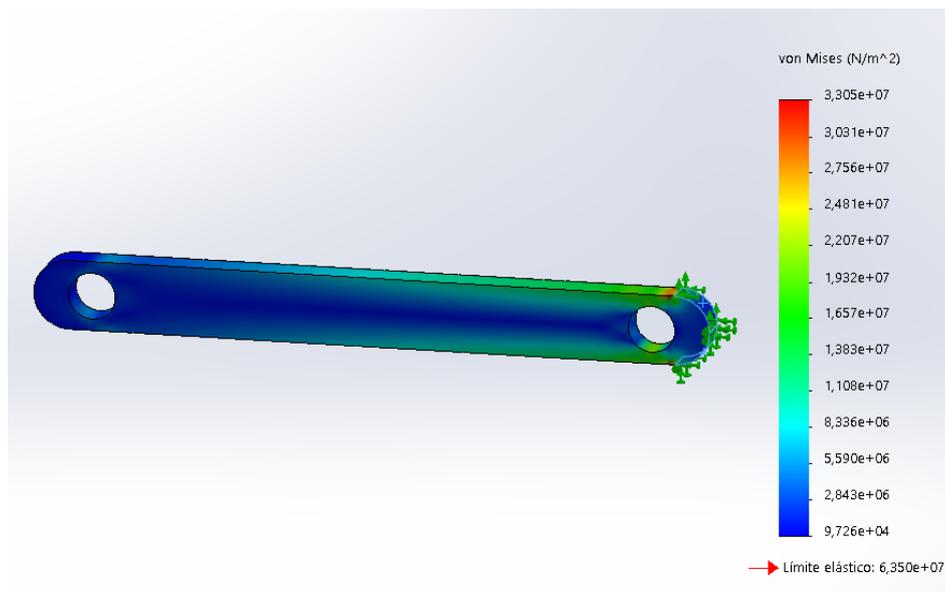


Figura 64: Tensión Von Mises biela dedo pulgar (2) Fuente: Propia

Como se puede observar, en ambos casos, ningún punto de la pieza alcanza el límite elástico, por lo que el análisis puede darse por válido. Al haber una fuerza que produce el movimiento en el primer orificio, es evidente, que en el segundo (donde se coloca el pasante hacia el dedo gordo) se produzca las mayores tensiones, siendo la máxima de 3,305e+07.

3.2. Mecanismo dedos

Al igual que en el mecanismo anterior se realiza el mismo procedimiento, como se aprecia en la Figura 65 y 66.

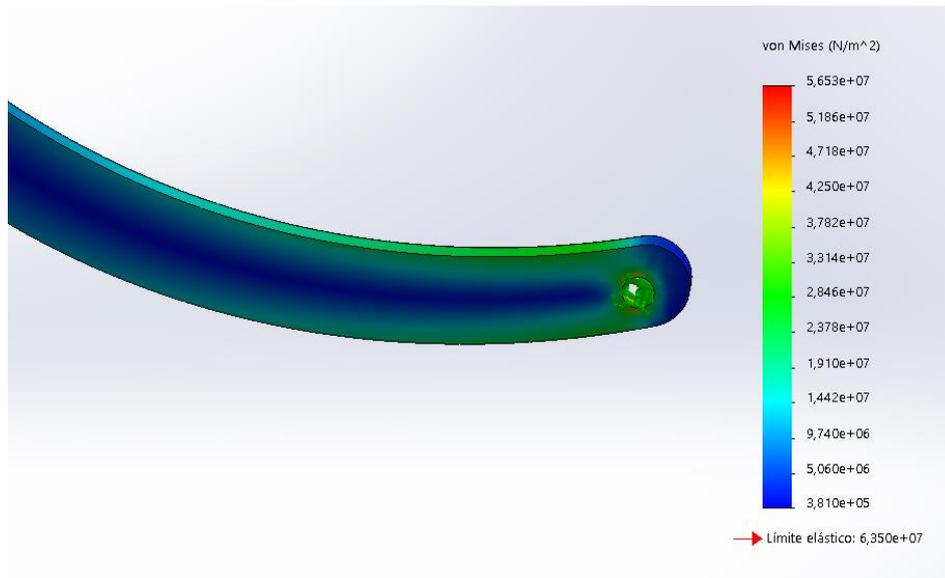


Figura 65: Tensión Von Mises mecanismo dedos (1) Fuente: Propia

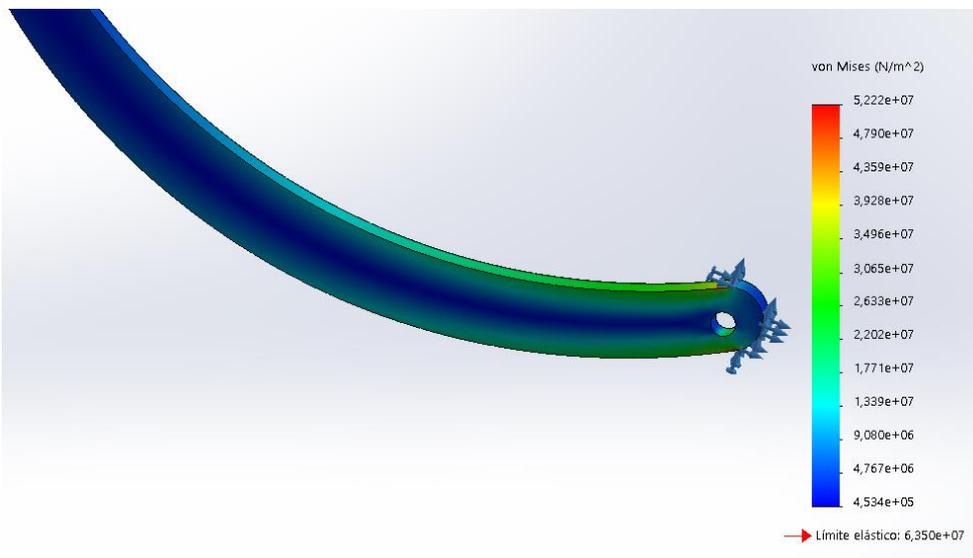


Figura 66: Tensión Von Mises mecanismo dedos (2) Fuente: Propia

En esta pieza, como en el resto de las piezas estudiadas, sigue sin superarse el límite elástico. En este caso, al ser una pieza con una

longitud mayor a la anterior, si tiene una tensión mucha mayor, llegando casi al límite elástico, alcanzando $5,653e+07$.



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL

PLANOS

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutora:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022

ÍNDICE PLANOS

01.00.00s CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL

01.00.01 PLANO ANTEBRAZO

01.00.02 PLANO PALMA DE LA MANO

01.01.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ÍNDICE

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD ÍNDICE

01.02.00s SUBCONJUNTO DEDO CORAZÓN

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO CORAZÓN

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD CORAZÓN

01.03.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ANULAR

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD ANULAR

01.04.00s SUBCONJUNTO DEDO INDICE

01.01.01 PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO MEÑIQUE

01.01.02 PLANO: SEGUNDA FALANGE DEOD MEÑIQUE

01.00.03 PLANO: DEDO PULGAR

01.05.00s SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR

01.05.01 PLANO: MANIVELA PEQUEÑA

01.05.02 PLANO: PASANTE DEDO PULGAR A MANO

01.05.03 PLANO: PASANTE DEDO PULGAR ANTEBRAZO

01.06.00s SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDOS

01.06.01 PLANO: MANIVELA GRANDE

01.06.02 PLANO: PASANTE ANTEBRAZO A MANIVELA GRANDE

01.06.03 PLANO: PASANTE MANIVELA GRANDE A BIELA

01.06.01 PLANO: BIELA

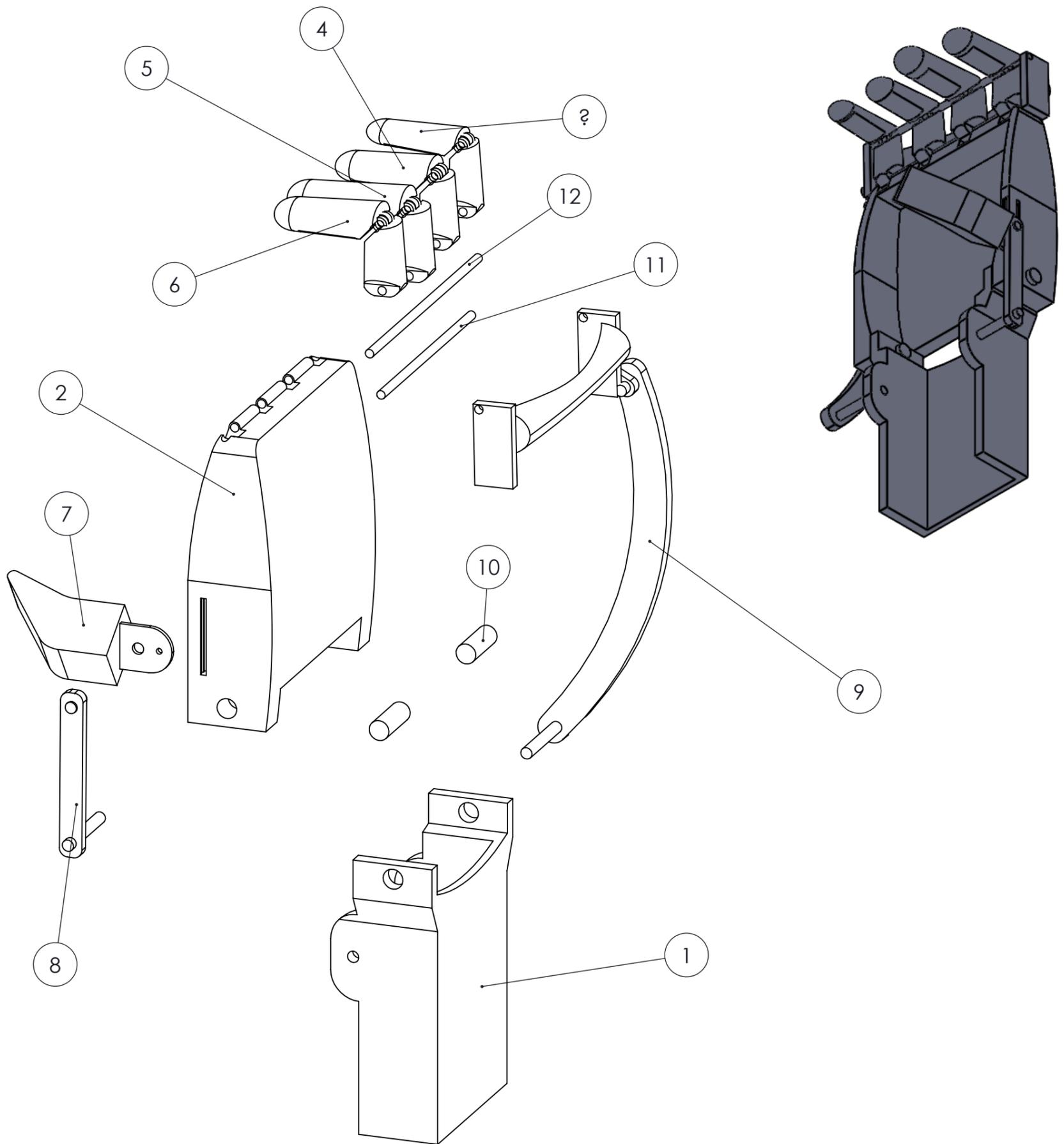
01.06.02 PLANO: PASANTE BIELA A ARCO DE DEDOS

01.06.03 PLANO: ARCO DE DEDOS

01.00.04 PLANO: PASANTE ANTEBRAZO

01.00.5 PLANO: PASANTE DEDOS 1

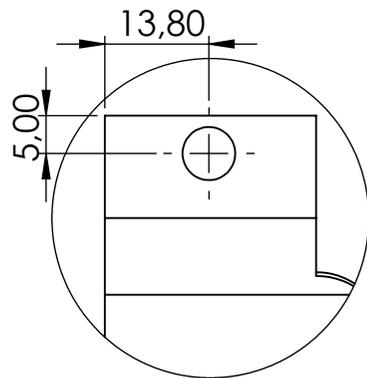
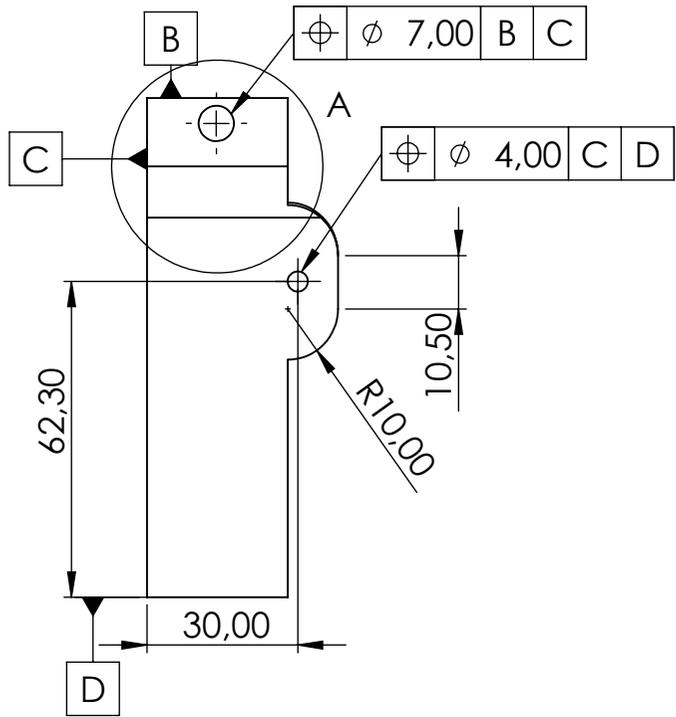
01.00.06 PLANO: PASANTE DEDOS 2



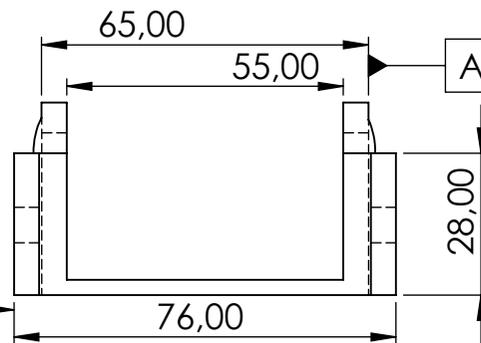
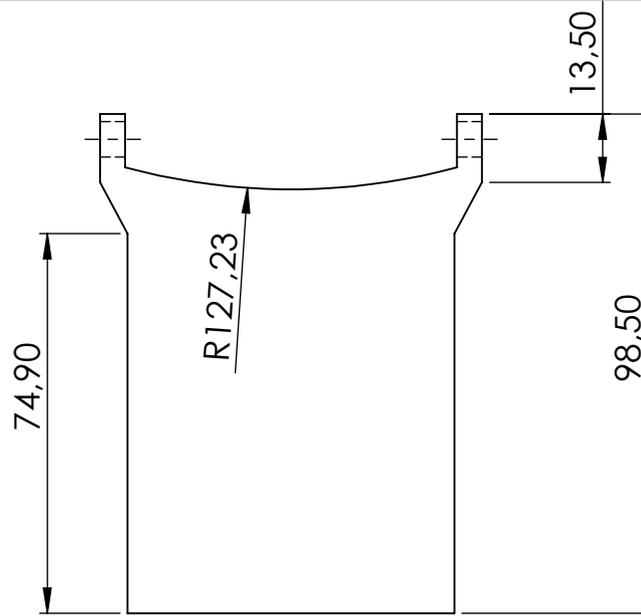
MARCA	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	1	ANTEBRAZO	
2	1	PALMA DE LA MANO	
3	1	DEDO ÍNDICE	
4	1	DEDO CORAZÓN	
5	1	DEDO ANULAR	
6	1	DEDO MEÑIQUE	
7	1	DEDO PULGAR	
8	1	MECANISMO DEL DEDO PULGAR	
9	1	MECANISMO DE LOS DEDOS	
10	2	PASANTE ANTEBRAZO	
11	1	PASANTE DE DEDOS 1	
12	1	PASANTE DE DEDOS 2	

DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

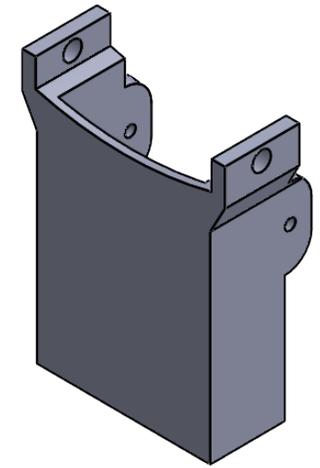
	Fecha	Autor		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre		Daniel		
Apellidos		Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL			Nº Conj. : 01.00.00
2:3	PLANO: VISTA EXPLOSIONADA			Nº P. : 01.00.00s

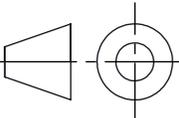


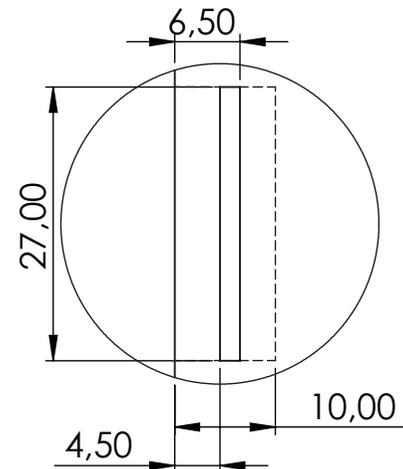
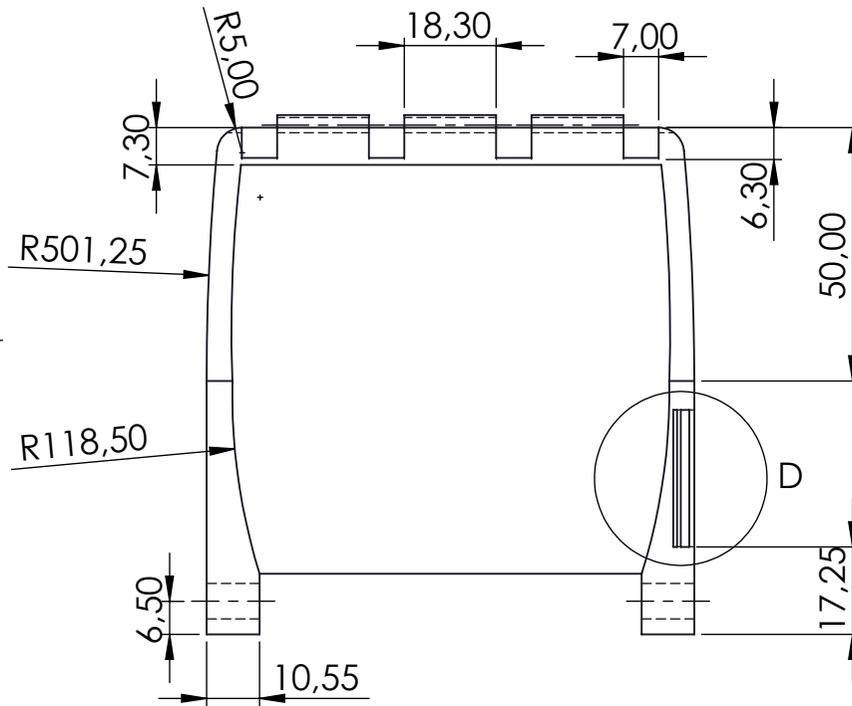
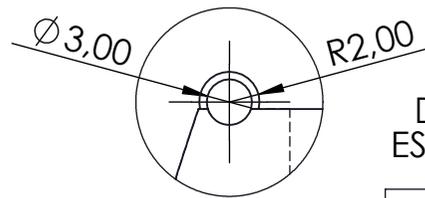
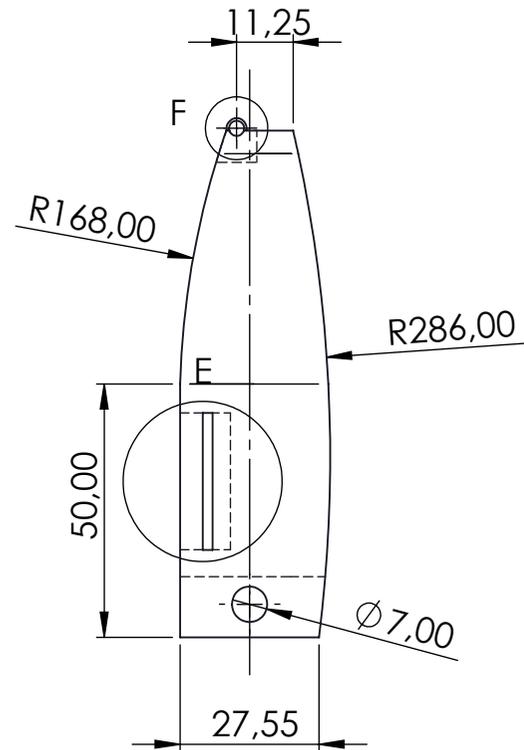
DETALLE A
ESCALA 1 : 1



≡ 0.01 A

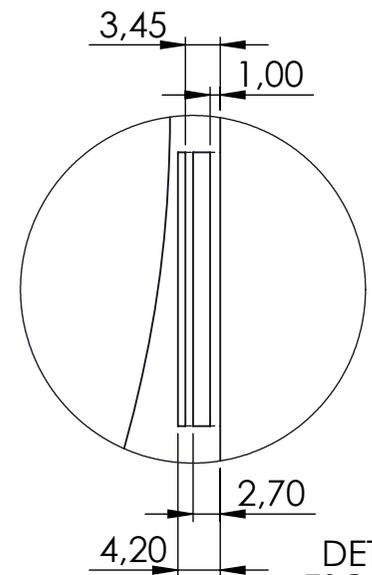
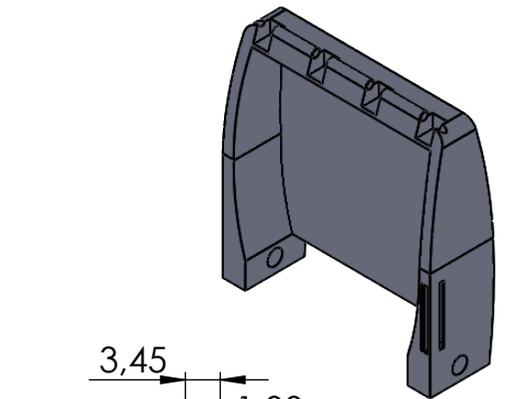


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	
1	1	ANTEBRAZO	
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL			
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 1.00.00	
2:3	PLANO: ANTEBRAZO	Nº P. : 1.00.01	

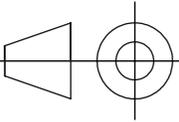


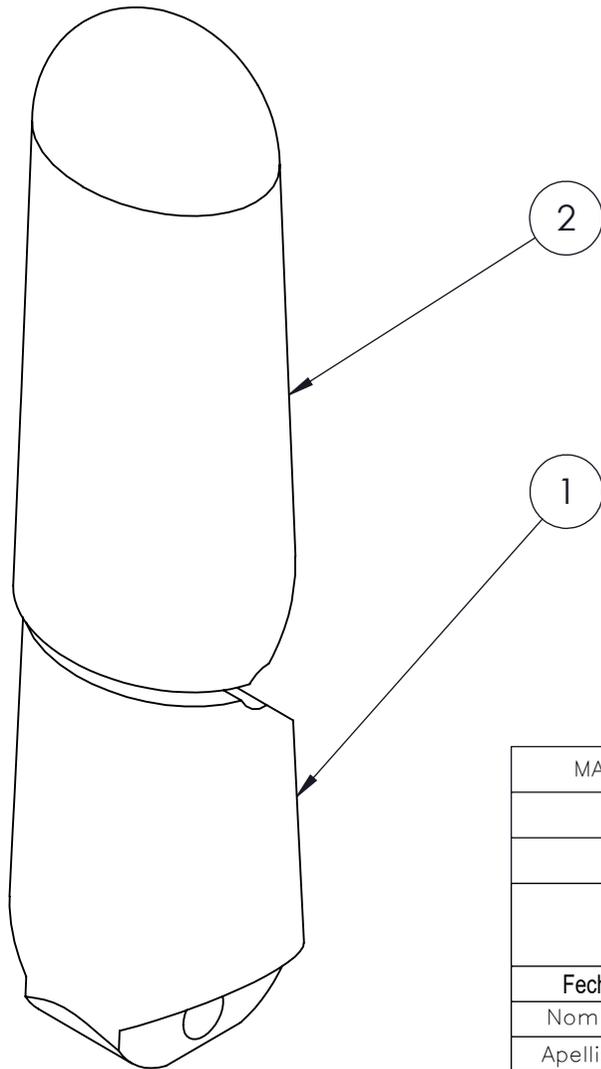
DETALLE E
ESCALA 4 : 3

DETALLE F
ESCALA 2 : 1



DETALLE D
ESCALA 4 : 3

MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
2	1	PALMA DE LA MANO		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 1.00.00	
2:3	PLANO: PALMA DE LA MANO		Nº P. : 1.00.02	

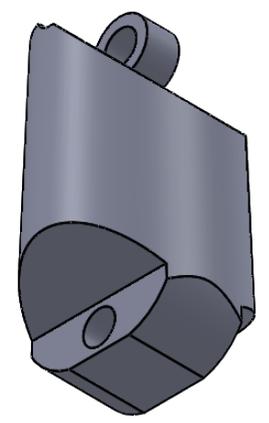
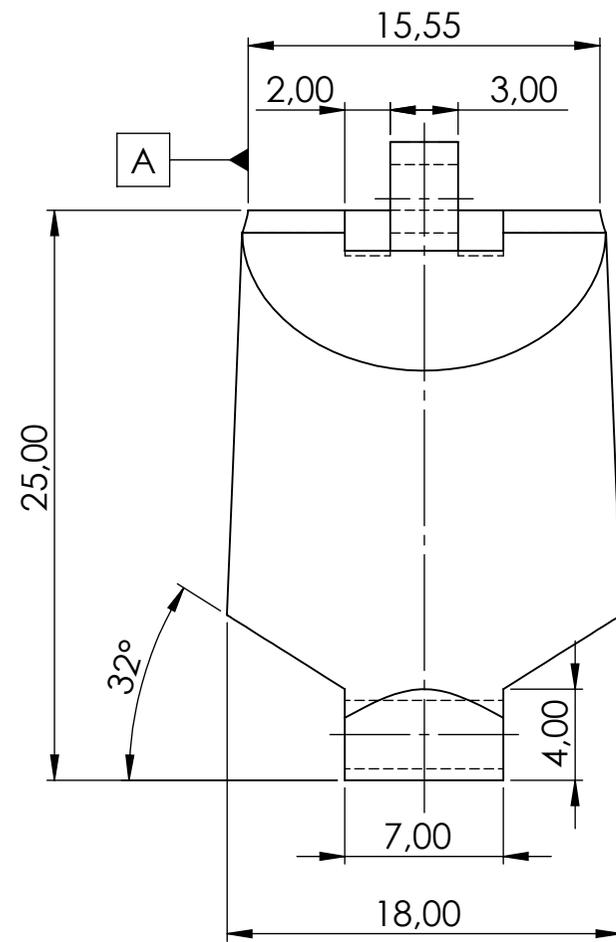
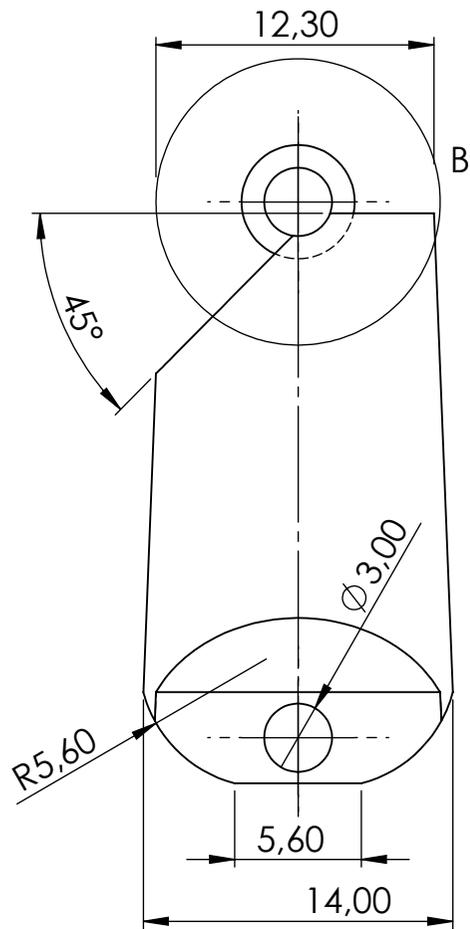


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
1	1	PRIMERA FALANGE DEDO ÍNDICE
2	1	SEGUNDA FALANGE DEDO ÍNDICE

DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

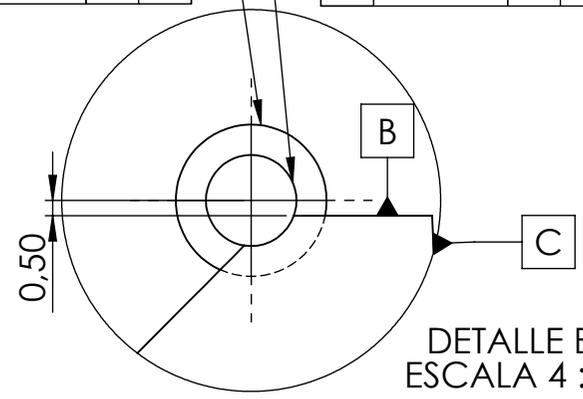
Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 5:2	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00
	SUBCONJUNTO: DEDO ÍNDICE	Nº Sub. : 01.01.00s

