

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**DISEÑO DE PRÓTESIS A PARTIR DE FABRICACIÓN ADITIVA
(IMPRESIÓN 3D) CON CONTROL DE MOVIMIENTO DIRIGIDO
POR SERVOMOTOR.**

Proyecto de título para optar al Título de
INGENIERÍA EN FABRICACIÓN Y
DISEÑO INDUSTRIAL con Licenciatura en
ingeniería en fabricación y diseño industrial.

Alumno:
Paula Belén López Tenorio

Profesor Guía:
Mario González Carvallo.

RESUMEN

KEYWORDS: IMPRESIÓN 3D – SERVOMOTOR – PRÓTESIS – FABRICACIÓN ADITIVA – SENSORES.

El proyecto pretende mostrar el proceso de diseño y desarrollo de un prototipo de mano protésica que permite a los usuarios interactuar con diferentes objetos a través del movimiento de servomotores, destacando sus materiales de construcción.

En el primer capítulo se establecen unos antecedentes generales que orientan a una mejor comprensión de las prótesis controladas por servomotores, una comprensión de la situación actual y elementos de apoyo para la rehabilitación y/o uso diario de los pacientes que lo necesitan, estableciendo requerimientos propios del proyecto, generando un proceso teórico donde se fijan objetivos.

Dentro del segundo capítulo se establecerán los parámetros necesarios para que el proyecto logre una factibilidad óptima, lográndose a través de la definición de conceptos técnicos que están estrechamente relacionados con el movimiento de la mano, cuya comprensión, guía a determinar criterios de diseño, alternativas morfológicas, procesos productivos, entre otros, integrando análisis técnicos en base a software y generando los planos necesarios para la estructura y sistemas que componen las funciones deseadas.

Por último, el tercer capítulo presenta la evaluación financiera y económica, en donde se identificarán gastos, beneficios, recursos y elementos que generan creación de valor en el mercado. En este proyecto, se investigará el flujo de fondos y riesgos con el fin de examinar un rendimiento de inversión realizada en el mismo asociado a la viabilidad de este.

ÍNDICE

RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO	2
1. ANTECEDENTES GENERALES.	3
1.1 Antecedentes históricos	3
1.1.1 Estado del arte	3
1.2 Antecedentes relevantes	5
1.2.1 Clasificación de las tecnologías de fabricación aditiva	5
1.2.1.1 Fotopolimerización	6
1.2.1.2 Fusión de lecho de polvo	6
1.2.1.3 Laminación de hojas	7
1.2.1.4 Deposición directa de energía	7
1.2.1.5 Inyección aglutinante	7
1.2.1.6 Inyección de material	8
1.2.1.7 Extrusión de material	8
1.2.2 Clasificación de prótesis	8
1.2.3 Servomotor	10
1.2.3.1 ¿Qué es?	10
1.2.3.2 Características principales de un servomotor	11
1.2.3.3 Partes de un servomotor	11
1.2.3.4 ¿Cómo controlar el servomotor?	11
1.2.3.5 Tipo de servomotores	12
1.3 Problema de diseño	12
1.3.1 Avances tecnológicos	13
1.3.2 Alternativas existentes	13
1.4 Contexto del problema	14
1.4.1 Prótesis dentro del contexto nacional	14
1.4.2 Accesibilidad de prótesis	14
1.5 Análisis estratégico del problema	15
1.6 Comprensión del mercado	17
1.6.1 Usuario	17
1.6.2 Socios clave	17
1.6.3 Propuesta de valor	18
1.6.4 Recursos clave	18
1.6.5 Actividades clave	18
1.6.6 Canales	18

1.6.7 Relación con clientes	18
1.6.8 Costos de estructura	19
1.6.9 Fuentes de ingreso	19
1.7 Objetivos del proyecto	19
1.7.1 Objetivo general	19
1.7.2 Objetivos específicos	19
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA	21
2. DISEÑO DE INGENIERÍA	22
2.1 Metodología de diseño	22
2.2 Definición y desarrollo del producto	23
2.2.1 Anatomía y fisiología de la mano	23
2.2.2 Análisis anatómico	26
2.2.3 Metas cualitativas	29
2.2.4 Metas cuantitativas	29
2.3 Alternativas morfológicas y tecnológicas	29
2.3.1 Funcionalidades	29
2.3.2 Modelo tridimensional	32
2.4 Desarrollo de partes, piezas y componentes	32
2.4.1 Procesos de manufactura y/o fabricación	32
2.4.2 Definición de materialidad	33
2.4.3 Análisis de sección	33
2.5 Diseño para la fabricabilidad	34
2.5.1 Análisis del modelado tridimensional	34
2.6 Análisis y definición de procesos productivos	35
2.6.1 Definición del proceso ideal	35
2.6.2 Definición de planimetrías	35
2.6.3 Estimación de tiempos y costos productivos	35
CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN FINANCIERA	38
3. Evaluación financiera.	40
3.1 Evaluación global	40
3.2 Fuente de financiamiento.	40
3.3 Estudio de costos.	41
3.3.1 Inversiones.	41
3.3.2 Fabricación.	42
3.3.3 Gastos operacionales.	42
3.3.4 Puesta en marcha	43
3.3.5 Precio.	43
3.3.6 Horizonte del proyecto	43

3.3.7 Capital de trabajo	44
3.3.7.1 Método contable	44
3.4 Consideraciones económicas.	44
3.4.1 Tasa de descuento	44
3.4.2 Financiamiento del proyecto	46
3.4.3 Moneda a utilizar	47
3.5 Fuentes y costos de financiamiento	47
3.5.1 VAN	47
3.5.2 TIR	47
3.5.3 PRI	48
3.5.4 Depreciaciones	48
3.6 Flujo de caja puro	49
3.7 Flujo de caja financiado (25%)	50
3.8 Flujo de caja financiado (50%)	51
3.9 Flujo de caja financiado (75%)	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1. Prótesis de mano "alt-Ruppin"	4
Figura 1-2. Primera prótesis de mano "Le petit Loraine".	5
Figura 1-3. Prótesis de brazo por tracción.	9
Figura 1-4. Prótesis de antebrazo.	9
Figura 1-5. Prótesis de brazo.	9
Figura 1-6. Prótesis con control mioeléctrico.	10
Figura 1-7. Prótesis híbrida	10
Figura 1-8. Servomotor	11
Figura 2-1 Metodología de Bruno Murani	22
Figura 2-2. Anatomía superficial de la mano	22
Figura 2-3. Medidas de las manos según Norma DIN 33402	23
Figura 2-4. Arcos descritos por los movimientos de la muñeca y la mano.	25
Figura 2-5. Diferentes posturas de las manos y muñecas	26
Figura 2-6. Diferentes posturas de las manos y muñecas	26
Figura 2-7. Diferentes posturas de las manos y muñecas	26
Figura 2-8. Diferentes posturas de las manos y muñecas	27
Figura 2-9. Diferentes posturas de las manos y muñecas	27
Figura 2-10. Diferentes posturas de las manos y muñecas	27
Figura 2-11. Concepto morfológico para prótesis de mano.	28
Figura 2-12. Comparación de Arduino	29
Figura 2-13. Alimentación de la Arduino Nano	30
Figura 2-14. Sensor EMG MyoWare	31
Figura 2-15. Prótesis de mano, modelo tridimensional	31
Figura 2.16. Vista isométrica de dedos	32
Figura 2-17. Vista isométrica de dedo pulgar	33
Figura 2.18. Vista isométrica de palma	33
Figura 2-19. Vista isométrica modelado tridimensional	34

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1. Tecnologías y procesos de fabricación aditiva.	6
Tabla 1-2. Síntesis de Fuerzas de Porter.	17
Tabla 1-3. Modelo Canvas.	19
Tabla 2-1 Principales medidas de la mano	24
Tabla 2-2 Medidas del perfil de la mano	25
Tabla 2-3 Medidas de la mano	25
Tabla 2-4 Estudio de tiempo y costos productivos	36
Tabla 3-1. Detalle de inversión	42
Tabla 3-2. Costos de fabricación	42
Tabla 3-3. Costos fijos	42
Tabla 3-4. Costos variables	42
Tabla 3-5 Precio total adquirido en periodo de cinco años	44
Tabla 3-6 Valores rentabilidad del activo sin riesgo (Rf)	45
Tabla 3-7 Valores rentabilidad media del mercado (Rm)	45
Tabla 3-8 Valores beta por rubro de empresa	46
Tabla 3-9. Cuotas, intereses y amortización para un 25% de financiamiento (En UF)	46
Tabla 3-10. Cuotas, intereses y amortización para un 50% de financiamiento (En UF)	46
Tabla 3-11. Cuotas, intereses y amortización para un 75% de financiamiento (En UF)	47
Tabla 3-12. Depreciación acelerada según SII	49
Tabla 3-13. Depreciación acelerada de activos fijos.	49
Tabla 3-14. Desarrollo económico general. (En UF)	50
Tabla 3-15. Desarrollo económico financiado al 25%	51
Tabla 3-16. Desarrollo económico financiado al 50%	52
Tabla 3-17. Desarrollo económico financiado al 75%	53

ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 1-1. Clasificación de la población con discapacidad

15

ÍNDICE DE FÓRMULAS.

Fórmula 3-1 Cálculo puesta en marcha	42
Fórmula 3-2 Cálculo precio de venta	42
Fórmula 3-3 Cálculo del capital de trabajo	43
Fórmula 3-4 Cálculo tasa de descuento	44
Fórmula 3-5, Cálculo del VAN.	46
Fórmula 3-6, Cálculo del TIR.	46
Fórmula 3-7, Cálculo del PRI.	47

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

A.- SIGLAS

SLA: Estereolitografía

DPL: Procesamiento digital por luz

EBM: Fusión por haz de electrones

SLS: Sinterización selectiva por láser

SHC: Sinterización selectiva por calor

SLM: Fusión selectiva por láser

DMLS: Sinterización de metal directa por láser

LOM: Fabricación de objetos laminados

LMD: Consolidación ultrasónica

LMD: Laser metal deposition

PBHI: POWDER BED AND Inker head

PP: Plaster based 3D printing

MJM: Modelado de inyección múltiple

FDM: Modelado por deposición fundida

CO2: Dióxido de carbono

UV: Ultravioleta

CC: Corriente Continua

PWM: Modulación por ancho de pulso

AC: Corriente Alterna

SENADIS: Servicio Nacional de Discapacidad

DIE: Departamento de ingeniería eléctrica

FCFM: Facultad de ciencias físicas y matemáticas

MINSAL: Ministerio de salud

DIN: Deutscher Industrie Normen (Normas de la industria alemana)

MCF: Metacarpofalángica

IFP: Interfalángica Proximal

IFD: Interfalángica distal

IF: Interfalángica

EMG: Electromiografía

ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno

VAN: Valor Neto Acumulado

TIR: Tasa Interna de Retorno

PRI: Periodo de Recuperación de Inversión

UF: Unidad de Fomento

B.- SIMBOLOGÍA

Kg: Kilogramos

cm: Centímetros

%: Porcentaje

mm: Milímetros

°: Grados

Vs: Voltaje

V: Voltios

\$. Precio

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han producido avances en lo referente a prótesis. Actualmente, en todo el mundo, se están realizando investigaciones que proporcionan una mejora en las prótesis de la extremidad superior, mediante el uso de materiales inteligentes tales como sensores o actuadores, normalmente de los músculos del muñón para el control efectivo de una prótesis de mano.

En muchos institutos de investigación de todo el mundo existen las nuevas manos robóticas desarrolladas con el avance de la teoría y por supuesto con un financiamiento estable para el desarrollo diario. Existen diversos estudios en este ámbito, debido a que se requiere reunir estrategias, conocimientos y metodologías para ir avanzando con la finalidad de cumplir los objetivos, siendo eficientes y eficaces; registrar el comportamiento de las pruebas realizadas en cada oportunidad, por medio de la observación y evaluación de las competencias y capacidades de la mano. Junto con ello, se observa un análisis extenso como sus características, habilidades que se pueden adquirir y, lo más importante, limitaciones de la misma para que, con esas características se desarrollen prototipos que sean llevados al uso de la vida diaria.

Cuando se habla sobre la adquisición de una prótesis funcional que permita la reintegración a las distintas actividades en Chile, se puede notar que se está lejos de encontrar en una situación recurrente ya que, los datos de las encuestas destacan en un nivel socioeconómico bajo, dando a entender que se impide acceder a cualquier tipo de artefacto que otorgue una solución ya sea parcial o permanente a la vida de las personas con un tipo de discapacidad.

Junto con lo mencionado anteriormente, agregar que además de los costos que se producen al fabricarla, debe existir una mantención de esta. Si bien la estructura de la prótesis se encuentra protegida por polímeros robustos, se requiere un cuidado minucioso, pudiendo resultar una reparación costosa para las piezas de gran relevancia y a pesar de que se presentan diversas alternativas, estas se encuentran a un valor inalcanzable para algunos usuarios.

Noles, O. (2016. Julio 19). Estado del arte de prótesis de mano. Monografias.com <https://www.monografias.com/trabajos109/estado-del-arte-protesis-manos/estado-del-arte-protesis-manos>

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

1. ANTECEDENTES GENERALES

El primer capítulo de este proyecto constituye un análisis de los antecedentes involucrados en el ámbito prostético, los cuales propician una definición clara sobre los elementos fundamentales con relación a las prótesis y, del mismo modo, establecen un reconocimiento de la necesidad que existe en esta área, junto con la problemática y los objetivos que se pretenden solventar.

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

1.1.1 ESTADO DEL ARTE

El movimiento de la mano es dinámico, pero se considera estático porque aquí las fuerzas de inercia se pueden decir que son insignificantes con las fuerzas estáticas durante su respectivo montaje, debido a que este tipo de fuerza actúa sobre la masa cuando un cuerpo está sometido a una aceleración y solo es detectable por lo que está ligado a un sistema acelerado (Al tener un origen distinto a las fuerzas reales, las fuerzas de inercia se denominan “fuerzas virtuales” o pseudofuerzas). Han sido muchos años de esfuerzo para lograr a consolidar un diseño, construcción y control de prótesis de mano, con otros tipos de mecanismos y control manipulando una gran variedad de materiales recientes aprovechados por la tecnología actual.

En muchos institutos de investigación de todo el mundo existen las nuevas manos robóticas desarrolladas con el avance de la teoría y por supuesto con un financiamiento estable para el desarrollo diario. Hay una gran cantidad de trabajo en este ámbito ya que se necesitan diferentes estrategias y conocimientos acerca del tema para ir avanzando poco a poco y lograr el objetivo y llevar a cabo su eficiencia y el comportamiento en los experimentos realizados en cada práctica. Junto con ello, se observa un análisis extenso como sus características, habilidades que se pueden adquirir y, lo más importante, limitaciones de la misma para que, con esas características se desarrollen prototipos que sean llevados al uso de la vida diaria.

A la extensa historia de la humanidad, el individuo ha tratado de remplazar la parte pérdida por uno que le brinde el mismo movimiento de manera artificial. Es por eso por lo que en la actualidad se han realizado estudios de prótesis la cual aquí debe cumplir las mismas necesidades que el ser humano necesita sin tener ningún inconveniente y que realice la misma función que se cumplía antes por la parte afectada. Los mecanismos de ayuda, tales como mecanismos de prótesis estos son comprobados con una fuerza muscular. Tiene como propósito ayudar a facilitar cualesquiera de las funciones pero nunca remplazar una parte faltante del cuerpo

del ser humano que pudo haber ser perdida por cualquier situación; la principal función que tiene las prótesis es de optimizar la calidad de vida de los pacientes mutilados.

Desde hace mucho tiempo se vienen realizando prótesis las cuales, al paso de tiempo y el desarrollo en avances tecnológicos, se han fabricado de distintos modelos y materiales de acuerdo a su época.

La primera prótesis de extremidades superior data del año 2000 A.C., fue descubierta por unos arqueólogos en una momia egipcia, la prótesis en si estaba puesta en el antebrazo, la cual, estaba adaptada con materiales rústicos de acuerdo con la época. En el año 1400 se adopta por utilizar de manera referente el hierro, lo cual llevo a construir la prótesis de mano alt-Ruppín (Ver figura 1-1). Ésta contaba con el pulgar estático en cierta posición puesta por el fabricante y con dos de los dedos flexibles que se colocaban en cierta posición seleccionada por el cliente por un mecanismo y se aseguraban con un sistema de trinquetes.



Fuente: Estado del arte de prótesis de mano (monografias.com)

Figura 1-1. Prótesis de mano "alt-Ruppín" del año 1400 construida a base de hierro.

En 1600 se ve mejorada considerablemente la realización de la prótesis de mano, la cual llevaba un mecanismo sencillo para abrir y cerrar la prótesis de mano que constaba con un sistema de palanca y vale recalcar que fue la primera prótesis móvil artificial de miembro superior la cual fue llamada "Le petit Loraine" (Ver figura 1-2), el nombre fue optado por su creador un militar francés Ambroise Paré.



Fuente: Estado del arte de prótesis de mano (monografias.com)

Figura 1-2. Primera prótesis de mano "Le petit Loraine" del año 1600.

Las prótesis de manos se han desarrollado con el pasar del tiempo, siendo hoy en la actualidad la ciencia y la tecnología los que impulsan grandes avances dejándonos un modelamiento que es acompañado por un diseño y mecanismos.

Noles, O. (2016. Julio 19). Estado del arte de prótesis de mano. Monografias.com <https://www.monografias.com/trabajos109/estado-del-arte-protesis-manos/estado-del-arte-protesis-manos>

1.2 ANTECEDENTES RELEVANTES

La fabricación aditiva logra enmarcar los grupos de procesos que se basan en añadir material de forma selectiva, formando un objeto mediante la superposición de capas sucesivas de material a partir de un modelo digital.

Este proceso de fabricación es altamente recomendable para geometrías complejas, permite la personalización de los procesos de diseño y desarrollo de producto. Al contrario de los métodos tradicionales, se puede obtener figuras esbeltas y canales internos, espesores y formas irregulares junto con geometrías que buscan imitar la naturaleza en favor a la ergonomía.

1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE FABRICACIÓN ADITIVA

Existen diversos tipos de tecnologías que se consideran como Impresión 3D o tecnología de fabricación aditiva, los cuales se recogen en la siguiente tabla 1-1.

Tabla 1-1. Tecnologías y procesos de fabricación aditiva.

TECNOLOGÍAS	PROCESOS
Fotopolimerización	<ul style="list-style-type: none"> ● Estereolitografía (SLA) ● Procesamiento digital por luz (DLP)
Fusión de lecho de polvo	<ul style="list-style-type: none"> ● Fusión por haz de electrones (EBM) ● Sinterización selectiva por láser (SLS) ● Sinterización selectiva por calor (SHC) ● Fusión selectiva por láser (SLM) ● Sinterización de metal directa por láser (DMLS)
Laminación de hojas	<ul style="list-style-type: none"> ● Fabricación de objetos laminados (LOM) ● Consolidación ultrasónica (LMD)
Deposición directa de energía	<ul style="list-style-type: none"> ● Laser metal deposition (LMD)
Inyección de aglutinante	<ul style="list-style-type: none"> ● POWDER BED AND Inker head (PBIH) ● Plaster based 3D printing (PP)
Inyección de material	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelado de inyección múltiple (MJM)
Extrusión de material	<ul style="list-style-type: none"> ● Modelado por deposición fundida (FDM)

Fuente: Daniel Lopesino Rivera

A continuación, se describirán los principales procesos de fabricación aditiva.

Tfg_daniel_lopesino_rivera.pdf (upm.es)

1.2.1.1 Fotopolimerización

- **Estereolitografía (SLA):** Para este proceso, se utilizan resinas en estado líquido que, una vez expuestas a una cantidad específica de luz UV, se solidifican.

Para terminar el proceso es necesario acomodar la cubeta en un horno especial de rayos UV, con este se le dará solidez y dureza a la pieza.

1.2.1.2 Fusión de lecho de polvo

Este proceso consiste en aplicar una fuente de energía térmica para fundir ciertas

partes de una capa de polvo de material. A continuación, se nombran los principales tipos de fusión.

- **Fusión por haz de electrones (EBM):** Este proceso es ideal para aplicaciones que requieren alta resistencia o altas temperaturas, ya que produce objetos extremadamente densos y fuertes. Sin embargo, debido a las altas temperaturas alcanzadas en el proceso, el objeto puede estar sujeto a algún estrés térmico o deformación a medida que se enfría.
- **Sinterización selectiva por láser (SLS):** El material de fabricación no debe ser necesariamente metálico. En este tipo de proceso no se requiere de un soporte mientras se imprime, mediante un post procesado se limpia la pieza y se recupera el polvo sobrante (este proceso debe realizarse bajo una atmósfera controlada en ausencia de oxígeno).

Bajo este sistema existen dos subsistemas:

- **Selective laser sintering (SLS):** Ocupado para el sinterizado de plásticos.
- **Selective laser melting (SLM) o Direct metal laser-sintering (DMLS)**

1.2.1.3 Laminación de hojas

Este proceso consiste en recortar láminas de material (plástico, papel o metal) con la forma de la pieza por una fresadora o láser de CO₂.

A continuación, se mencionan dos subprocesos que ocupan este tipo de tecnología.

- **Fabricación por corte y laminado:** Para poder recortar el material, un mecanismo de alimentación coloca una capa de material sobre la base para luego ser cortada por el láser. Luego de cada capa depositada, un rodillo caliente aplicará presión para fundir la lámina a la capa inferior.

Una vez retirado el material sobrante, la pieza debe ser sometida a un proceso que elimina el material aglutinante y a un proceso de curado en un horno a altas temperaturas para que esta sea endurecida.

1.2.1.4 Deposición directa de energía

Este proceso de impresión 3D es complejo ya que, generalmente se utiliza para reparar o agregar material adicional a piezas existentes, pero esto no quiere decir que no se puedan fabricar modelos desde cero puesto que su uso principal es para aplicaciones industriales como la reparación de turbinas o hélices que han sido dañadas.