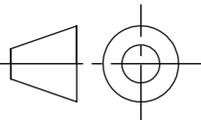


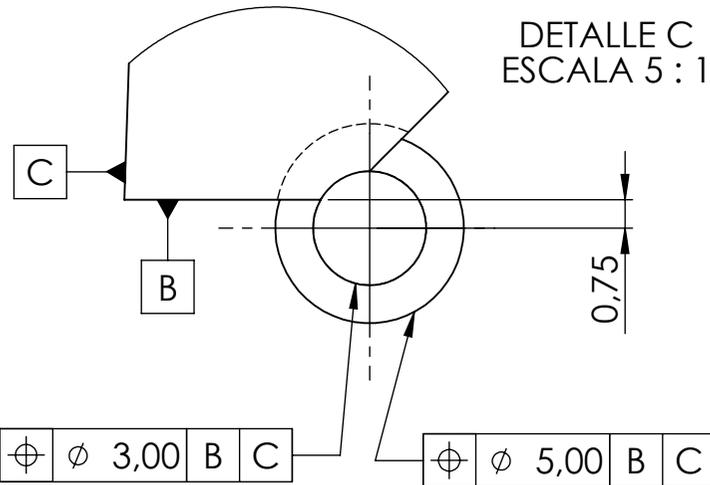
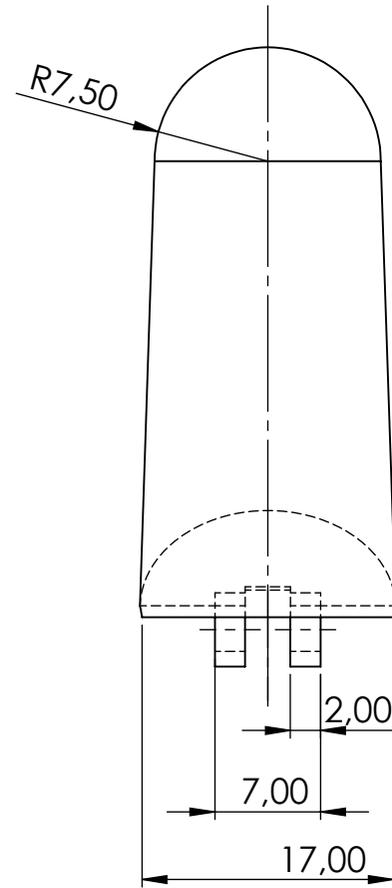
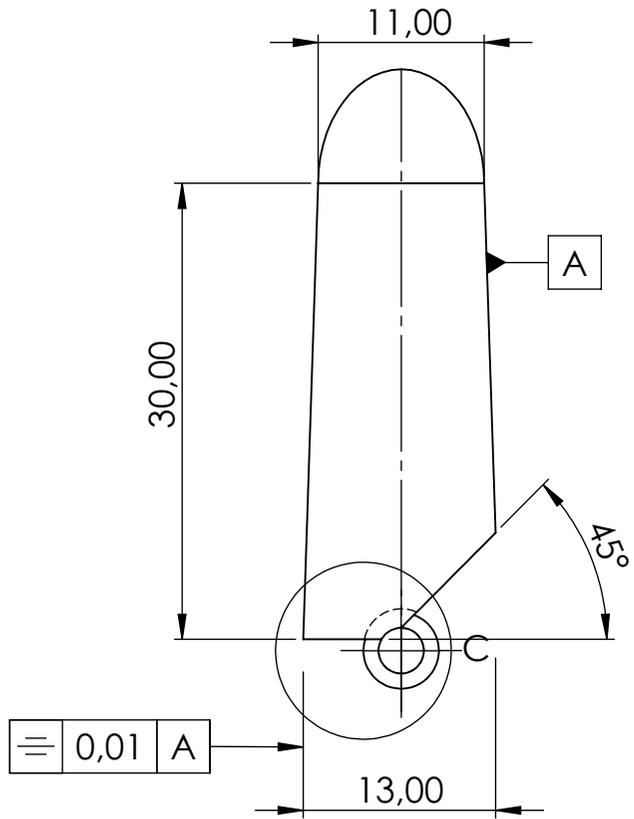
≡ 0,01 A

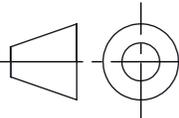
⊕ ∅ 5,00 B C ⊕ ∅ 3,00 B C

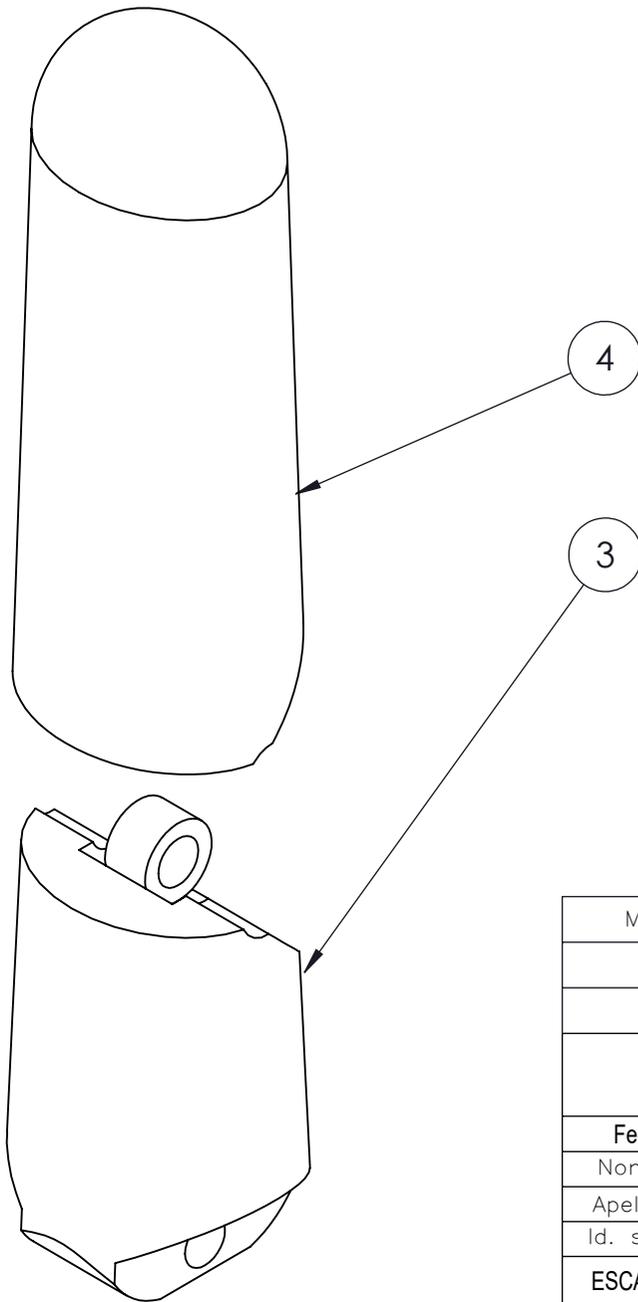


DETALLE B
ESCALA 4 : 1

MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
1	1	PRIMERA FALANGE DEDO ÍNDICE		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	3:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO ÍNDICE	Nº Sub. : 01.01.00	
		PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ÍNDICE	Nº P. : 01.01.01	



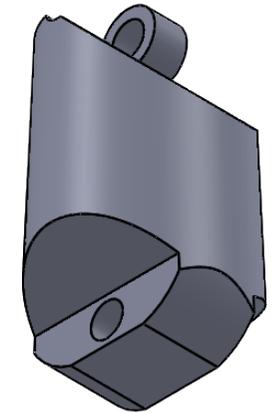
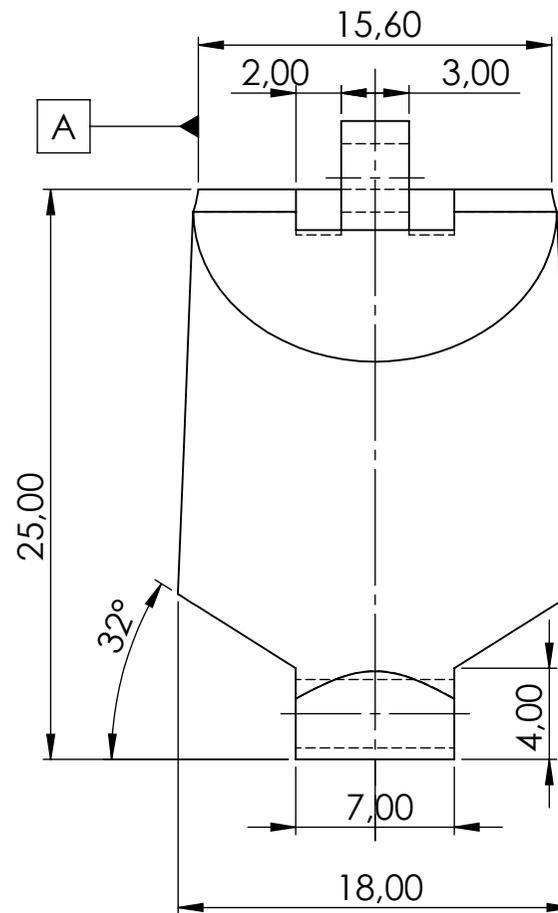
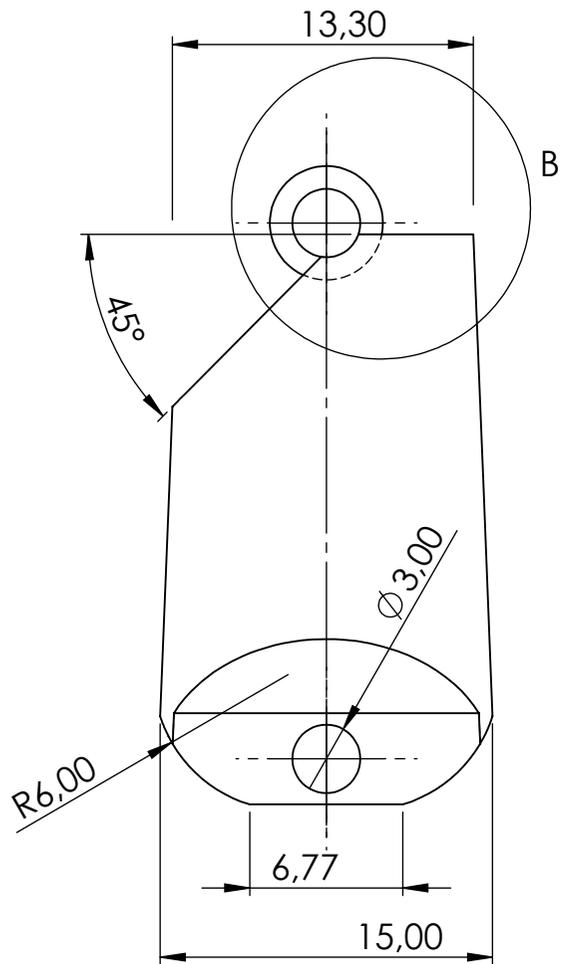
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
2	1	SEGUNDA FALANGE DEDO ÍNDICE		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna		
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	2:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO ÍNDICE	Nº Sub. : 01.01.00	
		PLANO: SEGUNDA FALANGE DEDO ÍNDICE	Nº P. : 01.01.02	



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
4	1	PRIMERA FALANGE DEDO CORAZÓN
3	1	SEGUNDA FALANGE DEDO CORAZÓN

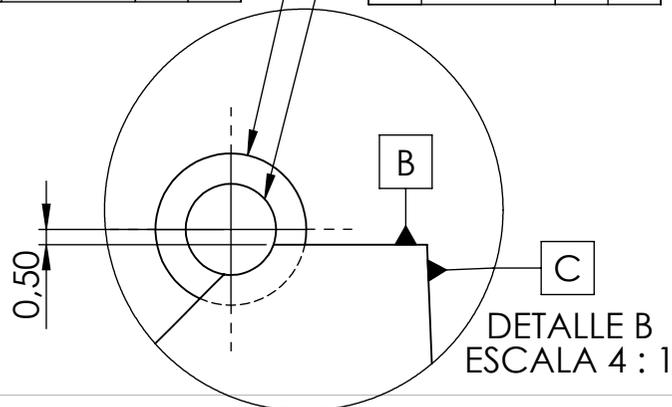
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

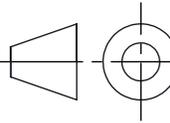
Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00
5:2	SUBCONJUNTO: DEDO CORAZÓN		Nº Sub. : 01.02.00s

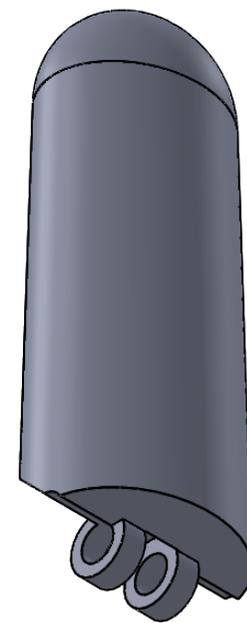
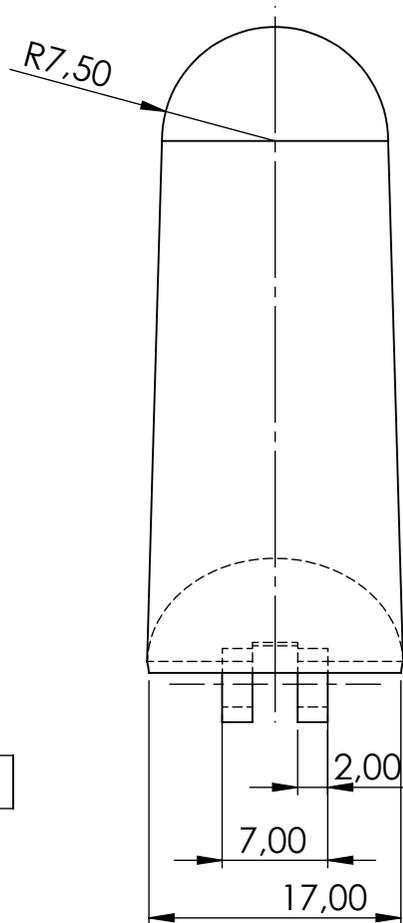
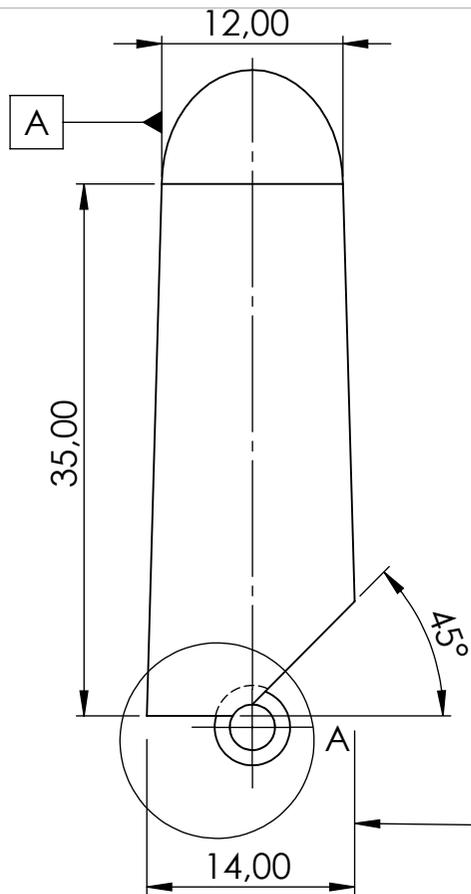


≡ 0,01 A

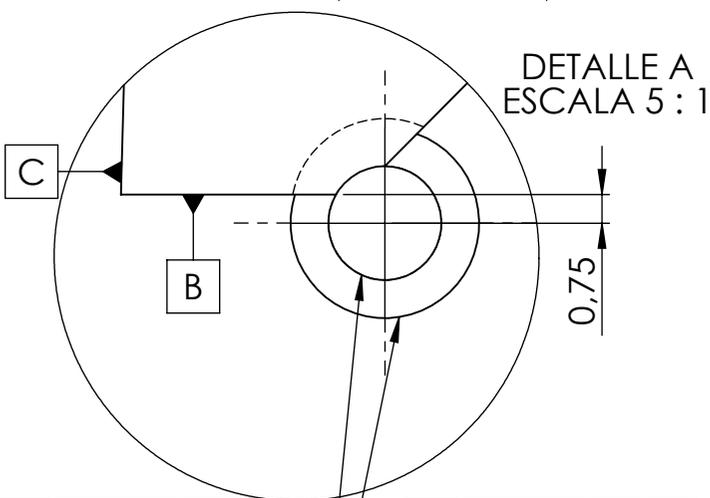
⊕ ⊕ 5,00 B C ⊕ ⊕ 3,00 B C



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
3	1	PRIMERA FALANGE DEDO CORAZÓN		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	3:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO CORAZÓN	Nº Sub. : 01.02.00	
		PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO CORAZÓN	Nº P. : 01.02.01	