1.2.1.5 Inyección de aglutinante

Este tipo de impresión 3D consiste en la pulverización de un aglutinante líquido

sobre un lecho de polvo, que luego es solidificado en sección transversal. Cada capa se imprimirá de manera similar a como lo hacen las impresoras de papel tradicionales, en las que se aplica en la parte superior del papel, hasta que la impresión finaliza. Este tipo de tecnología trabaja de manera muy similar, pero utilizando resinas plásticas y una capa de polvo, en lugar de una hoja de papel. Este proceso se repite capa por capa, hasta que se imprime completamente el objeto.

1.2.1.6 Inyección de material

Esta tecnología, consiste en un cabezal de impresión que se mueve inyectando un fotopolímero (material plástico reactivo a la luz), sobre la bandeja de construcción capa a capa mientras simultáneamente otro inyector distribuye un material de soporte como es la cera. Luces UV rodean el cabezal de impresión para endurecer el material después de ser inyectado, repitiéndose todo el proceso hasta terminar el objeto deseado.

1.2.1.7 Extrusión de material

Es la tecnología más difundida entre el público general en las conocidas “impresoras 3D de escritorio”, por su flexibilidad de uso.

1.2.2 CLASIFICACIÓN DE PRÓTESIS

Una prótesis se define como un conjunto de partes o dispositivos artificiales adecuados para reemplazar otra parte, órgano o componente del cuerpo para reproducir de manera similar la función de la parte faltante.

El uso de estos es positivo y se considera uno de los mejores inventos de la historia de la medicina ya que, consiguen mejorar el estado de ánimo de la población afectada y promover la independencia del usuario, mejorando su calidad de vida.

Dentro del mercado existen diversos tipos de prótesis de manos, las que se clasifican de acuerdo con un factor médico tales como: limitación funcional, nivel de amputación, condiciones de tejido muscular, caracterización de sistemas motrices, entre otros. Sin embargo, se debe considerar elementos técnicos que contemplan los alcances funcionales de las prótesis tales como movilidad, resistencia, interacción entre otros. Tfg_daniel_lopesino_rivera.pdf (upm.es)

A continuación, se nombrarán los distintos tipos de prótesis.

- **Prótesis de brazo activada por tracción:** Utilizan sistemas de cables comandados por movimientos del muñón o de la cintura escapular (antepulsión del hombro, abducción escapular). Esta sirve para todos los niveles de amputación. (Ver figura 1-3).



Fuente: Ortepro.com

Figura 1-3. Prótesis de brazo por tracción.

- **Prótesis de antebrazo:** Sistema de control acciona solamente el dispositivo terminal (Ver figura 1-4).



Fuente: <http://catalogodeprotesissjb.blogspot.com/>

Figura 1-4. Prótesis de antebrazo.

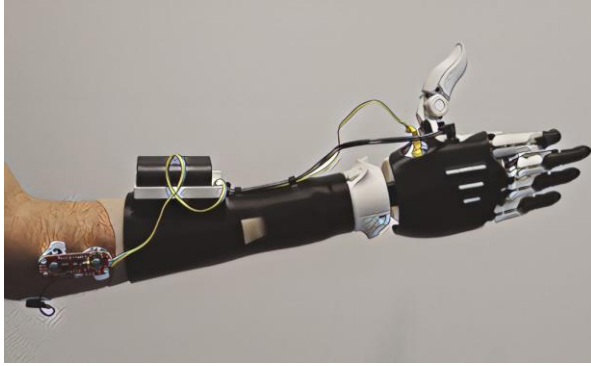
- **Prótesis de brazo:** Posee dos sistemas de control, (1) unión y división de codo, (2) cierre y apertura de dispositivo terminal (Garfio o mano mecánica). (Ver figura 1-5).



Fuente: <http://www.arcesw.com/>

Figura 1-5. Prótesis de brazo.

- **Prótesis con control mioeléctrico:** Se utilizan potenciales eléctricos (microvoltios) detectables en la superficie de la piel (Como se indica en la figura 1-6) cuando existe una contradicción del musculo del muñón.



Fuente: investigacion.pucp.edu.pe

Figura 1-6. Prótesis con control mioeléctrico.

- **Prótesis híbrida:** Combinación de sistemas de fuerza propia (Corpórea) y de la fuerza ajena (Extracorpórea). Esta combina el poder corporal con el poder mioeléctrico en una sola prótesis (Ver figura 1-7) y son usadas generalmente por amputados transmurales.



Fuente: www.monografias.com

Figura 1-7. Prótesis híbrida

1.2.3 SERVOMOTOR

1.2.3.1 ¿QUÉ ES?

Un servomotor es un tipo particular de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor, se hace referencia a un sistema compuesto de componente electromecánicos y electrónicos.

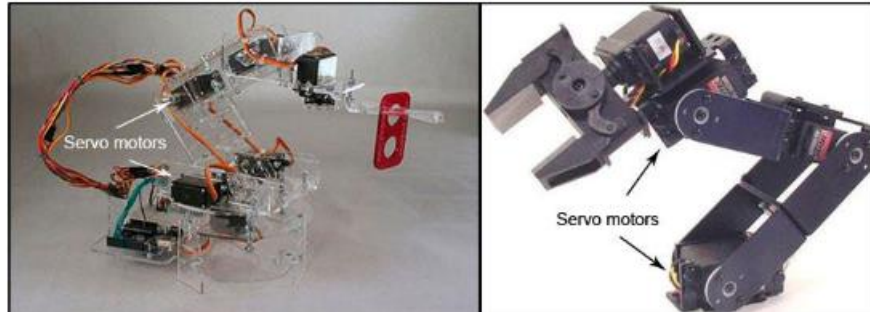
En el interior del servomotor, nos encontraremos con un motor DC común y corriente. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión, potenciando el torque del motor y permitiendo mantener una posición fija cuando se requiera, siendo el circuito electrónico el encargado de manejar el movimiento y posición del motor.

González. A. G. (2016, diciembre 2). ¿Qué es un servomotor y cómo funciona? Panamá. Hitek; Panama Hitek, S. A. <https://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

Por otra parte, se presencia un sistema de engranajes, que presenta una inercia superior a la que produce un motor común, obteniendo como resultado, un conjunto

de partes que demuestra que un servo no es un motor como tal si no, un sistema.

- Debido a que no todos los servomotores giran en 360° debido a topes físicos ubicados en el sistema de engranajes, se pueden crear toda clase de movimientos de forma controlada, ya sean con dirección hacia la izquierda o derecha. (Ver figura 1-8)



Fuente: <http://panamahitek.com/>

Figura 1-8. Servomotor

1.2.3.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE UN SERVOMOTOR

- **Par:** Es la fuerza capaz de hacer girar su eje, o también llamado “Torque”. Suele expresarse en Kg/cm. A mayor par, mayor corriente de consumo del servo (no suelen consumir mucho pero aun así depende del tipo de motor).
- **Velocidad:** Velocidad angular o de rotación. La tensión de alimentación de los servos en cc, está entre 4 y 8 voltios.

1.2.3.3 PARTES DE UN SERVOMOTOR

Un servomotor es un sistema compuesto por:

- **Motor eléctrico:** Encargado de generar el movimiento a través de su eje.
- **Sistema de regulación:** Formado por engranajes que actúan sobre el motor para regular su velocidad y su par. Mediante estos engranajes, normalmente se puede aumentar o disminuir la velocidad y el par.
- **Sistema de control o sensor:** Circuito electrónico que controla el movimiento del motor mediante el envío de impulsos eléctricos.
- **Potenciómetro:** Es una resistencia eléctrica variable conectado al eje central del motor que nos permite saber en todo momento el ángulo en el que se encuentra el eje del motor.

1.2.3.4 ¿CÓMO CONTROLAR EL SERVOMOTOR?

Normalmente se utilizan circuitos electrónicos generadores de pulsos. Estos circuitos además de ser más exactos se basan en la posición del eje del motor marcada por el valor del potenciómetro para mover el servomotor a la posición requerida por la señal de entrada (pulso).

También están las llamadas “tarjetas controladoras o microcontroladoras” que se utilizan para controlar periféricos (en este caso el o los servomotores) en un

ordenador. Un claro ejemplo para esta es “ARDUINO”, entre otras.

1.2.3.5 TIPO DE SERVOMOTORES

- **Servomotor de corriente continua (cc):** Estos son los más usados. Funcionan con un pequeño motor de corriente continua, controlando el motor por PWM (modulación por ancho de pulso).
- **Servomotores de corriente alterna (ac):** Este tipo de servomotor suelen utilizar corrientes más potentes y por lo tanto se usan para mover grandes fuerzas.
- **Servomotores de imanes permanentes (o Brushless):** Corresponden a motores con corriente alterna sin escobillas (como las que llevan los de cc) y se utilizan para fuerzas o torques de gran tamaño y altas velocidades, siendo utilizados principalmente en la industria y basados en motores síncronos.
- **Motor paso a paso:** Se describe como un motor eléctrico, pero que no gira, si no que avanza un “paso”, es decir, dan un número determinado de grados. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se aplique. Agregar, que su control se basa en polarizar las bobinas que llevan incluidas de manera adecuada para que giren correctamente.

Este motor es utilizado mayoritariamente en la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

1.3 PROBLEMA DE DISEÑO

La razón por la que se escogió realizar este proyecto fue para diseñar un objeto que tiene que estar en concordancia con el cuerpo, que facilite a la movilidad y entregue mejor calidad de vida de las personas, facilitando actividades diarias y permitiendo al usuario conseguir una prótesis a precio accesible. Es cierto que ya existen prótesis motrices y son utilizadas, pero el valor añadido reside en realizar la fabricación de la prótesis con una impresión 3D doméstica.

A simple vista, es una tecnología que está al alcance de más usuarios con el que se podría realizar diseños más sencillos y personalizados que con los métodos actuales.

Cuando se habla sobre la adquisición de una prótesis funcional que permita la reintegración a las distintas actividades en Chile, se puede notar que se está lejos de encontrar en una situación recurrente. Una de las falencias que se logra destacar es sin duda alguna el hecho de no existir una característica específica cuando se habla de porcentaje de cercenamiento de extremidades superior (entiéndase como manos y brazos) ya que, los informes elaborados por SENADIS (Servicio Nacional de Discapacidad) han sido registrados en los años 2004 y 2015, donde se realiza un

estudio sobre índices de discapacidad en nuestro país, sin embargo, no se logra obtener una cifra clara en tipos de discapacidad.

No obstante, los datos de las encuestas destacan en un nivel socioeconómico bajo, dando a entender que se impide acceder a cualquier tipo de artefacto que otorgue una solución ya sea parcial o permanente a la vida de las personas con un tipo de discapacidad.

Junto con lo mencionado anteriormente, agregar que además de los costos que se producen al fabricarla, debe existir una mantención de esta. Si bien la estructura de la prótesis se encuentra protegida por polímeros robustos, se requiere un cuidado minucioso, pudiendo resultar una reparación costosa para las piezas de gran relevancia y a pesar de que se presentan diversas alternativas, estas se encuentran a un valor inalcanzable para algunos usuarios.

1.3.1 AVANCES TECNOLÓGICOS.

En los últimos años, ha existido un gran crecimiento en lo que respecta a la producción y uso de impresoras 3D, en donde se planificó un uso para aficionados, hoy se observa un gran crecimiento impulsado por la disponibilidad de tecnologías y electrónicas a bajo costo tales como softwares de modelado tridimensional, ofreciendo oportunidades a la hora de crear alternativas accesibles a todo usuario. Esto genera indudablemente un fácil acceso a las personas con menos recursos.

1.3.2 ALTERNATIVAS EXISTENTES.

Las opciones existentes (de mayor conocimiento) en el mercado procuran la incorporación de las últimas tecnologías disponibles aplicables en este ámbito, por lo que es posible identificarlas dentro de empresas consolidadas y con un alto nivel de financiamiento. Análogamente y en menor medida, también existen pequeñas organizaciones o empresas de innovación protésico-biónica que se inclinan por procesos de fabricación más versátiles y económicos, como la impresión 3D; asimismo, integran dispositivos electrónicos que pueden brindar las mismas funcionalidades a un bajo costo, otorgando un porcentaje mayor de accesibilidad para el público abordado.

Ahora bien, respecto a las alternativas actuales más avanzadas, se reconocen las mencionadas a continuación:

- **Prótesis I-Limb:** Su alcance se ha extendido a varias naciones, convirtiéndola en una de las prótesis más usadas, principalmente porque permite la ejecución de aquellos movimientos básicos que una persona puede realizar normalmente. Los dedos actúan de 10 manera independiente, por lo que ofrece una amplia variedad de movimientos, lo que se traduce en una interacción óptima con el entorno.
- **Prótesis Bebionic:** Esta prótesis presenta una configuración muy similar a la I-Limb en cuanto a los elementos electro-mecánicos que la conforman, lo que le

otorga la misma funcionalidad motriz, pero con la diferencia de que es menos costosa.

- **Prótesis Michelangelo:** Sus particularidades se basan principalmente en la realización de movimientos variados, ya que cuenta con diferentes mecanismos de control que propician fuerza y velocidad en el agarre, además de presentar 6 grados de libertad y resistencia al agua. Al igual que las dos alternativas anteriores, también posee una configuración de dedos independientes.

1.4 CONTEXTO DEL PROBLEMA

El proyecto de diseño de una prótesis a partir de **fabricación aditiva** (impresión 3D) es un proyecto que nace de la idea de desarrollar una prótesis motriz con impresora 3D de usuario, una tecnología que puede realizar componentes ligeros, económicos y que cumplan ciertos requisitos técnicos específicos con el fin de reemplazar el miembro faltante a un costo accesible para el usuario. Además, al ser una impresora de uso doméstico, puede ser accesible el uso al público general.

La tecnología mencionada anteriormente tiene potencial, pero se tiene que realizar un estudio de forma exhaustiva y dimensionado de los componentes que se quieran imprimir, pues dependiendo de su geometría, puede que no sean funcionales y se rompan sin poder realizar su trabajo. He de añadir que, no hay tanta variedad de materiales de impresión y hay que realizar un diseño que tenga en cuenta esto.

1.4.1 PRÓTESIS DENTRO DEL CONTEXTO NACIONAL

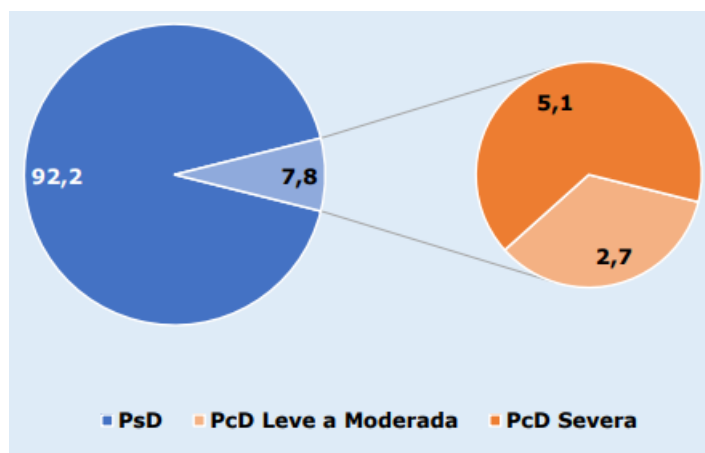
Hoy en día, los avances respecto a las prótesis han sido limitadas, siendo escasas las investigaciones a profundidad de estas. Las soluciones a esta problemática han sido investigadas por individuos cuyo interés están conectadas de forma directa a la innovación.

Uno de los casos a destacar es un proyecto llamado “Calce.org” liderada por los egresados del Departamento de ingeniería Eléctrica (DIE) de la Facultad de Ciencias físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, busca introducir tecnologías a los laboratorios ortoprotésicos con el objetivo de apoyar a la fabricación de prótesis la que, hasta ahora, se realiza de forma manual en Chile.

1.4.2 ACCESIBILIDAD DE PRÓTESIS

Cuando hablamos de obtener acceso a una prótesis, se observa que el nivel socioeconómico de las personas prevalece de forma limitada. Los dispositivos más avanzados se sitúan en el mercado con precios que van sobre los 10 mil dólares con características básicas y sobre los 20 mil dólares para las que presentan funciones técnicas, sensoriales o motrices. Si se lleva estas cifras a pesos chilenos, estaríamos hablando de un monto entre los \$7.500.000-\$15.000.000.

A continuación, se presentará en la gráfica 1-1, un porcentaje de ingresos *per cápita* de la población adulta que presenta algún tipo de discapacidad.



Fuente: Resultados Estudio Nacional de Discapacidad. 2022.

Clasificación de la población con discapacidad y grado de severidad

Gráfico 1-1. Clasificación de la población con discapacidad.

El número de individuos observado en la gráfica disminuye a medida que los ingresos percibidos son mayores, sin embargo, los precios ofrecidos por el mercado provocan que el acceso a las prótesis sea imposible de adquirir para las personas pertenecientes a dichos segmentos. Dicho esto, el Estado proporciona apoyo técnico para los grupos sociales vulnerables y las entidades no lucrativas que brinden soluciones en la misma área.

Según el MINSAL (Ministerio de Salud), la cantidad entregada anualmente es de 240 prótesis aproximadamente, siendo unidades entregadas por Teletón, mientras que SENADIS solo distribuye 200 prótesis en el mismo periodo de tiempo.

Junto con ello, se consideran 3 organismos tales como mutuales y talleres privados que proveen una cantidad que bordea los 500 a 600 prótesis al año, dejando un total de 1.280 prótesis de distinto tipo a disposición de la población nacional.

1.5 ANÁLISIS ESTRATÉGICO DEL PROBLEMA

Para generar el análisis estratégico, se presentará un análisis estratégico que emplea la metodología de Porter a través de 5 fuerzas. (Ver tabla 1-2.)

- **Amenaza de productos sustitutos**

El nivel de amenaza en este punto es bajo ya que, no existe un producto estándar que incluya una función de aquellos proyectos con características similares, considerando que se busca contribuir con elementos de apoyo para los pacientes.

- **Amenaza de nuevos entrantes**

Al tener como caso particular las prótesis, el producto propuesto se determina como una instancia de innovación naciente en términos tecnológicos ya que estos aún no

se encuentran definidos como estándar dentro del país y continúan siendo materia de investigación o bien, iniciativas específicas.

- **Poder de negociación con los proveedores**

Actualmente son pocas las empresas con manufactura propia. En base a ello, se viabiliza la consideración de alianzas estratégicas que permitan la integración del proyecto de manera directa.

- **Poder de negociación con los compradores**

Estos poseen un rol esencial en el proyecto, por lo que su poder de negociación se considera alta. Si se analizan los clientes se destacan los siguientes: instituciones y/o empresas que distribuyen prótesis en términos comerciales o tratamientos médicos y pacientes cuyo poder adquisitivo determina la demanda y la inserción del producto en el mercado.

- **Rivalidad entre competidores**

En Chile no existen empresas especializadas en el desarrollo y fabricación de prótesis, sin embargo, existen fundaciones y/o proyectos que impulsan a la implementación de estos artefactos de forma accesible y buscan colaborar con clínicas, hospitales o centros de rehabilitación. Esto determina que el nivel de rivalidad es bajo, mostrándose como un ambiente de cooperación.

Tabla 1-2. Síntesis de Fuerzas de Porter.

Tipo de fuerza	Nivel de impacto	Características
Amenaza de productos sustitutos	Bajo	Se busca contribuir con elementos de apoyo para los pacientes.
Amenaza de nuevos entrantes	Bajo	Aun no se encuentra definido como estándar dentro del país y continúan siendo materia de investigación.
Poder de negociación con los proveedores	Intermedio	Alianzas estratégicas que permiten la integración del proyecto de manera directa.
Poder de negociación con los compradores	Alto	-Instituciones que distribuyen con fin comercial o tratamiento médico. -Paciente que determina la demanda del producto.
Rivalidad entre competidores	Bajo	Fundaciones y/o proyectos cooperativos.

Fuente: Elaboración propia.

Con el análisis entregado se concluye que actualmente son pocas las empresas con manufactura propia, siendo los compradores un rol esencial al momento de negociar y obteniendo una baja amenaza de encontrar un producto sustituto.

1.6 COMPRENSIÓN DEL MERCADO

1.6.1 USUARIO

Siendo un proyecto independiente, el grupo de usuarios identificado corresponden a individuos que requieren de una solución protésica funcional para llevar a cabo actividades cotidianas y/o laborales ya sea de manera individual o dentro de un grupo familiar. Específicamente, los usuarios están entre el 40 a 60% de vulnerabilidad social, sin excluir a otros grupos sociales.

1.6.2 SOCIOS CLAVE

Se identifican como socios clave a aquellas instituciones académicas enfocadas a la

innovación de las prótesis, aplicada directamente en aspectos que contemple el proyecto. Por otra parte, se obtiene un ambiente de relaciones multidisciplinarias con profesionales o estudiantes de distintas áreas. Y para finalizar, se cuenta con fundaciones y organizaciones de carácter público tales como Ministerio de Desarrollo Social, Servicio Nacional de Discapacidad, Teletón, entre otras.

1.6.3 PROPUESTA DE VALOR

La propuesta está centrada en el diseño y fabricación de una prótesis para mano que integre funciones motrices básicas propias del miembro, dirigidas por servomotores que se conectaran al musculo. Esta se sustentaría en una actividad económica accesible para todo tipo de usuario, otorgando una oportunidad al aumento de calidad de vida de la persona.

1.6.4 RECURSOS CLAVE

Cuando se habla de recursos en un proyecto, debemos tener en cuenta que estos regulan el avance o alto de este. Se debe considerar a los profesionales a cargo de cada área, teniendo los conocimientos necesarios para mantener una buena comunicación y aplicación directa en la prótesis. Junto con ello se debe contar con softwares de modelado tridimensional para diseño, visualización de las piezas y parámetros de la prótesis. Finalmente, las materias primas son imprescindibles tanto en el prototipo como en la pieza final, dejando con un alto grado de impacto en el proyecto. No olvidar que la tecnología a ocupar posee un rol importante, ya que de esto dependerá el tiempo o modificaciones a lo largo del proyecto.