≡ 0,01 A

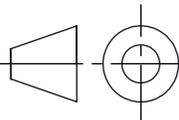


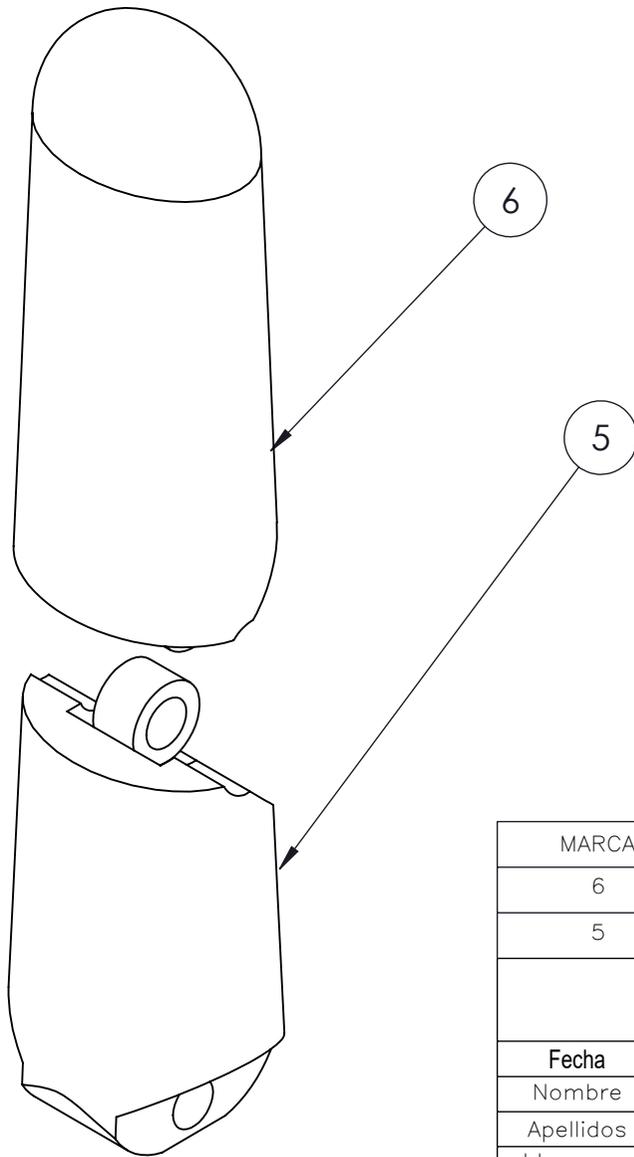
⊕ ∅ 3,00 B C ⊕ ∅ 5,00 B C

MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
4	1	SEGUNDA FALANGE DEDO CORAZÓN

DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 2:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: DEDO CORAZÓN	Nº Sub. : 01.02.00	
	PLANO: SEGUNDA FALANGE DEDO CORAZÓN	Nº P. : 01.02.02	

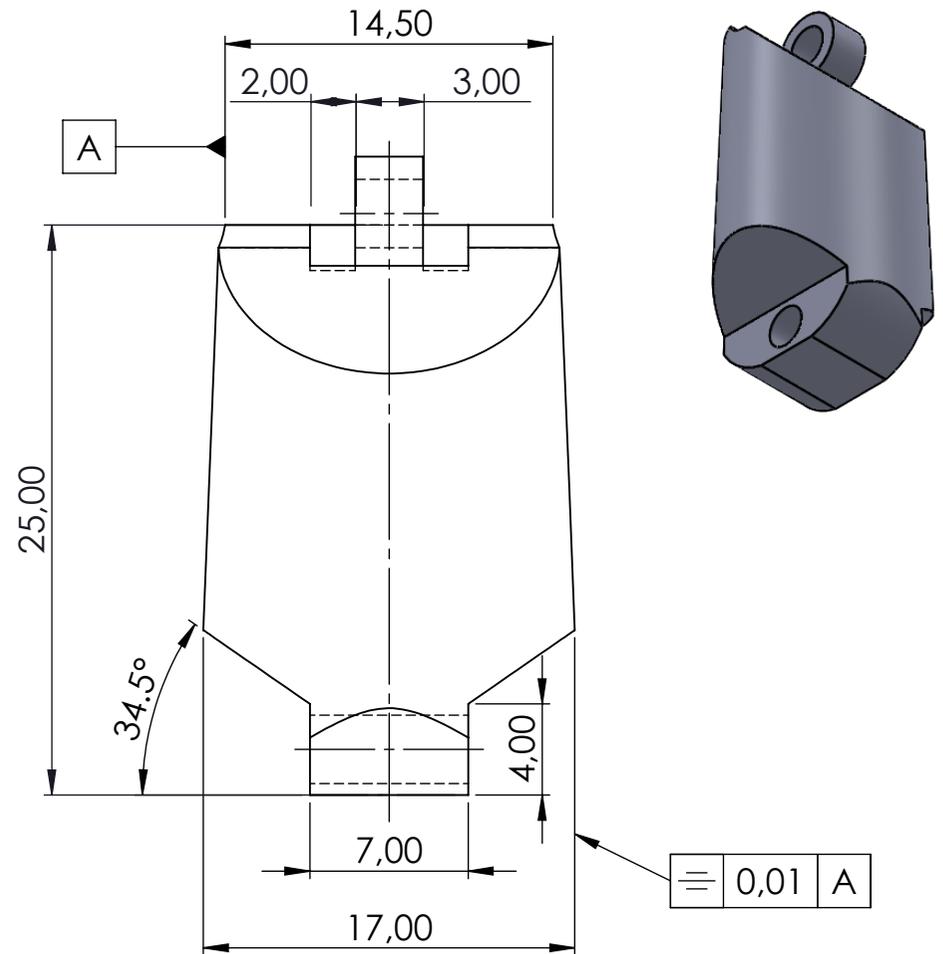
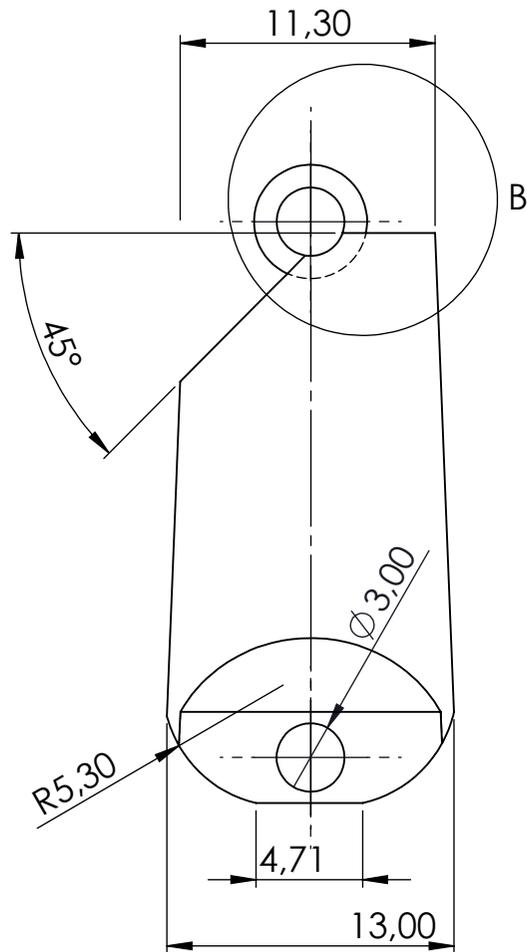


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
6	1	PRIMERA FALANGE DEDO ANULAR
5	1	SEGUNDA FALANGE DEDO ANULAR

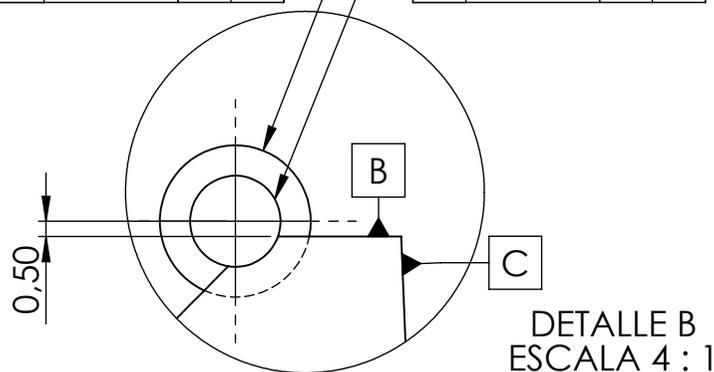
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

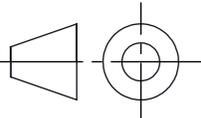
Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

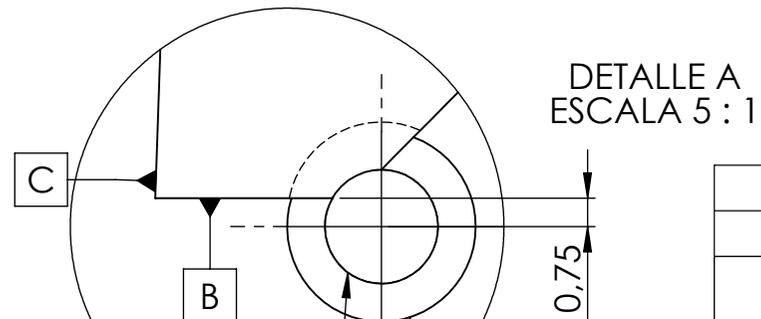
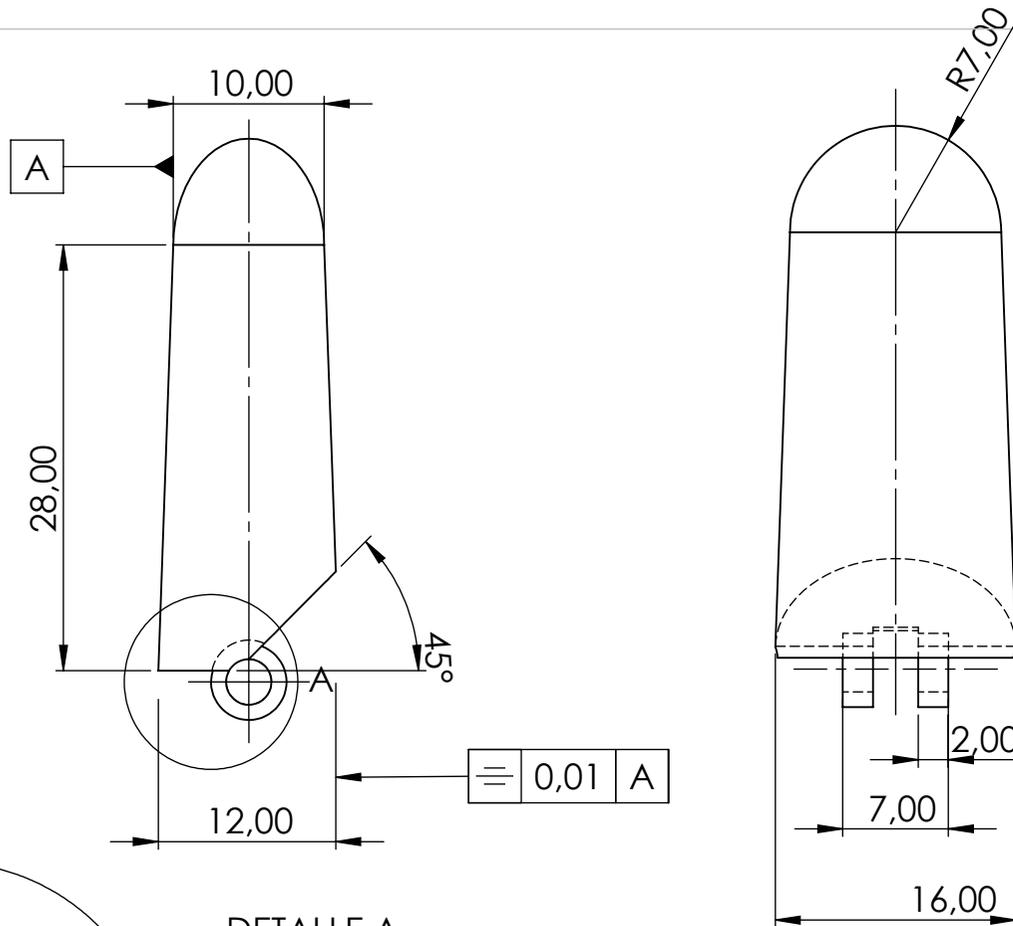
ESCALA: 5:2	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00
	SUBCONJUNTO: DEDO ANULAR	Nº Sub. : 01.03.00s



⊕	∅ 5,00	B	C	⊕	∅ 3,00	B	C
---	--------	---	---	---	--------	---	---

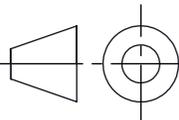


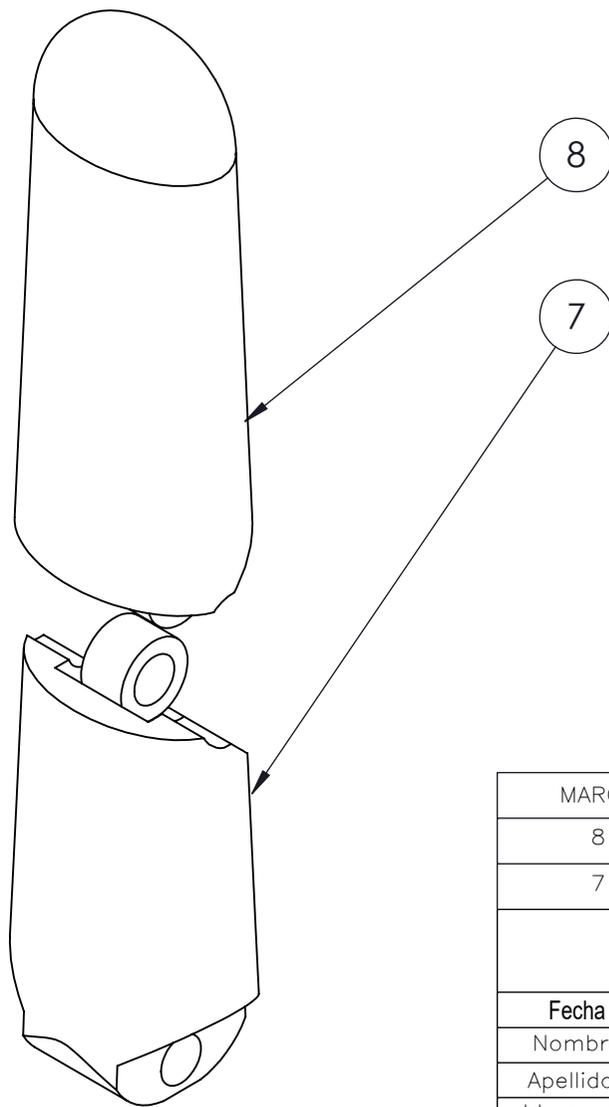
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
5	1	PRIMERA FALANGE DEDO ANULAR		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	3:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO ANULAR	Nº Sub. : 01.03.00	
		PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO ANULAR	Nº P. : 01.03.01	



DETALLE A
ESCALA 5 : 1

\varnothing	\varnothing	3,00	B	C	\varnothing	\varnothing	5,00	B	C
---------------	---------------	------	---	---	---------------	---------------	------	---	---

MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
6	1	SEGUNDA FALANGE DEDO ANULAR		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	2:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO ANULAR	Nº Sub. : 01.03.00	
		PLANO: SEGUNDA FALANGE DEDO ANULAR	Nº P. : 01.03.02	

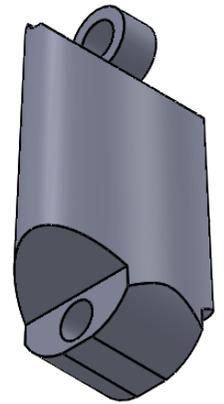
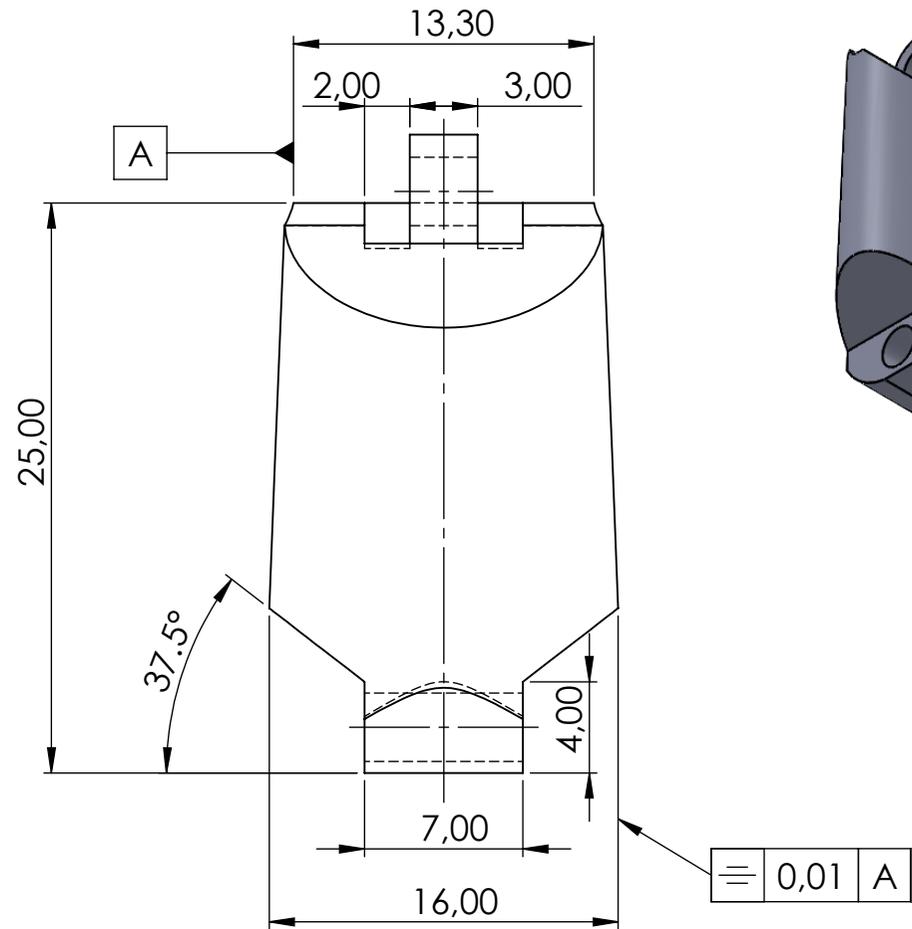
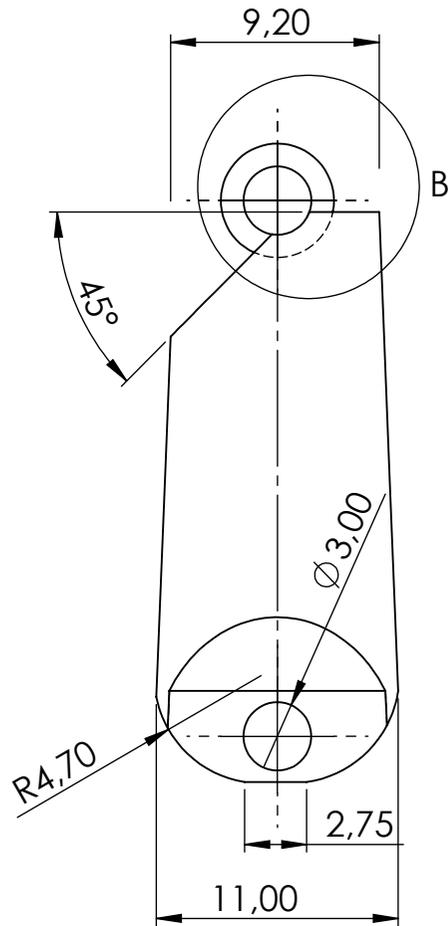


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
8	1	PRIMERA FALANGE DEDO MEÑIQUE
7	1	SEGUNDA FALANGE DEDO MEÑIQUE

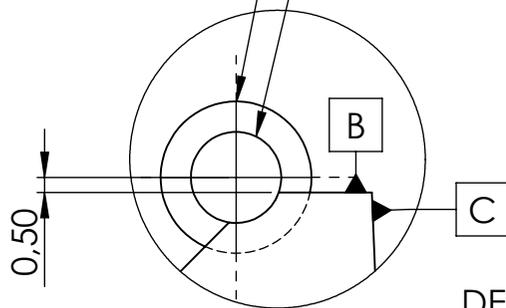
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

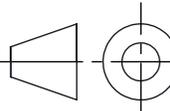
ESCALA: 5:2	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00
	SUBCONJUNTO: DEDO MEÑIQUE	Nº Sub. : 01.04.00s

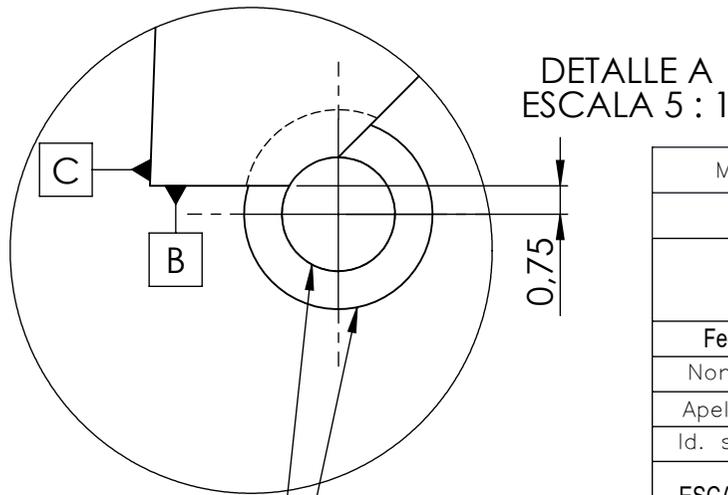
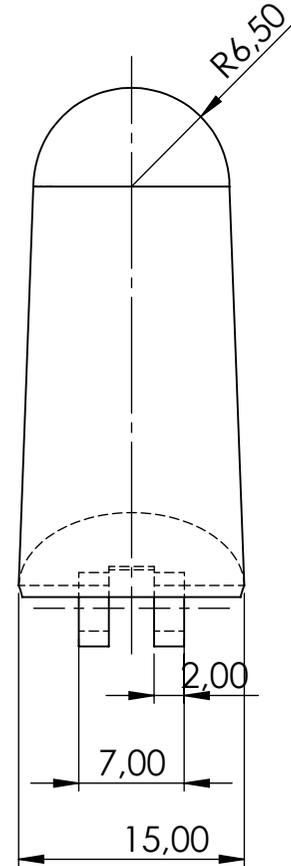
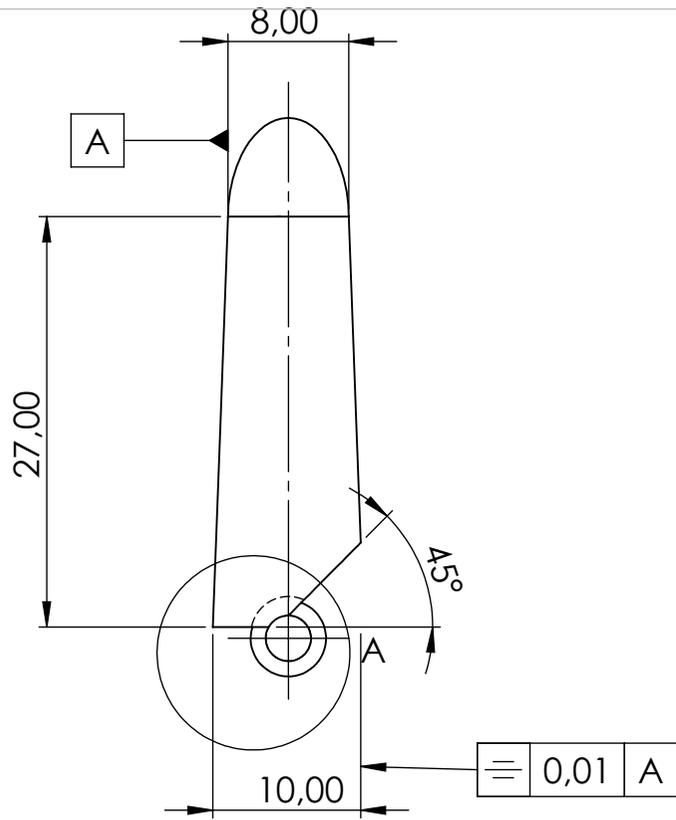


ϕ	ϕ 5,00	B	C	ϕ	ϕ 3,00	B	C
--------	-------------	---	---	--------	-------------	---	---



DETALLE B
ESCALA 4 : 1

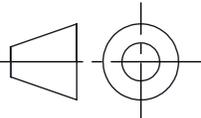
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
7	1	PRIMERA FALANGE DEDO MEÑIQUE		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Marzo 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	3:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: DEDO MEÑIQUE	Nº Sub. : 01.04.00	
		PLANO: PRIMERA FALANGE DEDO MEÑIQUE	Nº P. : 01.04.01	

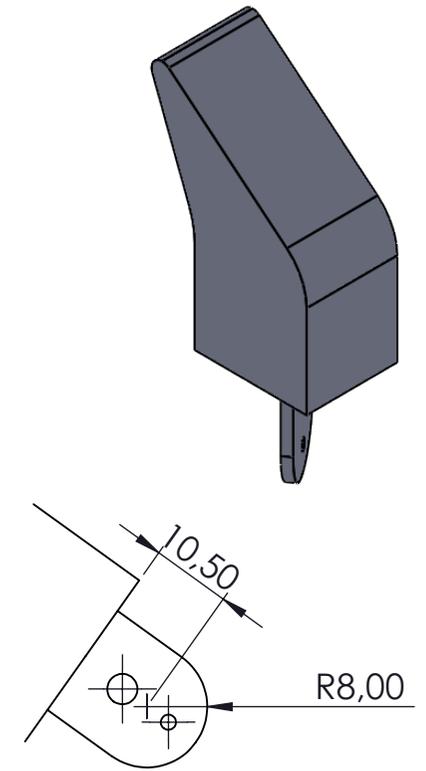
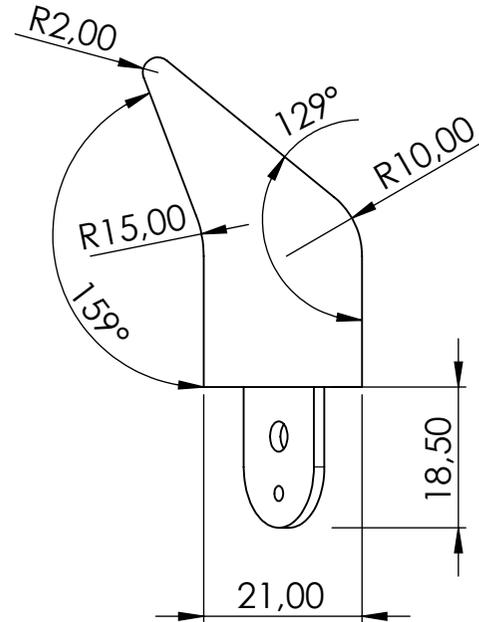
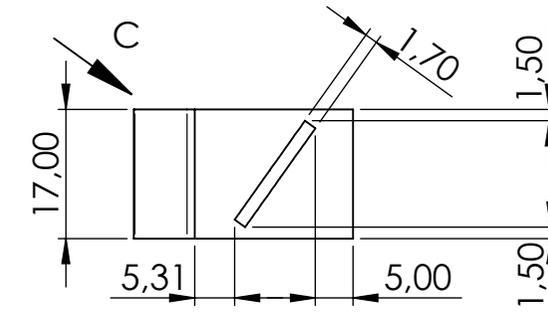
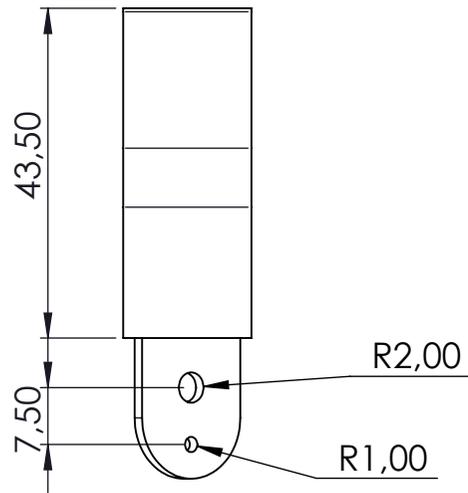


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
8	1	SEGUNDA FALANGE DEDO MEÑIQUE

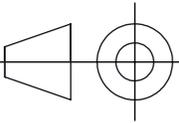
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

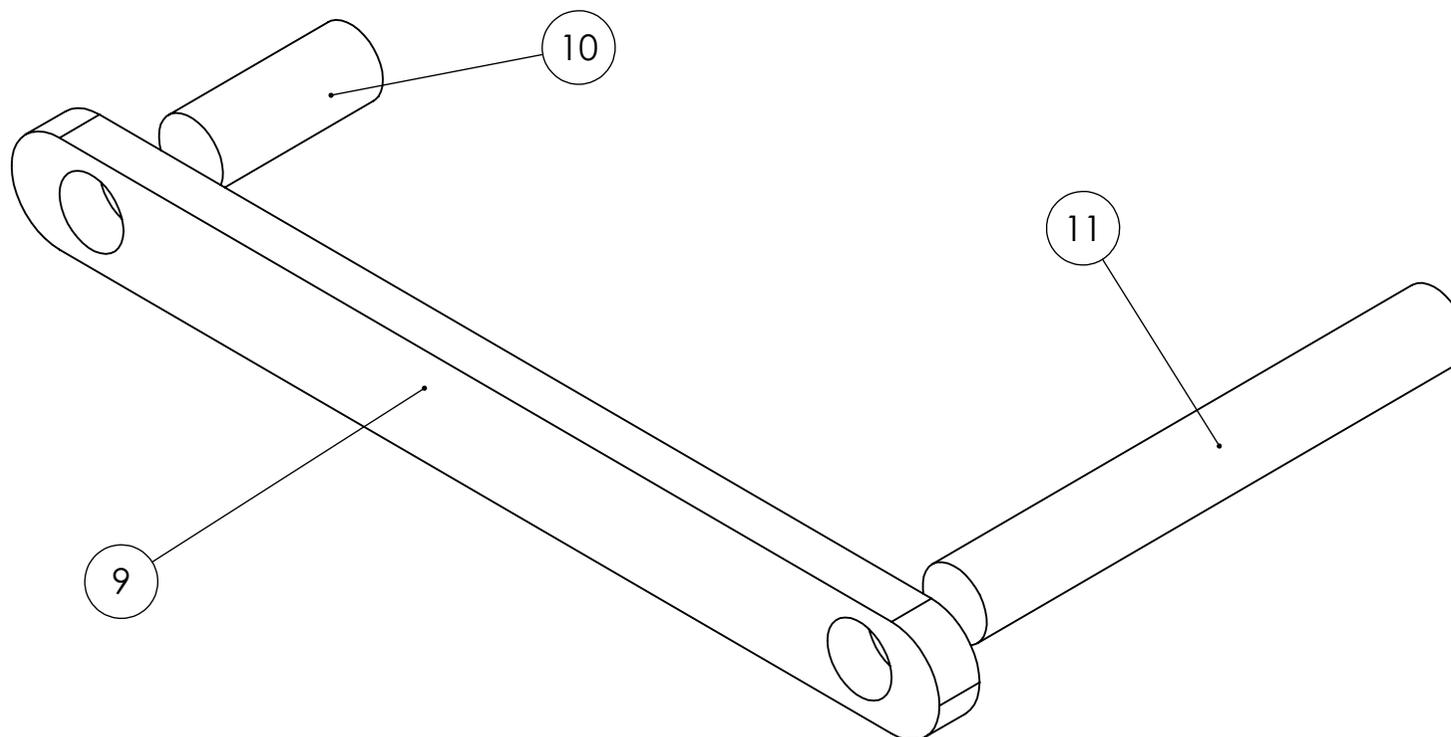
Fecha	Marzo 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

ESCALA: 2:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: DEDO MEÑIQUE	Nº Sub. : 01.04.00	
	PLANO: SEGUNDA FALANGE DEDO MEÑIQUE	Nº P. : 01.04.02	