1.6.5 ACTIVIDADES CLAVE

Las actividades clave a ejecutar (Ver en la Tabla 1-3), se ven constituidas por una capacitación en lo que respecta electrónica y mecatrónica para un funcionamiento correcto de la prótesis, generando con ello, mejoras de forma continua. Se debe mantener un estado actualizado de las estadísticas realizadas con anterioridad, todo con el fin de obtener pruebas de funcionamiento en pacientes reales, obteniendo resultados que incentiven a la mejora de la prótesis.

1.6.6 CANALES

Respecto a los canales comunicativos, se destaca el área digital ya que, se permite un mayor alcance en comparación a los medios tradicionales. Se creará una plataforma web y redes sociales para entregar información, seguido por opciones de publicidad física.

1.6.7 RELACIÓN CON CLIENTES

Lo que se busca relacionar con este proyecto es, principalmente, la reintegración de los usuarios a la vida cotidiana, de una manipulación sencilla, bajos costos de fabricación y la fácil mantención de las prótesis, simplificando su uso. Agregar

también, una reducción en los costos que permite dejar el proyecto como una alternativa de fácil adquisición económica.

1.6.8 COSTOS DE ESTRUCTURA

Dentro de los costos de estructura se consideran los recursos esenciales para el diseño de la prótesis, tales como la construcción de esta, siendo importante destacar las maquinarias, materias primas y dispositivos tecnológicos necesarios para continuar el proceso. Junto con ello, se considera el arriendo de taller y/u oficina, licencias de softwares, componentes especializados y publicidad.

1.6.9 FUENTES DE INGRESOS

La principal fuente de ingreso se considera la participación y colaboración de organismos públicos. Por otro lado, se considera en una inversión propia como comienzo de este proyecto.

Tabla 1-3. Modelo Canvas

<p>ASOCIACIONES CLAVE</p> <ul style="list-style-type: none"> Ingeniero electrónico y mecatrónicos Fundaciones de desarrollo protético Centros de rehabilitación SENADIS (Servicio Nacional de Discapacidad) Ministerio de Desarrollo social Teletón Instituciones de investigación 	<p>ACTIVIDADES CLAVE</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacitaciones de electrónica Registro actualizado de amputaciones en extremidad superior Desarrollo de prototipo funcional Seguimiento de resultado para futuras mejoras 	<p>PROPUESTA DE VALOR</p> <ul style="list-style-type: none"> Diseño y desarrollo de una prótesis de mano de carácter monetario accesible Mejora en la calidad de vida del usuario 	<p>RELACION CLIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento y personalización de la prótesis Redes sociales 	<p>SEGMENTOS DE CLIENTES</p> <p>Usuarios autónomos que requieran de una prótesis de mano para el desarrollo de distintas actividades.</p>
<p>RECURSOS CLAVE</p> <ul style="list-style-type: none"> Software de modelado 3D Fuentes de financiamiento Maquinaria de impresión 3D Tecnología y dispositivos electrónicos Profesionales 		<p>CANALES</p> <ul style="list-style-type: none"> Página web Influencers Redes sociales Anuncios publicitarios 		
<p>COSTOS DE ESTRUCTURA</p> <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la página web Publicidad Oficinas (alquiler, agua, luz, internet) Salarios personal Materia prima Costes de producción Transporte Licencias de Softwares Maquinaria y heramientas Componentes especializados Entre otros 			<p>FUENTES DE INGRESOS</p> <ul style="list-style-type: none"> Financiamiento a través de organismos públicos Inversión propia (prototipos preliminares) 	

Fuente: Elaboración propia

1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto se centra en el proceso de una prótesis de mano desarrollada con fabricación aditiva. Dicha prótesis contará con ciertos movimientos exclusivos prediseñados. Se buscará ver la prótesis controlando la fuerza de agarre de la misma y los sistemas de regulación de los dedos de esta.

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una prótesis de mano a partir de fabricación aditiva (impresión 3d) dirigido por un servomotor conectado a los músculos del cuerpo.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar parámetros que permitan lograr una coherencia en el área morfológica y biomecánica para el desempeño de la prótesis.
- Diferenciar distintos tipos de sensores y componentes que se aplican en las prótesis con el fin de aplicar el mejor componente en el prototipo.
- Evaluar costos de fabricación y prototipo para una futura inversión.
- Diseñar un sistema anatómico que controle la flexión y/o extensión de al menos un dedo con el fin de imitar los movimientos reales de una mano.
- Desarrollar planimetría
- Fabricar prototipo.

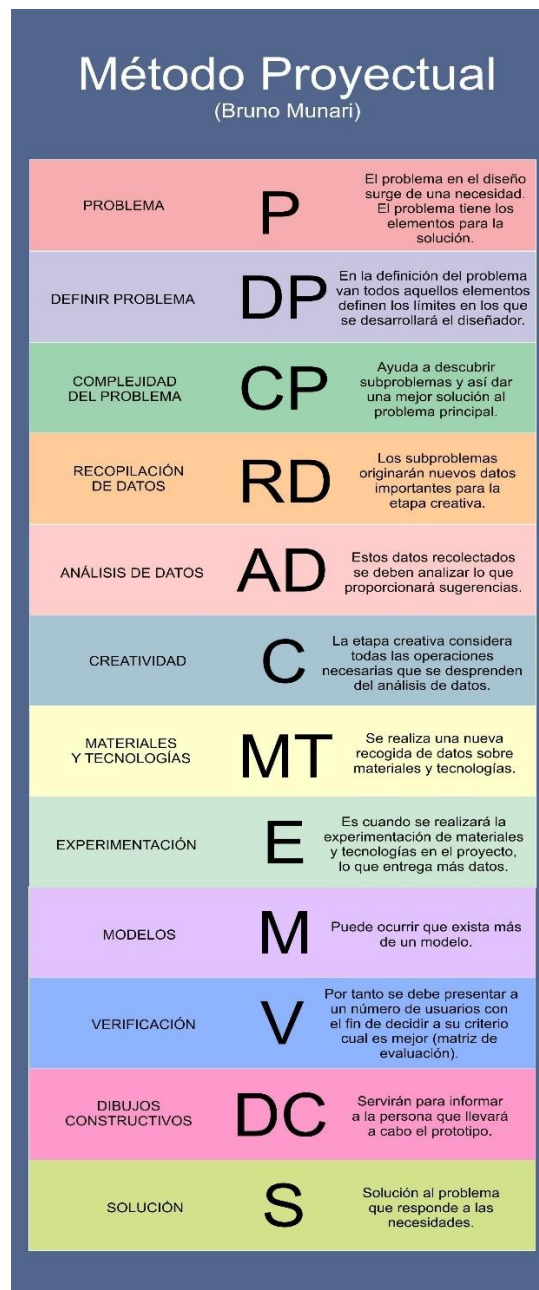
CAPÍTULO 2: DISEÑO DE INGENIERÍA

2. Diseño de ingeniería

Dentro del segundo capítulo se establecerán los parámetros necesarios para que el proyecto logre una factibilidad optima, lográndose a través de la definición de conceptos técnicos que están estrechamente relacionados con el movimiento de la mano, cuya comprensión, guía a determinar criterios de diseño, alternativas morfológicas, procesos productivos, entre otros.

2.1 Metodología de diseño

Respecto a la metodología de diseño, se aplicará el método de Bruno Munari ya que, esta indica de forma secuencial los pasos a seguir para solucionar un problema. A continuación, se observará en la figura 2-1, los pasos a seguir para el desarrollo de un producto.



Fuente: Fundamentos de Diseño Anthony Mesèn: Metodología Proyectual de Bruno Munari

(anthonymesen.blogspot.com)

Figura 2-1. Metodología de Bruno Murani

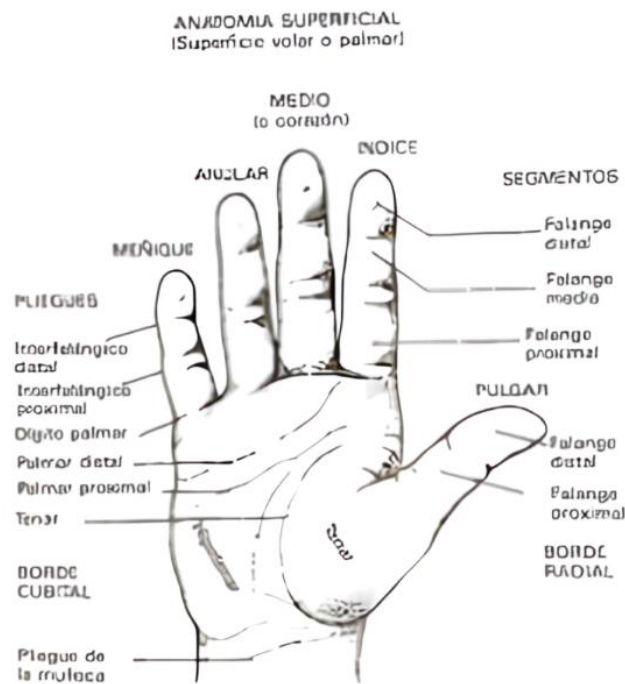
2.2 Definición y desarrollo del producto

De acuerdo con lo establecido en el capítulo anterior, el proyecto se basa en el desarrollo de una prótesis de mano que integra una serie de componentes y sistemas electrónicos que facilitan la simulación de la mecánica básica identificada en una mano real. Dirigido principalmente a lograr una adecuada interacción entre elementos de uso cotidiano como el entorno del usuario.

2.2.1 Anatomía y fisiología de la mano

Se requiere de una comprensión clara sobre los factores antropométricos que existen alrededor de la mano, pues a través de dicho análisis se es posible definir un dimensionamiento estándar de las secciones correspondientes, el cual convenga en la correcta disposición de las partes que constituyen estructural y sistemáticamente a la prótesis, siendo estos responsables de los múltiples movimientos y acciones necesarias para la supervivencia y relación con el entorno.

- Dimensiones: La mano consta por tres partes: muñeca, palma y dedos, donde el último tienen una superficie dorsal, palmar y bordes radial y cubital. La palma está dividida en la zona tenar, medio palmar e hipotenar (Ver la figura 2-2). La masa tenar es la zona muscular situada sobre la superficie palmar e hipotenar. La masa tenar es la zona muscular situada sobre la superficie palmar del metacarpiano del índice. La zona hipotenar es la masa muscular situada sobre la superficie palmar del metacarpiano del meñique.

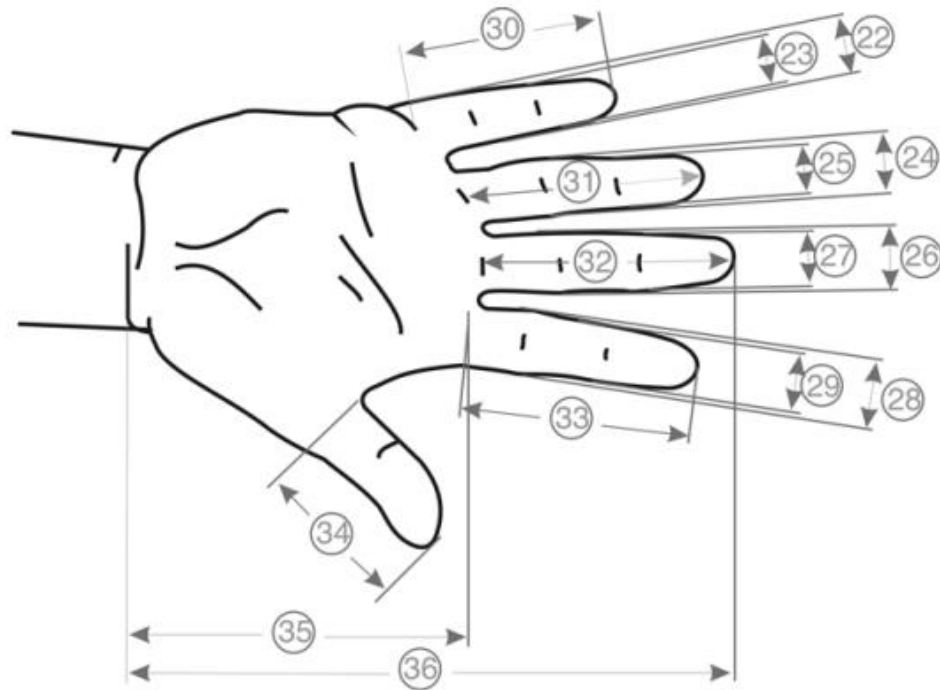


Fuente: celebriti.com

Figura 2-2. Anatomía superficial de la mano

Cada dedo se compone por tres falanges: Distal, intermedia y proximal, a excepción del dedo pulgar que solo tiene dos: distal y proximal.

De acuerdo con la Norma de ergonomía DIN 33402, se establecen las siguientes medidas generales de la mano humana. En base a esto, es posible establecer la estructura de la prótesis y sus componentes (Ver figura 2-3, figura 2-4 y Tablas 2-1 a 2-3).



Fuente: Ergonomía y Herramientas

Figura 2-3. Medidas de las manos según Norma DIN 33402

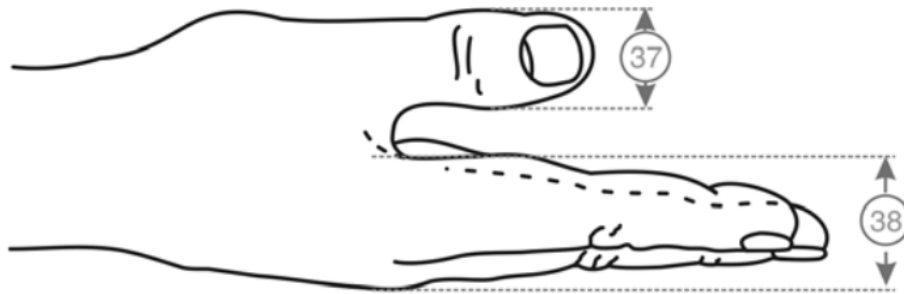
Tabla 2-1. Principales medidas de la mano (Según Norma DIN 33402)

Dimensiones En cm	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
22 Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
23 Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
24 Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
25 Ancho del dedo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
26 Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
27 Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
28 Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
29 Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
30 Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
31 Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
32 Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
33 Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
34 Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
35 Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
36 Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Medidas respectivamente en la articulación (Según Norma DIN 33402, 2ª parte)

Fuente: Ergonomía y Herramientas

Tabla 2-2. Medidas del perfil de la mano (Según Norma DIN 33402)



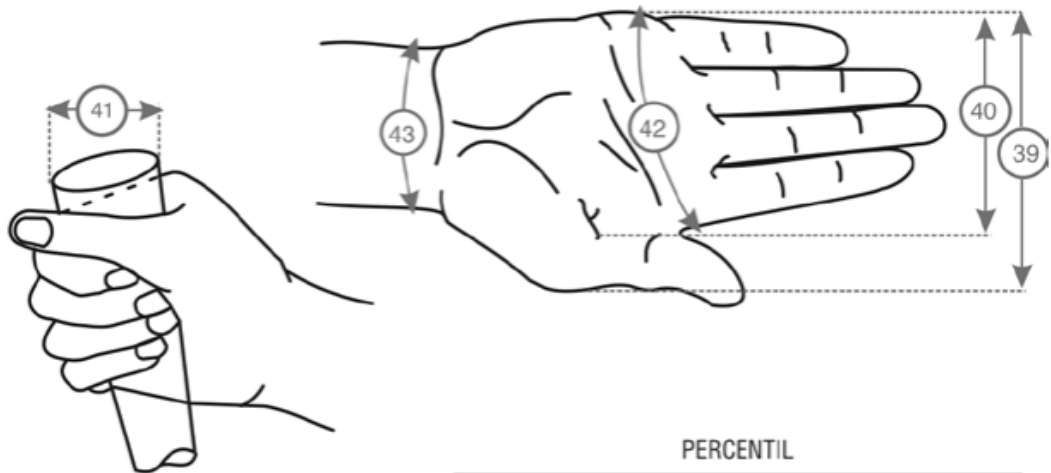
Dimensiones En cm	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
37 Ancho del dedo pulgar	2,0	2,3	2,5	1,6	1,9	2,1
38 Grosor de la mano	2,4	2,8	3,2	2,1	2,6	3,1

(37) medido en la articulación (Según Norma DIN 33 402. 2ª parte).

Valores medios X e intervalos de referencia 90° percentil. Estudio basado en 8000 hombres de 20 años y una muestra de control femenina realizada en Alemania por Jurgens.

Fuente: Ergonomía y Herramientas

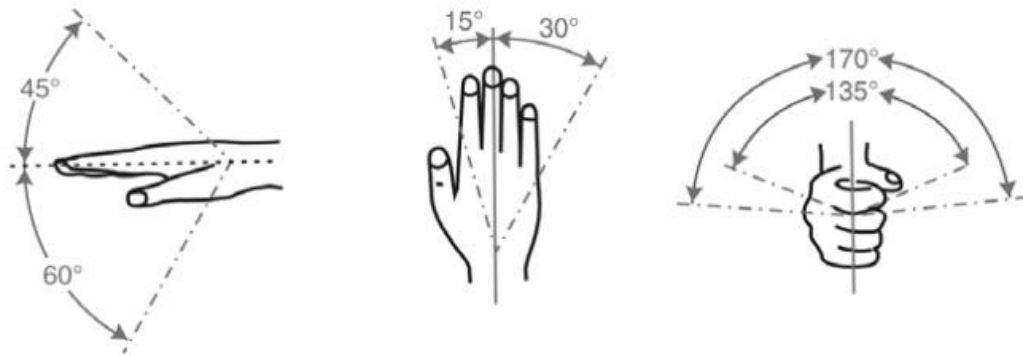
Tabla 2-3. Medidas de la mano



Dimensiones En cm	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
39 Ancho de la mano incluyendo dedo pulgar	9,8	10,7	11,6	8,2	9,2	10,1
40 Ancho de la mano excluyendo el dedo pulgar	7,8	8,5	9,3	7,2	8,0	8,5
41 Diámetro de agarre de la mano*	11,9	13,8	15,4	10,8	13,0	15,7
42 Perímetro de la mano	19,5	21,0	22,9	17,6	19,2	20,7
43 Perímetro de la articulación de la muñeca	16,1	17,6	18,9	14,6	16,0	17,7

* Las medidas correspondan al anillo descrito por los dedos pulgar e índice

Fuente: Ergonomía y Herramientas



Fuente: Ergonomía y Herramientas

Figura 2-4. Arcos descritos por los movimientos de la muñeca y la mano, teniendo en cuenta la articulación del codo y sin tener en cuenta a ella. (Según Stier y Meyer).

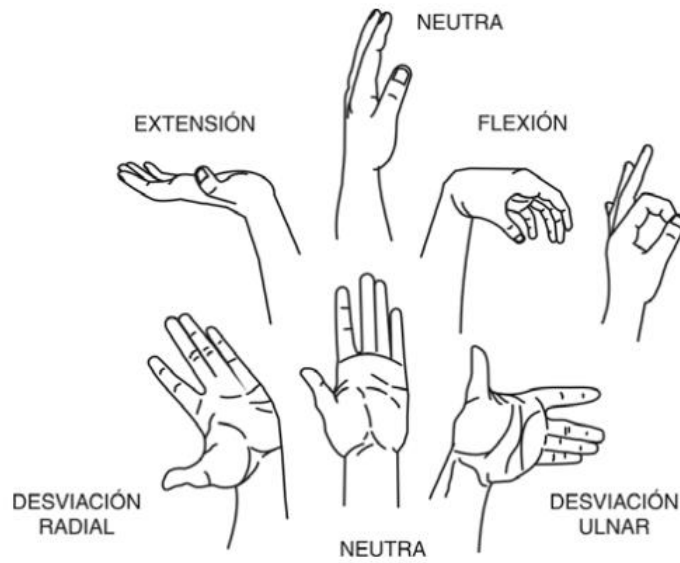
2.2.2 Análisis anatómico

Junto con lo mencionado anteriormente, es necesario comprender ciertos aspectos anatómicos que son fundamentales para el funcionamiento mecánico de la mano y que posibilitaran la morfología de la prótesis con la integración de movimientos básicos a ejecutar.

La mano humana está conformada por 27 huesos divididos en tres grupos: carpo, metacarpo y falanges. Cada dedo tiene tres articulaciones: la metacarpofalángica (MCF), la interfalángica proximal (IFP) e interfalángica distal (IFD). El pulgar tiene una articulación metacarpofalángica y una sola interfalángica (IF). La articulación carpometacarpiana del pulgar es particularmente importante para su movilidad. Cada una de las articulaciones en conjunto, permiten realizar los siguientes movimientos considerados como básicos:

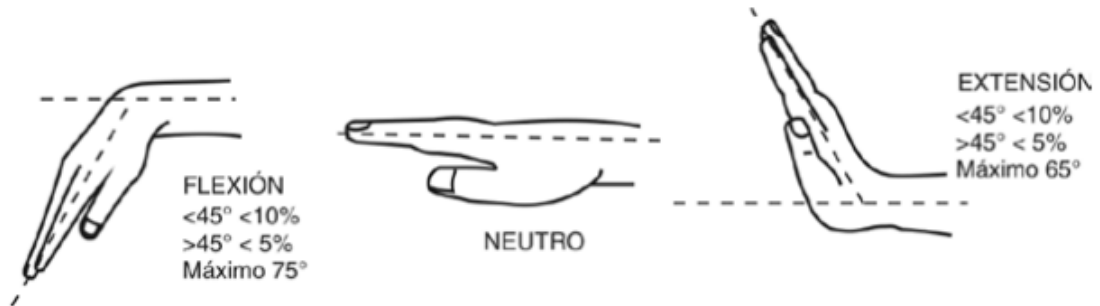
- Posición de referencia: Aquella a partir de la cual se miden los movimientos articulares.
- Flexión: Movimiento que consiste en doblar o disminuir el ángulo entre las partes del cuerpo. Es un movimiento en el cual un segmento del cuerpo se desplaza en un plano sagital con respecto a un eje transversal, aproximándose al segmento adyacente.
- Extensión: Acción de enderezarse o ampliar el ángulo entre dos segmentos del cuerpo. Es un movimiento sagital respecto a un eje transversal que, desde una posición de flexión, retorna a la posición del cuerpo de referencia o la sobrepasa.
- Abducción: Movimiento en el plano frontal en torno a un eje anteroposterior, que consiste en aproximar las extremidades a la línea media.
- Aducción: Movimiento en el plano frontal, que consiste en alejar las extremidades de la línea media del cuerpo.
- Abducción de la mano: Separación de los dedos, uno de otro, en un mismo plano.
- Aducción de la mano: Consiste en cerrar los dedos uno contra uno, en un mismo plano.
- Abducción del pulgar: Extensión o flexión del pulgar en torno a la palma de la mano.