VISTA C

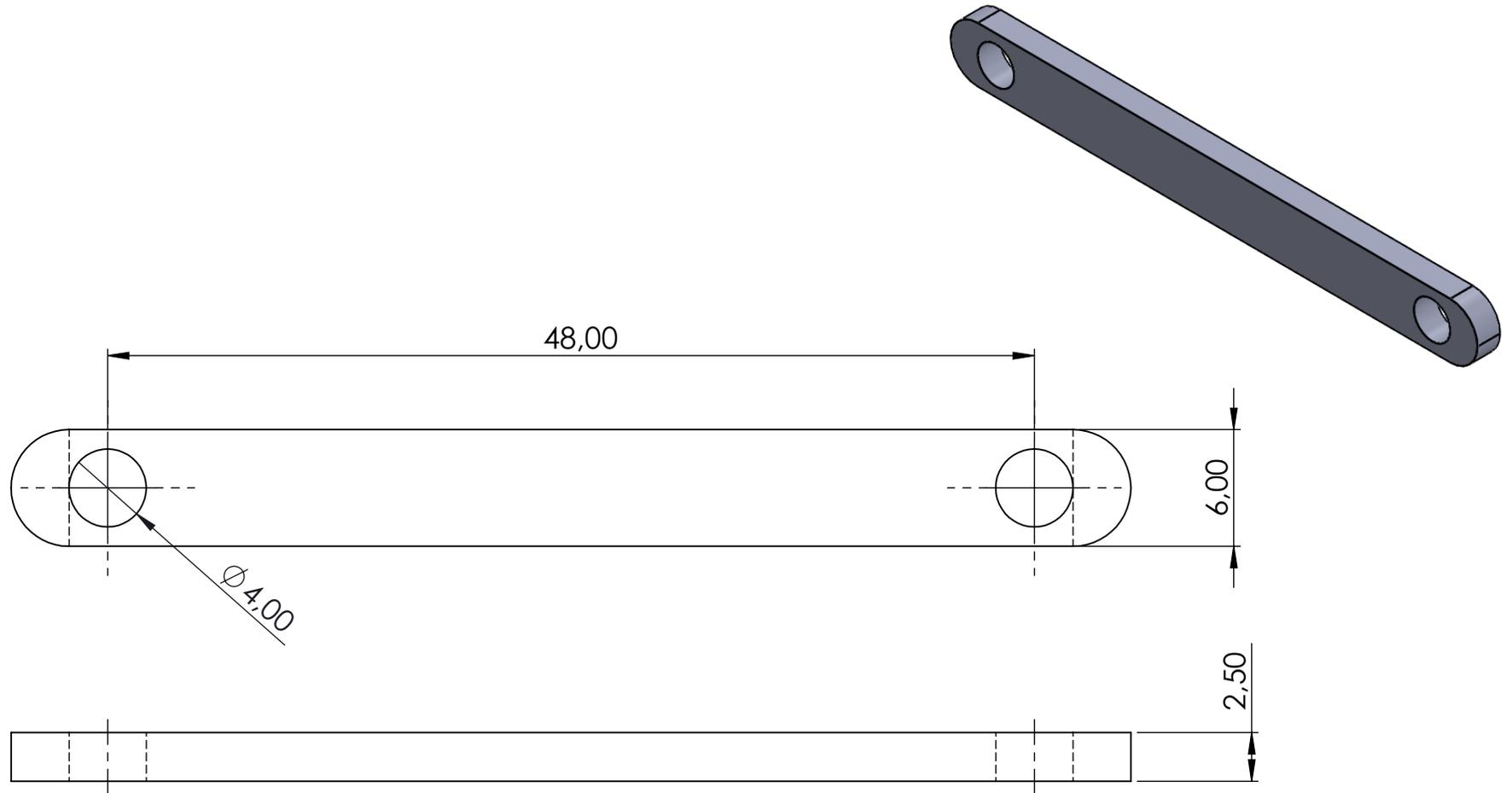
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
7	1	DEDO GORDO		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
1:1	TITULO: DEDO PULGAR		Nº P. : 01.00.03	



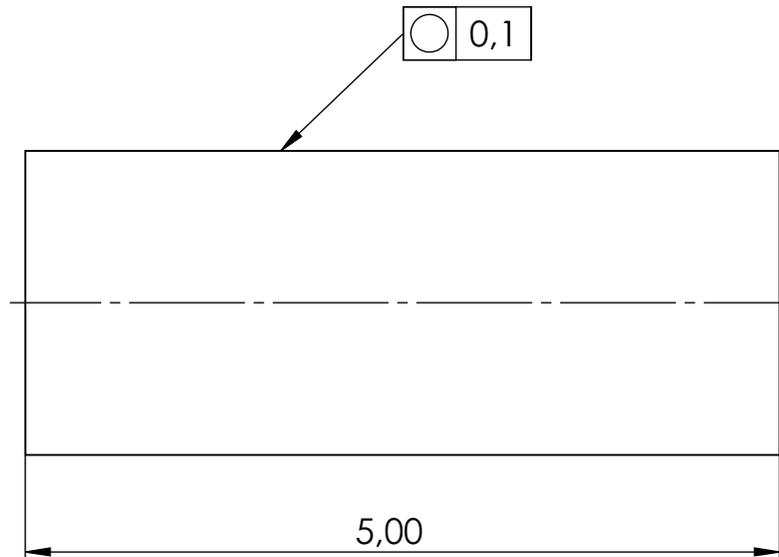
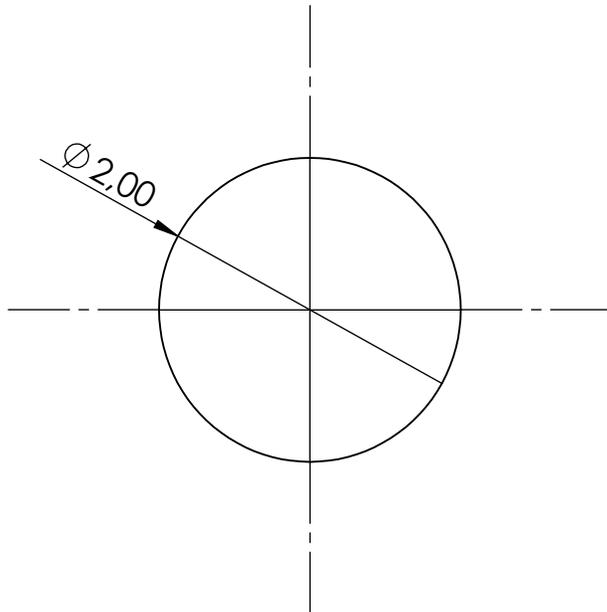
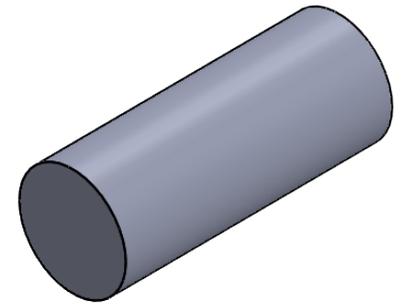
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
9	1	MANIVELA PEQUEÑA
10	1	PASANTE DEDO PULGAR A MANO
11	1	PASANTE DEDO PULGAR A ANTEBRAZO

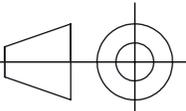
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

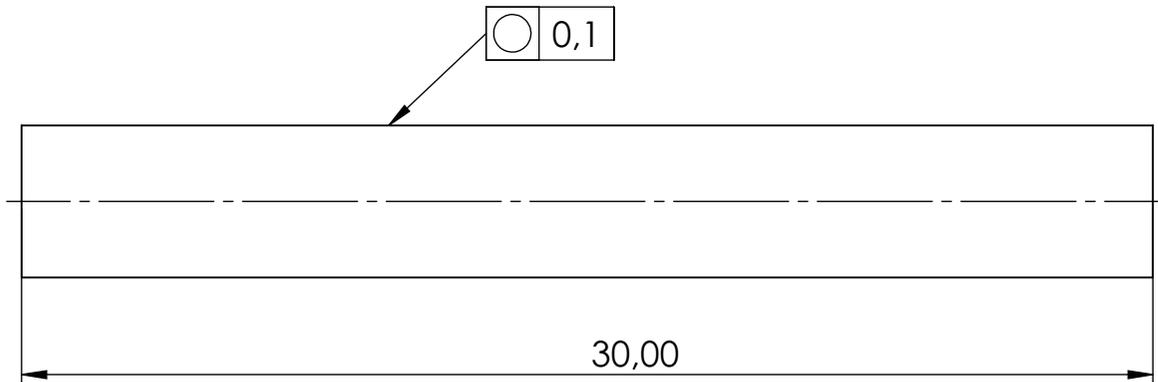
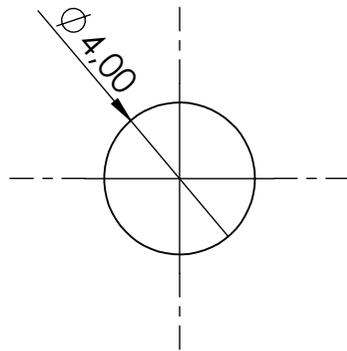
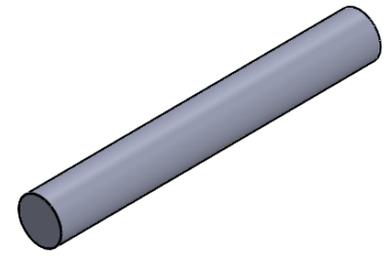
Fecha	Junio 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00
3:1	SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR		Nº Sub. : 01.05.00s



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
9	1	MANIVELA PEQUEÑA		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 3:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR		Nº Sub. : 01.05.00	
	PLANO: MANIVELA PEQUEÑA		Nº P. : 01.05.01	



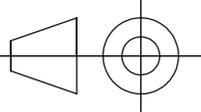
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
10	1	PASANTE DEDO PULGAR A MANO		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 20:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR		Nº Sub. : 01.05.00	
	PLANO: PASANTE DEDO PULGAR A MANO		Nº P. : 01.05.02	

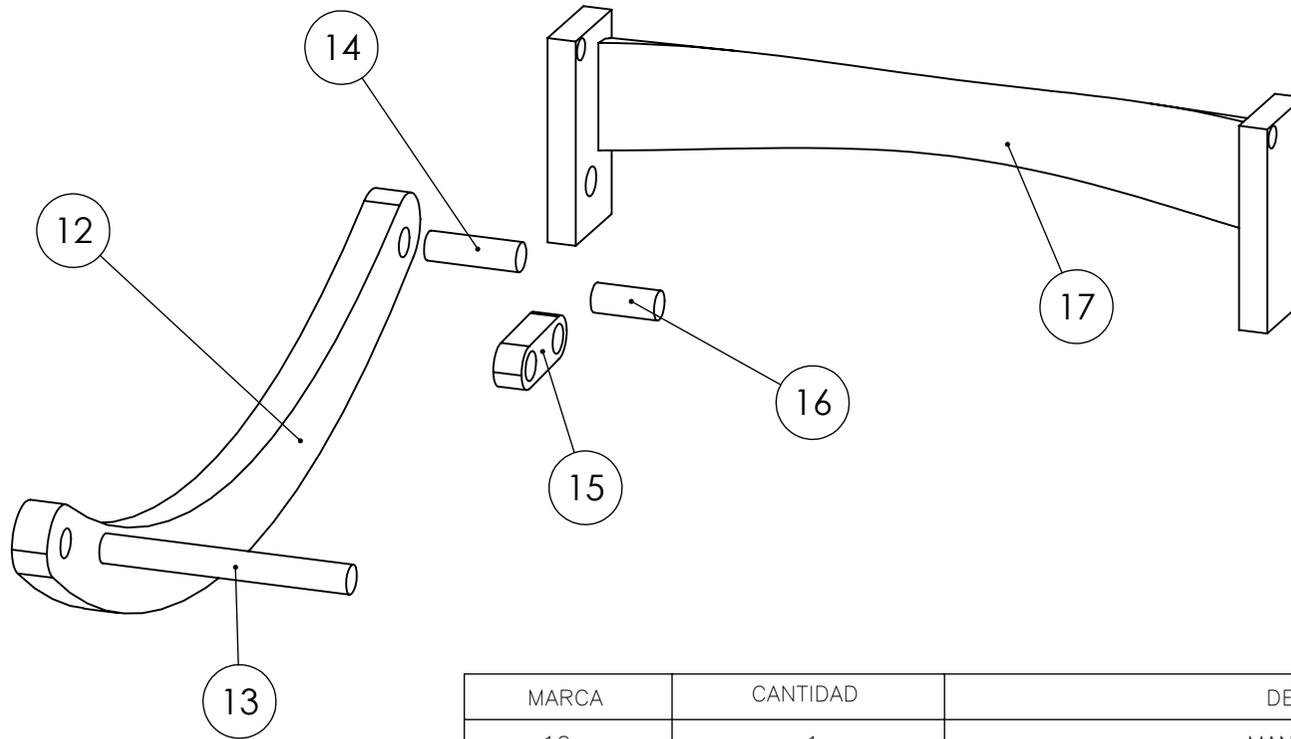


MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
11	1	PASANTE DEDO PULGAR A ANTEBRAZO

DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		

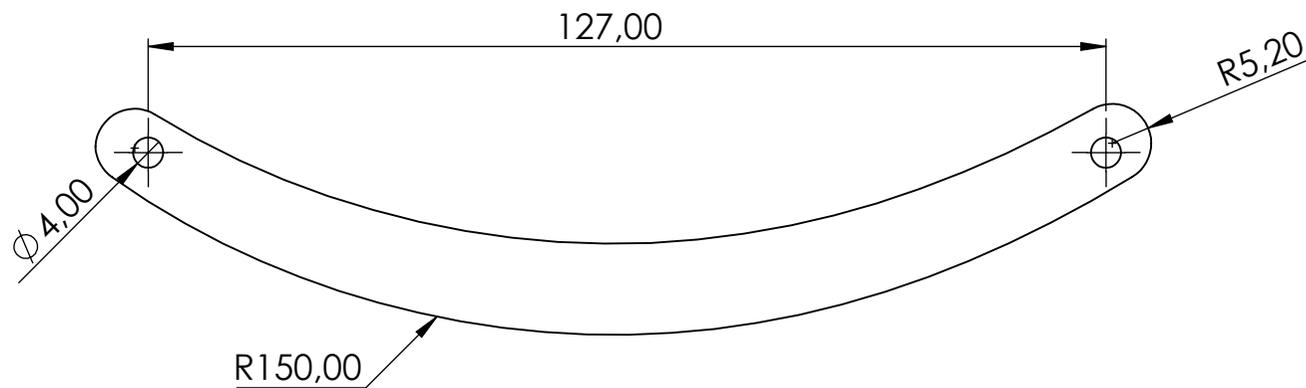
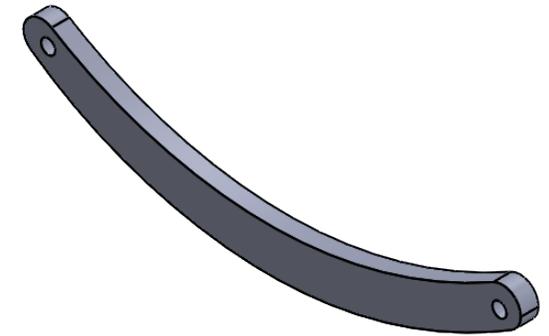
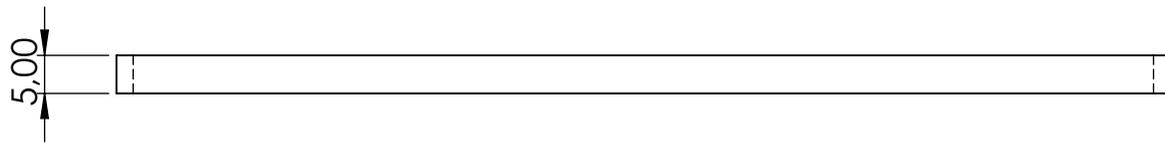
ESCALA: 5:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: MECANISMO DEDO PULGAR	Nº Sub. : 01.05.00	
	PLANO: PASANTE DEDO PULGAR A ANTEBRAZO	Nº P. : 01.05.03	

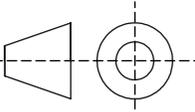


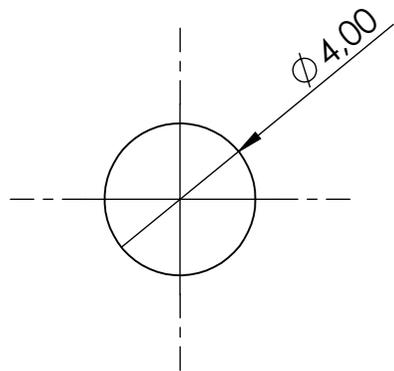
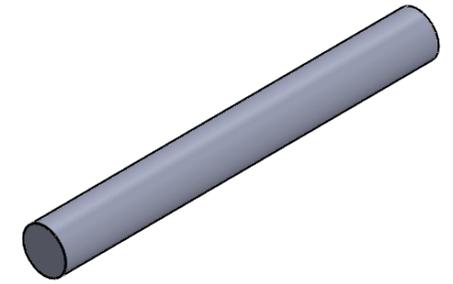
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN
12	1	MANIVELA GRANDE
13	1	PASANTE ANTEBRAZO A MANIVELA GRANDE
14	1	PASANTE MANIVELA GRANDE A BIELA
15	1	BIELA
16	1	PASANTE BIELA A ARCO DE DEDOS
17	1	ARCO DE DEDOS

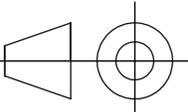
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL

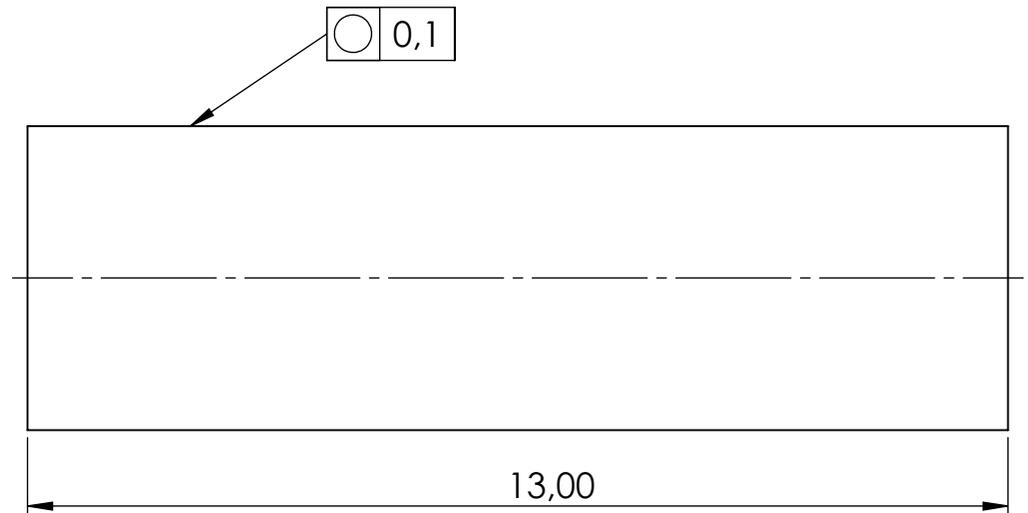
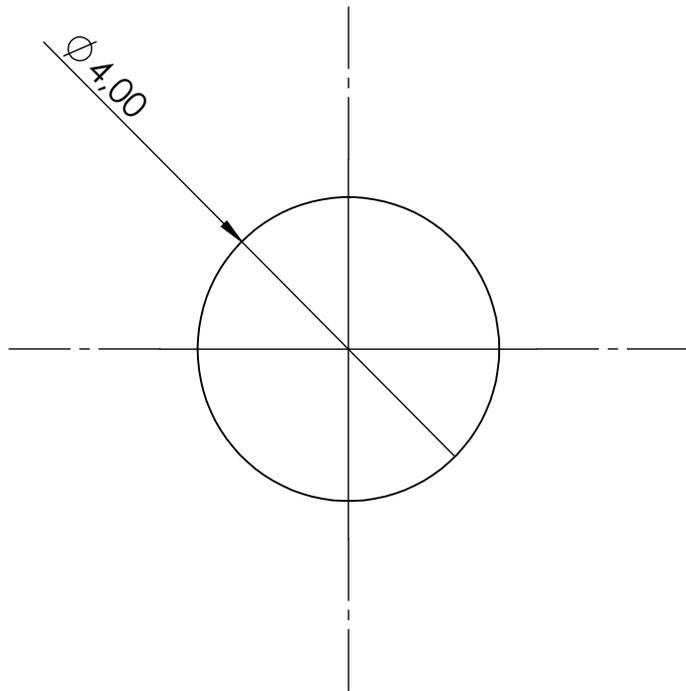
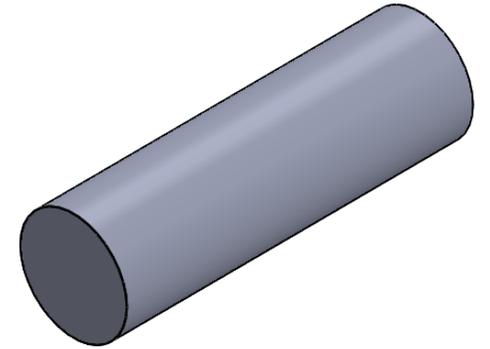
Fecha	Junio 2022		ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00
1:1	SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS		Nº P. : 01.06.00s

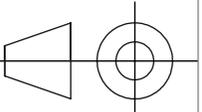


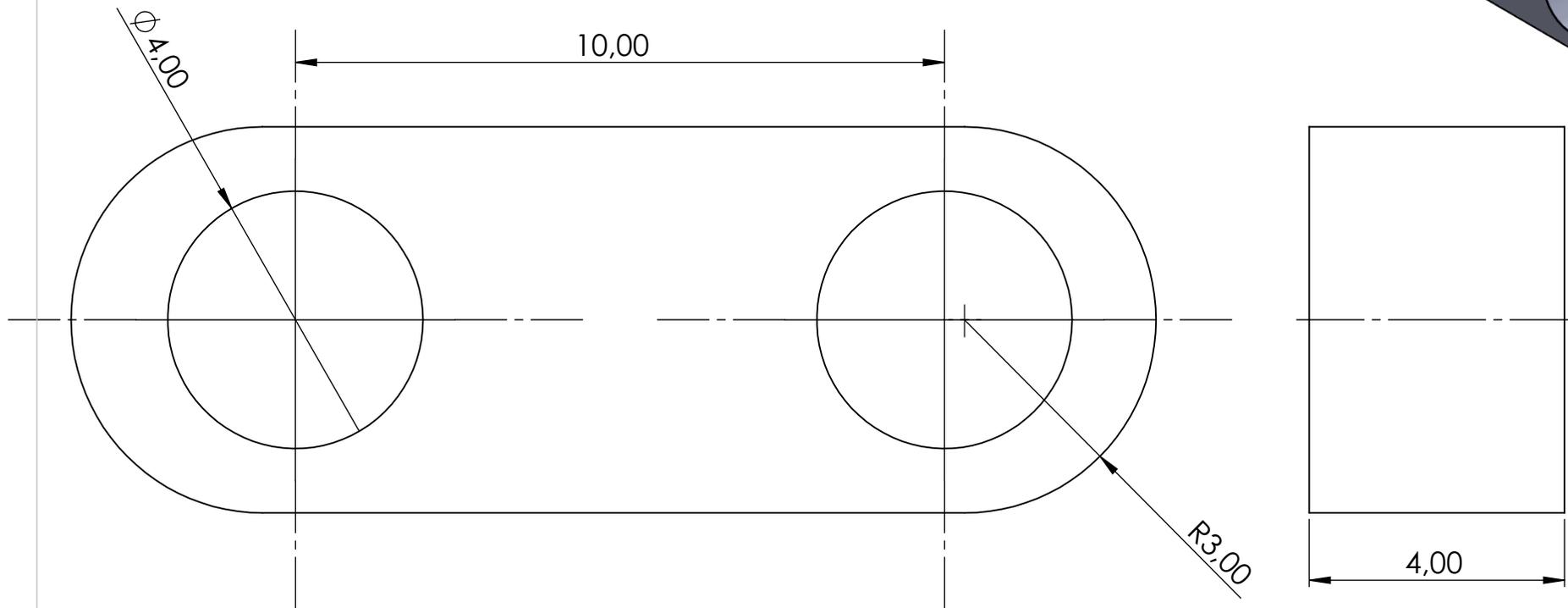
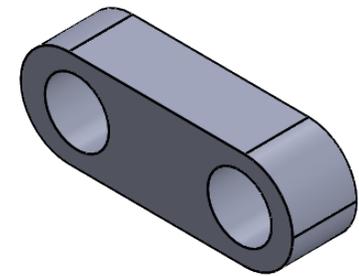
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
12	1	MANIVELA GRANDE		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	1:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS	Nº Sub. : 01.06.00	
		PLANO: MANIVELA GRANDE	Nº P. : 01.06.01	

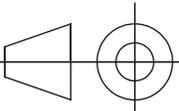


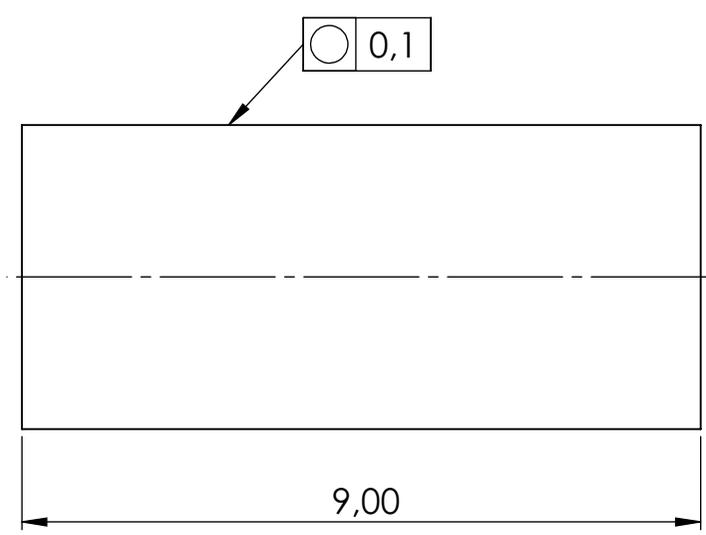
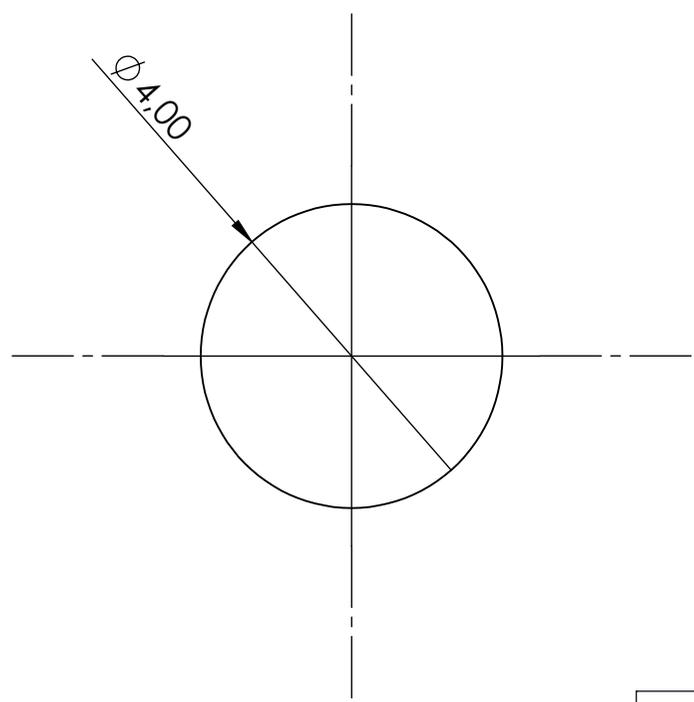
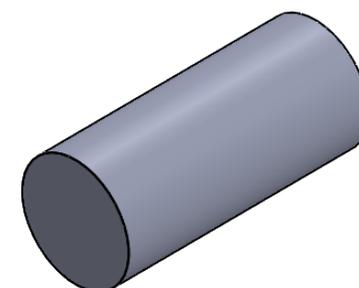
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
13	1	PASANTE ANTEBRAZO A MANIVELA GRANDE		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
5:1	SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS		Nº Sub. : 01.06.00	
	PLANO: PASANTE ANTEBRAZO A MANIVELA GRANDE		Nº P. : 01.06.02	

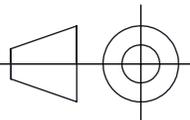


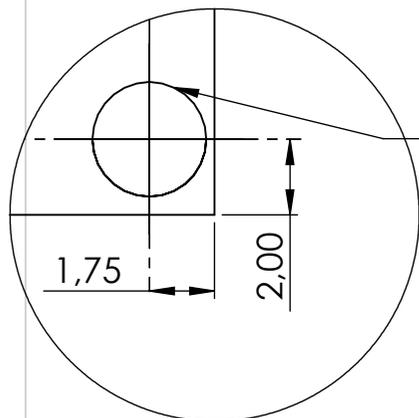
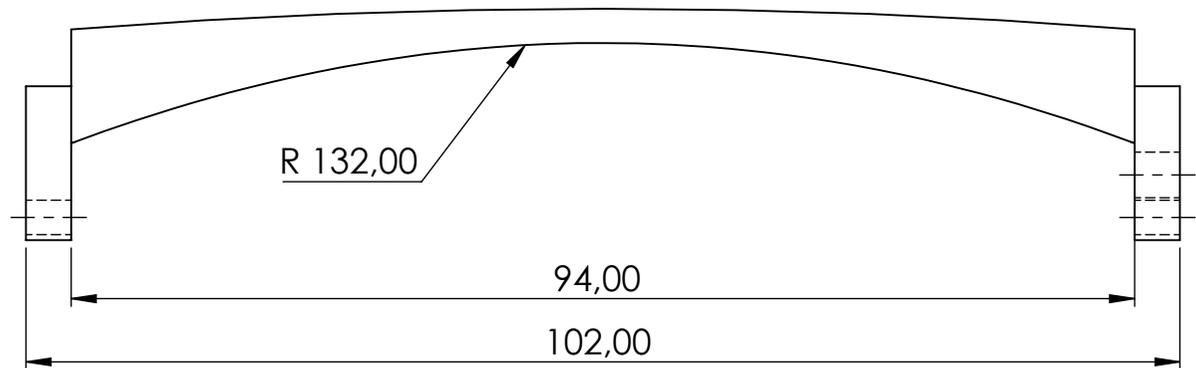
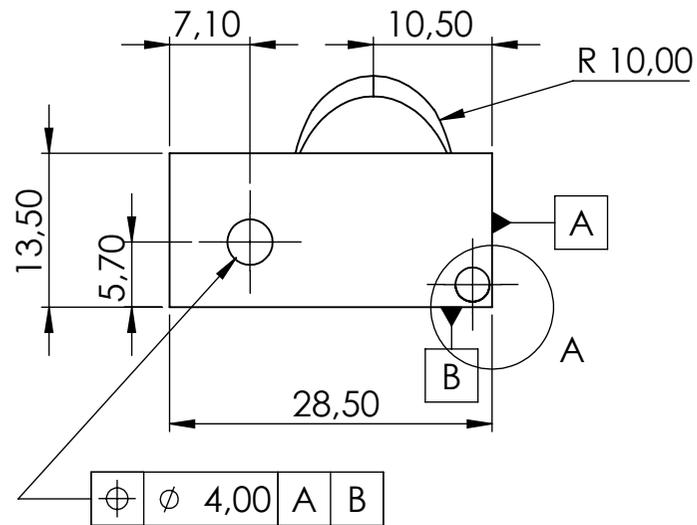
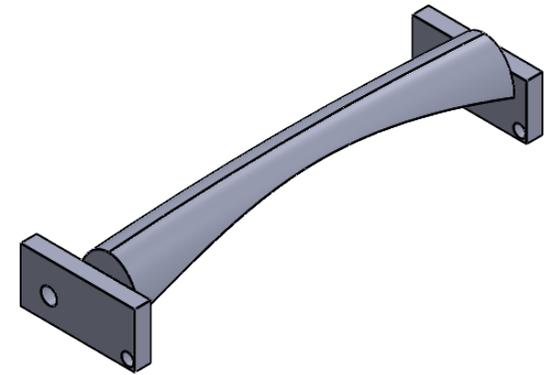
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
14	1	PASANTE MANIVELA GRANDE A BIELA		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
10:1	SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS		Nº Sub. : 01.06.00	
	PLANO: PASANTE MANIVELA GRANDE A BIELA		Nº P. : 01.06.03	