- Pronación: Giro del antebrazo, quedando la palma de la mano hacia abajo.
- Supinación: Giro del antebrazo, donde la palma de la mano queda hacia arriba.
- Circunducción: Acción de circunscribir un cono con una parte del cuerpo, cuyo vértice se encuentre en la articulación y si base en la extremidad distal, sin necesidad de rotación.
- Prehensión: Acción de tomar un objeto, envolviéndolo con los dedos (Ver la figura 2-5 a 2-9).



Fuente: Ergonomia_y_Herramientas

Figura 2-5. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)



Fuente: Ergonomia_y_Herramientas

Figura 2-6. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)



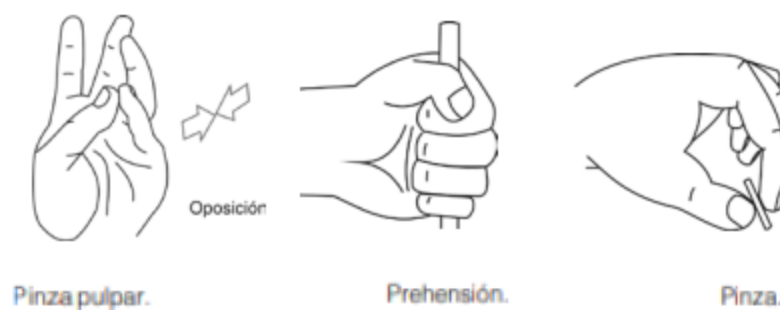
Fuente: Ergonomia_y_Herramientas

Figura 2-7. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)



Fuente: Ergonomía y Herramientas

Figura 2-8. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)



Fuente: Ergonomía y Herramientas

Figura 2-9. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)

- Pinza: Acción de sujetar un objeto con las puntas de los dedos opuestos.
- Hiperextensión de los dedos: Movimiento que consiste en empujar con los dedos estando a mano en posición neutral.
- Pinza pulpar: Movimiento efectuado al sujetar un objeto con los dedos índice, mayor, anular y meñiques flexionados. También se define así a la toma por oposición entre el pulgar y otro dedo opuesto.
- Compresión digital: Acción de presionar en forma plana con los dedos.
- Compresión palmar: Presión sobre un objeto con la palma de la mano.



Fuente: Ergonomía y Herramientas

Figura 2-10. Diferentes posturas de las manos y muñecas (Mondelo-Gregori-Blasco-Barrau 2001)

2.2.3 Metas cualitativas

La información obtenida anteriormente, favorece los aspectos cualitativos de la prótesis.

- La prótesis tendrá una parte que imite la palma de la mano, formando la estructura principal y sirviendo como espacio de almacenamiento de los dispositivos que le permitirán operar. Junto con ello, se considerarán cinco dedos.
- Los movimientos se concentrarán en los dedos, permitiendo la flexión y extensión de estos.
- La motricidad estará conectada por cables musculares que se acoplan a un servomotor.

2.2.4 Metas cuantitativas

Debe existir una serie de parámetros relativos, siendo estos los que puntualizaran el desempeño de la prótesis bajo ciertas condiciones.

- Ya que la prótesis se fabricará bajo impresión 3D, se tendrá en cuenta una tolerancia entre piezas para generar movimientos que estén entre los 0.4 a 0.8mm.
- El peso total de la prótesis no podrá sobrepasar los 1.5 kg, ya que una mano real pesa aproximadamente 0.7 kg.
- El largo de la prótesis no podrá sobrepasar los 250mm y el ancho tendrá un máximo de 200mm
- El pulgar tendrá un movimiento que no sobrepasará los 90° respecto a la palma.

2.3 Alternativas morfológicas y tecnológicas

2.3.1 Funcionalidades

Cuando se habla de funcionalidad, se permite la mayor variedad de movimientos, sin embargo, se ha optado por una prótesis que resulte simple de incorporar, otorgando conformidad con la tecnología disponible, enfocándonos en un agarre práctico. (Ver figura 2-11.)



Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-11. Concepto morfológico para prótesis de mano.

- Sistema de control

El componente encargado de ejecutar e identificar los parámetros definidos corresponde a una placa electrónica llamada **Arduino**. La placa cuenta con un microcontrolador que realiza una medición de la actividad muscular detectando su potencial eléctrico, conocida como electromiografía (EMG). Este sensor mide la actividad eléctrica filtrada y rectificadora de un músculo, emitiendo de 0V hasta V_s V dependiendo de la cantidad de actividad en el músculo seleccionado, donde V_s significa el voltaje de la fuente de poder. A modo de software, el mismo permite la reprogramación del código base mediante un externo de programación digital, de manera que los algoritmos específicos actúen de acuerdo con el tipo de proyecto que se esté desarrollando.

Una vez explicado el sistema de control, es de suma importancia entender su aplicación beneficios para este proyecto, así como lo son el bajo costo y la funcionalidad. (Ver figura 2-12.)

- Bajo costo: tras una serie de alternativas que se ofrecen para **Arduino** se obtiene un valor de compra menor, lo que indica una fácil accesibilidad y una reducción de costos de las prótesis.
- Funcionalidad: Al existir una programación, las posibilidades de mejoras continuas aumentan y la integración de nuevas operaciones aportarán una alta satisfacción del usuario.



Fuente: <https://ar.pinterest.com/pin/735353445384980417/>

Figura 2-12. Comparación de Arduino

- Movimientos

Si bien la placa es el factor más importante a la hora de constituir el control de movimientos de la prótesis, sin los componentes no se generará ningún movimiento indicado en la programación digital. En el caso de las prótesis, la motricidad de los dedos se dará por medio de actuadores rotativos o bien, servomotores.

Estos actuadores son una combinación de piezas específicas, donde es posible identificar un motor de corriente continua en adición a un sensor de posición, donde se indicará Angulo, aceleración y velocidad de este.

La mayor parte de los actuadores mencionados tienen un movimiento giratorio de 180°,

siendo este limitado por mecanismos de engranajes. Sin embargo, la flexión que realizan los dedos respecto a la palma es igual o inferior a 90° , otorgando un amplio rango de movimientos.

- Sistema de energía

Para que lo mencionado anteriormente funcione de forma efectiva, es necesario un sistema de energía que entregue una correcta alimentación a la placa de control y servomotores, por lo que se requiere que este dentro de la prótesis y no dependa de un elemento externo que impida o limite el uso de esta.

En el sistema de energía a utilizar se considera el uso de la misma placa, lo que permitirá el uso de conexión a una batería (idealmente recargable), habilitando un voltaje que fluctuaría entre los 7V a los 12V. (Ver figura 2-13.)



Fuente: www.circuitos-electricos.com/arduino-nano/

Figura 2-13. Alimentación de la Arduino Nano

- Sistema de emisión

Una vez avanzado el proyecto, se implementarán sensores que tengan una conexión directa entre prótesis-usuario, haciendo que este último tenga el control absoluto del instrumento.

Es de suma importancia, incorporar el sensor EMG mencionado anteriormente, ya que este tipo de sensor es el que permite registrar las señales bioeléctricas que se producen en los músculos. Al tener este tipo de sensor (Ver figura 2-14.), la prótesis o mano protésica podrá reaccionar a los comportamientos habituales del brazo/antebrazo (no con la misma precisión), mostrando en distintos softwares un seguimiento de la actividad muscular dada oír impulsos.



Fuente: <https://civat.es/noticia/sensores-que-captan-el-movimiento-de-tus-musculos-con-arduino/>

Figura 2-14. Sensor EMG MyoWare para proyectos con Arduino y Raspberry Pi

2.3.2 Modelo tridimensional

Las figuras a continuación representan la composición general de la prótesis. Tal como se indicó anteriormente, la prótesis cuenta con 5 dedos independientes entre sí (Ver figura 2-15), los que tendrán movimientos dirigidos por servomotores con el fin de entregar un movimiento similar a la mano humana.



Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-15. Prótesis de mano: modelo tridimensional.

2.4 Desarrollo de partes, piezas y componentes

2.4.1 Procesos de manufactura y/o fabricación

Según lo mencionado en el primer capítulo, el proceso de fabricación que se establece para llevar a cabo corresponde a la impresión 3D de modelado por deposición fundida (FDM). Este tipo de manufactura permite la impresión de objetos utilizando filamentos

que, a través de un extrusor calentado, se funde y extrude el plástico a través de una boquilla de 0.4mm de diámetro.

De acuerdo con lo anterior, se logran observar una serie de ventajas que favorecen el desarrollo de las prótesis, siendo el tiempo uno de los más destacados ya que, al ser un menor tiempo de impresión, se verifica el desarrollo de esta, permitiendo la modificación de las piezas de forma rápida y eficiente.

Junto con lo mencionado anteriormente, es importante destacar que existen distintos tipos de polímero, lo que abre distintas posibilidades respecto al material y reducción de costo debido a la accesibilidad comercial.

2.4.2 Definición de materialidad

Para la impresión 3D se pueden ocupar distintos tipos de materiales poliméricos (en formato de filamentos) que otorgan diferentes propiedades según sea la finalidad del objeto impreso.

En el caso particular del proyecto, se pretende utilizar filamento ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) para la totalidad de la prótesis.

Este material contiene un alto nivel de tenacidad, siendo duro y rígido incluso en bajas temperaturas (incluso a -40°), tiene una resistencia química aceptable, baja absorción de agua y, por lo tanto, buena estabilidad dimensional y alta resistencia a la abrasión.

2.4.3 Análisis de sección

Se detallan las distintas secciones a nivel estructural, indicando sus características y funciones dentro del conjunto.

- **Dedos**

Como se indicó en ítems anteriores, la prótesis se conforma por 4 dedos. Todas las partes se unirán a través de un punto articular, lo que permitirá un movimiento angular entre ellas. (Ver figura 2-16)

Las piezas cuentan con un pequeño canal por donde pasara el cable muscular que accionara los movimientos articulares, siendo este unido a los servomotores de la palma que permitirán una flexión parcial o completa del dedo.



Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-16. Vista isométrica de dedos.