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
15	1	BIELA		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	10:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00	
		SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS	Nº Sub. : 01.06.00	
		PLANO: BIELA	Nº P. : 01.06.04	

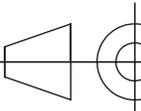


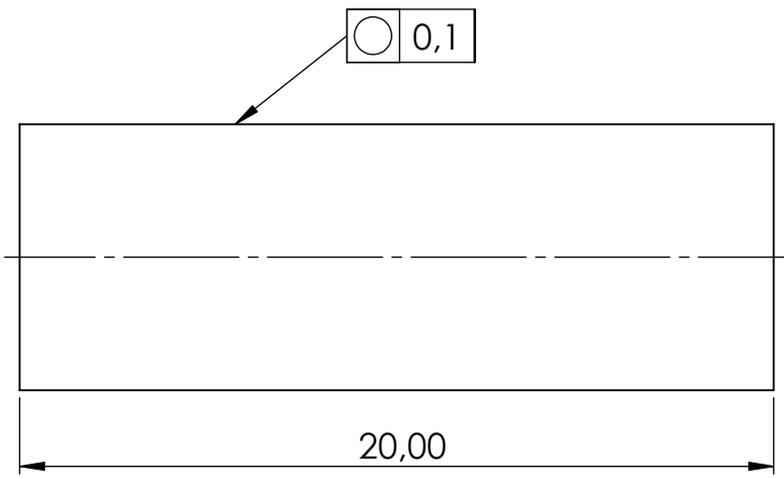
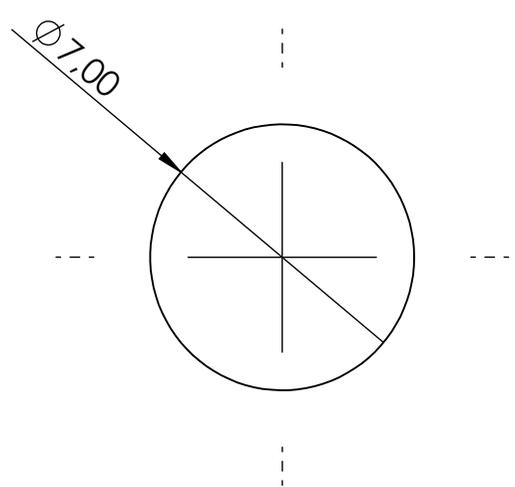
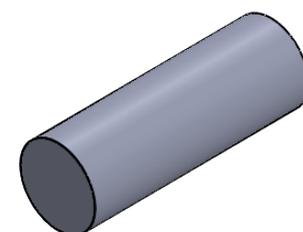
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
16	1	PASANTE BIELA A ARCO DE DEDOS		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA: 10:1	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
	SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS		Nº Sub. : 01.06.00	
	PLANO: PASANTE BIELA A ARCO DE DEDOS		Nº P. : 01.06.05	

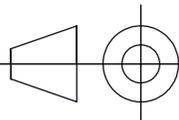


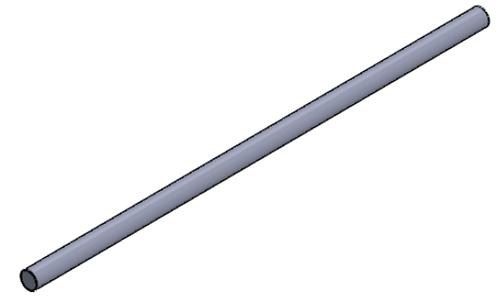
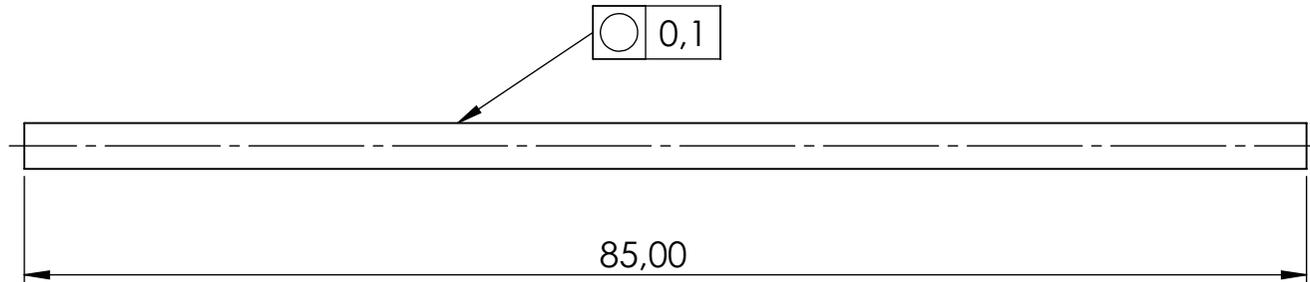
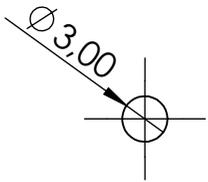
Ø 3,00 A B

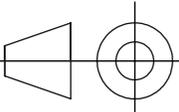
DETALLE A
ESCALA 5 : 1

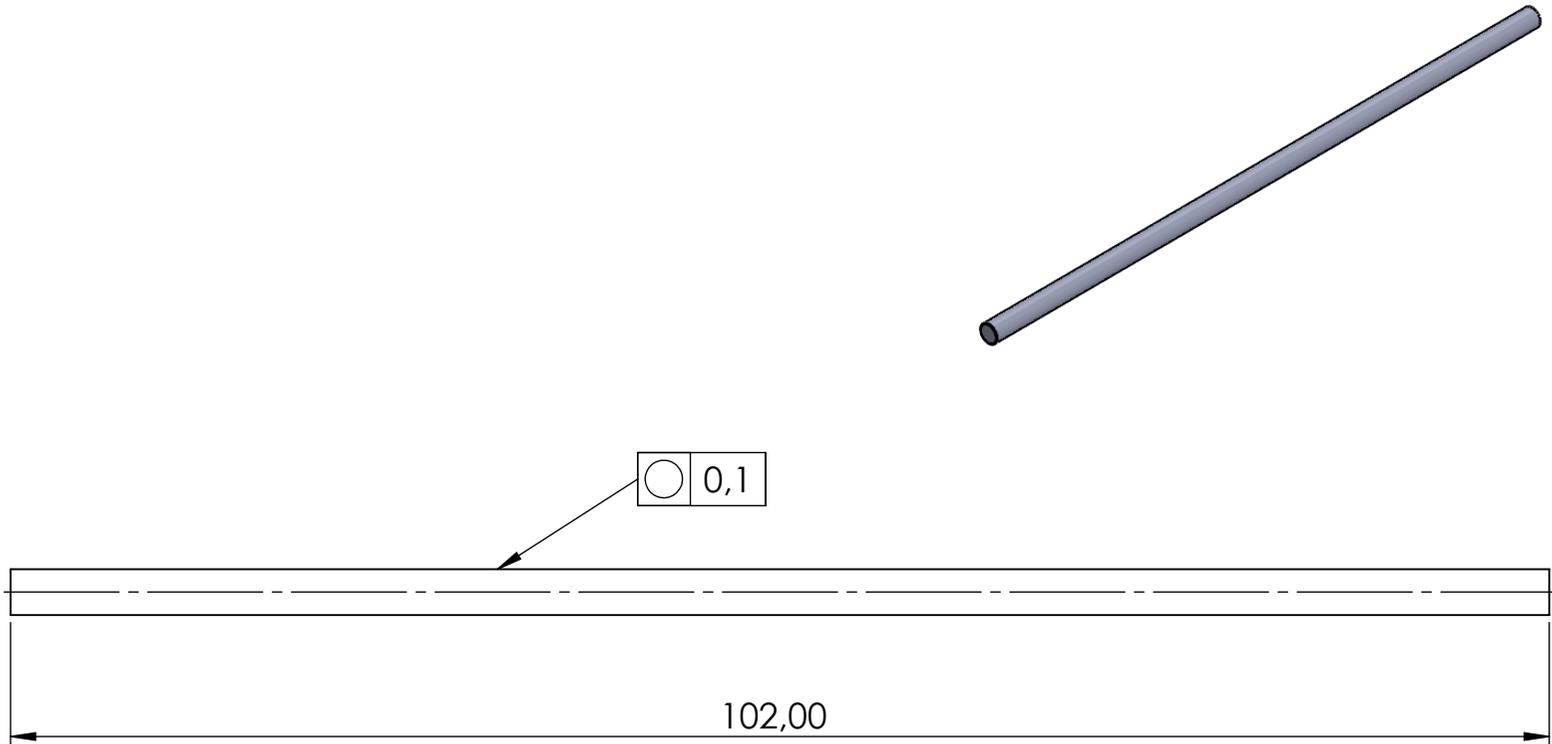
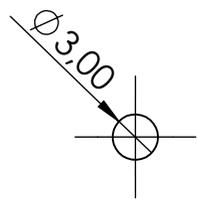
MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN	
17	1	ARCO DE DEDOS	
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL			
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna
Nombre	Daniel		
Apellidos	Pérez Martín		
Id. s. normas	UNE-EN-DIN		
ESCALA:	3:2	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL	Nº Conj. : 01.00.00
		SUBCONJUNTO: MECANISMO DE DEDOS	Nº Sub. : 01.06.00
		PLANO: ARCO DE DEDOS	Nº P. : 01.06.06
			



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
10	2	PASANTE ANTEBRAZO		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
5:1	PLANO: PASANTE ANTEBRAZO		Nº Sub. : 01.00.04	



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
11	1	PASANTE DE DEDOS 1		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
2:1	PLANO: PASANTE DE DEDOS 1		Nº Sub. : 01.00.05	



MARCA	CANTIDAD	DENOMINACIÓN		
12	1	PASANTE DE DEDOS 2		
DISEÑO DE MECANISMO DE PRÓTESIS MANUAL				
Fecha	Junio 2022	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR INGENIERÍA Y TECNOLOGIA Grado en Ingeniería Mecánica Universidad de La Laguna	
Nombre	Daniel			
Apellidos	Pérez Martín			
Id. s. normas	UNE-EN-DIN			
ESCALA:	CONJUNTO: PRÓTESIS MANUAL		Nº Conj. : 01.00.00	
1:1	PLANO: PASANTE DE DEDOS 2		Nº Sub. : 01.00.06	



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA

TRABAJO DE FIN DE GRADO
DISEÑO DE MECANISMO DE PROTESIS MANUAL
PRESUPUESTO

Titulación:

Grado en Ingeniería Mecánica

Autor:

Daniel Pérez Martín

Tutora:

Rosa E. Navarro Trujillo

La Laguna, Junio 2022

En este apartado del proyecto se elabora, con el módulo Costing de Solidworks, un presupuesto de la prótesis diseñada.

La información de fabricación y material de la plantilla lleva a la herramienta Costing a determinar un coste para una unidad del prototipo y para lotes de diferentes tamaños.

En la plantilla se han especificado el material a utilizar (PLA) y el método de fabricación (impresión en 3D).

Para calcular el coste de las piezas impresas en 3D el software Solidworks Costing:

- Analiza el volumen de la pieza.
- Calcula el tiempo necesario para fijar el material y el tiempo de enfriamiento.
- Utiliza la plantilla de mecanización para determinar el coste

En la Tabla 10 se muestra el desglose de coste por pieza que generó el Costing para el diseño creado:

Piezas calculadas	Método	Cantidad	Coste de pieza (USD/Ensamblaje:)	Coste total (USD / Ensamblaje:)
Primera falange del dedo meñique [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.83	3.83
Segunda falange del dedo meñique [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.87	3.87
Primera falange del dedo índice [Predeterminado]	Mecanizado	1	4.91	4.91
Primera falange del dedo medio [Predeterminado]	Mecanizado	1	4.93	4.93
Primera falange del dedo anular [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.88	3.88
Palma de la mano [Predeterminado]	Mecanizado	1	20.89	20.89
Pasante biela mano 2 [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.80	2.80
Segunda falange del dedo anular [Predeterminado]	Mecanizado	1	4.94	4.94
Parte de atrás de la mano [Predeterminado]	Mecanizado	1	10.27	10.27
Unión dedo pulgar [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.81	2.81
Segunda falange del dedo medio [Predeterminado]	Mecanizado	1	4.07	4.07
Segunda falange del dedo índice buena [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.05	3.05
Mecanismo mover dedos [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.43	3.43

Unión biela mano [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.65	3.65
Pasante antebrazo- mano [Predeterminado]	Mecanizado	2	2.83	5.66
Unión dedos [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.82	2.82
Unión dedo pulgar 2 [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.82	2.82
Dedo pulgar [Predeterminado]	Mecanizado	1	6.50	6.50
Unión falanges con mecanismo [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.83	2.83
Unión antebrazo- dedo pulgar [Predeterminado]	Mecanizado	1	3.68	3.68
Antebrazo [Predeterminado]	Mecanizado	1	24.74	24.74
Unión antebrazo [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.82	2.82
Pasante biela mano 1 [Predeterminado]	Mecanizado	1	2.81	2.81
Total			129.18	132.01

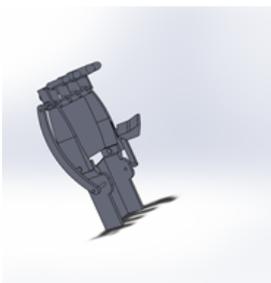
Tabla 10: Desglose coste por pieza Fuente: Solidworks Costing

A continuación, en la Figura 67 y 68, se muestra la diferencia de precio obtenida en los supuestos de fabricar una prótesis y un lote de 100 prótesis.



Nombre del ensamblaje:		Mecanismo de prótesis manual	
Coste estimado por ensamblaje:		221.40 USD	
Plantilla de Costing utilizada:		machiningtemplate_default(englishstand.ard) 777.sldctc	
Estimación	Número de ensamblajes	Precio por unidad	Precio total
	1	221.40 USD	221.40 USD

Figura 67: Presupuesto de 1 ensamblaje Fuente: Propia



Nombre del ensamblaje:		Mecanismo de prótesis manual	
Coste estimado por ensamblaje:		132.13 USD	
Plantilla de Costing utilizada:		machiningtemplate_default(englishstand.ard) 777.sldctc	
Estimación	Número de ensamblajes	Precio por unidad	Precio total
	100	132.13 USD	13213.00 USD

Figura 68: Presupuesto de 100 ensamblajes Fuente: Propia

Como se puede ver hay una diferencia de 90,27 USD entre los dos supuestos.

Es un precio considerable para tener en cuenta, sobre todo para uno de los objetivos iniciales, que es conseguir una prótesis accesible para todo el mundo en cuanto al precio se refiere.