- **Pulgar**

Esta es una de las piezas más complejas, ya que involucra un mecanismo de movimiento propio en su estructura que permitirá flexionar y extender la falange medial. También se presenta un rango de 90° respecto a la palma, oponiendo a la misma y permitiendo agarres. (Ver figura 2-17.)

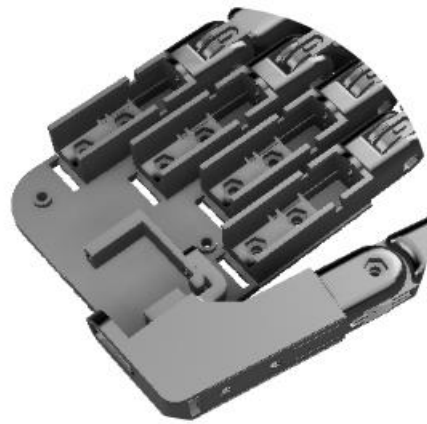


Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-17. Vista isométrica de dedo pulgar.

- **Palma**

Esta pieza es una de las más importantes ya que agrupa, contiene y protege los dispositivos electromecánicos que otorgan movimiento a la prótesis (Ver figura 2-18.). Junto con ello, es el punto de unión con las otras piezas, siendo este el que lleve movimientos y transmisión de señal a las otras partes.



Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-18. Vista isométrica de palma.

2.5 Diseño para la fabricabilidad

2.5.1 Análisis del modelado tridimensional

Para dar lugar a movimientos articulares y mantener la estructura completa, se necesitará utilizar elementos de unión y fijación, ya sean tornillos, tuercas, pasadores, entre otros.

El modelo que se presenta en la figura 2-19, corresponde a una idealización del diseño, siendo este llevado a pruebas de prototipado que serán realizadas en los siguientes procesos.



Fuente: Elaboración propia en base a diseño en Fusion 360

Figura 2-19. Vista isométrica modelado tridimensional

2.6 Análisis y definición de procesos productivos

2.6.1 Definición del proceso ideal

- **Impresión 3D**

La impresión 3D permitirá en su totalidad la fabricación de la estructura. En ciertas ocasiones los resultados del proceso podrían diferir con los parámetros establecidos en el modelo tridimensional, por lo que se requerirían procesos secundarios con el fin de solventar las contradicciones, dejando el resultado en buenas condiciones.

- **Acabado superficial**

En cuanto a los procesos siguientes de la manufactura como tal, se llevará a cabo una serie de procesos que tienen como objetivo la eliminación de residuos generada por el proceso previo, hasta la aplicación de productos que brinden protección a la estructura.

- **Ensamblaje**

Con la finalización de cada proceso, se llevará a cabo la instalación de los dispositivos electromecánicos, situándolos en las zonas definidas. Una vez que los dispositivos correspondientes estén situados de manera correcta, se da por terminado los procesos.

2.6.2 Definición de planimetrías.

La planimetría se integrará una vez se fabrique el prototipo para la evaluación funcional y realización de modificaciones.

2.6.3 Estimación de tiempos y costos productivos

Teniendo en cuenta que la fabricación de la prótesis será en su totalidad impresa en 3D, se elabora una tabla donde se muestra tiempo de impresión, cantidad de filamento a

ocupar y precio estimado de la pieza.

Tabla 2-4. Estudio de tiempo y costos productivos para la impresión de la prótesis.

Visual	Nombre pieza	Cantidad	Peso por 1 unidad (g)	Tiempo por 1 unidad (Hr)	Precio por 1 unidad (CLP)
	Abductor	1	14	1	\$400
	Distal dedo pulgar	1	7	0.26	\$250
	Distal dedos	4	5	0.21	\$200
	Estructura palma	1	27	1.36	\$1200

	Palma	1	33	2.6	\$1200
	Proximal	4	10	0.42	\$400
	Proximal dedo pulgar	1	9	0.37	\$300
	Motor dedos	4	13	1.1	\$600
	Motor dedo pulgar	1	13	1.1	\$500

Fuente: Elaboración propia en base a información documentada.

De acuerdo con los datos obtenidos, el tiempo total requerido para la fabricación de la prótesis sería de 13 horas aproximadamente. Teniendo en cuenta esto, se debe considerar los tiempos de configuración de la máquina, cambio de material (si se requiere),

imprevistos que se puedan presentar y otros factores que se puedan presentar.

En términos económicos, la prótesis tendría un costo aproximado de \$8.650 (CLP), siendo variable de acuerdo con el precio que presente el mercado para los materiales a utilizar.

Nota: Este estudio económico solo contempla la fabricación del producto.

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN FINANCIERA

3. Evaluación financiera.

Dentro del tercer capítulo se establecerán la evaluación financiera y económica, en donde se identificarán gastos, beneficios, recursos y elementos que generan creación de valor en el mercado. En este proyecto, se investigará el flujo de fondos y riesgos con el fin de examinar un rendimiento de inversión realizada en el mismo asociado a la viabilidad de este en un futuro cercano para elaborar una sociedad.

3.1 Evaluación global

Tanto el éxito como el fracaso dependerán de los gastos, beneficios, recursos y elementos. A este tipo de investigación, se le denomina evaluación financiera, en donde se investigará el flujo de fondos y riesgos con el fin de examinar un rendimiento de inversión realizada en el proyecto.

3.2 Fuente de financiamiento.

Para definir el tipo de financiamiento, es necesario comprender la dimensión del mercado en que se encuentra, siendo dos principales áreas que se establecen con un enfoque productivo:

- **Fundaciones:**

Las fundaciones son entidades sin fines de lucro que, por voluntad de sus creadores, tiene afectado de modo duradero su patrimonio a la realización de fines de interés general y cuyos beneficiarios son colectividades genéricas de personas. Por tanto, el primer elemento que se debe entender del funcionamiento de esta es que, esta no tiene objetivo lucrarse. Sin embargo, no significa que no pueda obtener beneficios como resultado de su actividad, sino que dichos resultados no pueden dedicarse a otro fin que no sea reinvertirlos en la fundación y en el fin para el que ha sido creada dicha organización.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, existen una serie de opciones con el capital necesario para desarrollar actividades y así mismo, mantenerse en el tiempo. Un buen ejemplo sería Fondos concursables, donaciones autónomas, apoyo del estado, entre otras.

- **Empresas:**

Se entiende como empresa toda aquella organización que ofrece una serie de bienes y servicios, generalmente con propósitos que buscan ganancias a la hora de ofrecer un producto y/o servicio ofrecido, verificando lo invertido, costos e ingresos.

Teniendo en cuenta esto, se considera de suma importancia proporcionar una alternativa económica viable para el usuario. Sin embargo, se espera la obtención de recursos con el fin de continuar desarrollando prótesis, aumentando el número de personas beneficiadas con esta propuesta.

Sin embargo, la empresa puede operar de dos maneras:

- **Competencia directa:** La competencia directa se da entre las empresas que ofrecen los mismos productos para satisfacer las mismas necesidades, por lo que luchan por ganar

la atención del cliente. En la mayoría de los casos, las características y funciones son similares, haciendo que el cliente tenga que escoger uno entre ambos.

- **Competencia indirecta:** La competencia indirecta en cambio, se refiere a las empresas que ofrecen productos diferentes, pero que logran satisfacer las mismas necesidades de distinta forma y, por tanto, compiten en el mismo mercado. En este caso, la decisión de la compra del usuario se define por gusto, precio, entre otros factores.

Al hacer estas comparaciones, se puede determinar cómo factible una competencia directa ya que se consideran variables involucradas en una comercialización posterior.

3.3 Estudio de costos.

El estudio de costos proyecta los tipos de costos y gastos necesarios, con los cuales se definirán egresos del proyecto.

3.3.1 Inversiones.

Previo a realizar una inversión en el área empresarial, se identifican los recursos primordiales para dar un inicio a las actividades. A continuación, se nombra un conjunto de equipo que facilitara la realización de las prótesis.

- **Computadores.**

Este componente es de suma importancia para iniciar el proyecto ya que, la totalidad de este depende de los programas tales como softwares de diseño tridimensional, impresión 3D y widget de programación para trabajar en el sistema de ejecución electromecánica. Todo lo mencionado anteriormente, requiere de una gran inversión económica.

- **Impresoras 3D**

El proceso de impresión 3D tipo FMD, constituye a diferencia de lo mencionado anteriormente, la mayor parte del proyecto, por lo que es de suma importancia contar con este equipo para realizar la manufactura de la prótesis. Junto con ello, se debe considerar el tiempo de impresión de esta, siendo esta superior a 12 horas. Si se considera el tiempo con el que se fabrica cada pieza, sería mejor contar con dos a tres máquinas que trabajen de forma simultánea, reduciendo el tiempo de fabricación de cada prótesis.

- **Servomotores.**

La funcionalidad de la prótesis es principalmente dirigida por servomotores que controlan el movimiento de la misma por lo que, la incorporación de esta tecnología y componentes se centra en sensores musculares que permitan la conexión del muñón y la prótesis.

Gracias al estudio realizado previamente, se definen los precios de la siguiente inversión en la tabla 3-1.

Tabla 3-1. Detalle de inversión.

Inversión				
Equipo	Cantidad	Precio unitario	Total	Total en UF
Computadores	2	\$1.250.000	\$2.500.000	69,38
Impresora 3D	2	\$170.000	\$340.000	9,44
Servomotores	6	\$3.400	\$20.400	0,57
Total			\$2.860.400	79,39

Fuente: Elaboración propia en base a estudio de mercado.

3.3.2 Fabricación.

Se debe tomar en cuenta, lo necesario para conformar la zona de acople, considerando a estos como elementos de unión en unidades mayores requeridas. Junto con ello, se debe considerar cables musculares. A continuación, se presenta la tabla 3-2, la cual define de manera detallada los costos relacionados a la fabricación con su respectivo precio.

Tabla 3-2. Costos de fabricación.

	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Materiales	Filamento	1 kg	\$14.000	\$8.650
	Elementos de unión	Por definir	\$14.000	\$14.000
	Sistema Arduino	1 unidad	\$17.000	\$17.000
Total:				\$39.650
Total UF:				1,10

Fuente: Elaboración propia en base a estudio de mercado.

3.3.3 Gastos operacionales.

Se consideran gastos operacionales los costos fijos de la empresa, aquellos tales como conexión a internet y, costos variables tales como prótesis fabricadas. A continuación, se presenta la tabla 3-3 con costos fijos y la tabla 3-4 con costos variables.

Tabla 3-3. Costos fijos

	Descripción	Precio	Total	Total UF
Costos fijos	Internet	\$21.952	\$1.266.952	35,16
	Arriendo oficina	\$300.000		
	Gastos comunes	\$95.000		
	Sueldo personal	\$850.000		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-4. Costos variables

	Descripción	Precio	Total	Total UF
Costos variables	Fabricación	\$39.650	\$214.579	5,96
	Tecnología	\$35.890		
	Programación	\$20.439		
	Publicidad	\$75.000		
	Componentes	\$43.600		

Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Puesta en marcha

La puesta en marcha es el enfoque metódico para garantizar que todos los componentes operativos de un proyecto funcionen como es debido, siendo su objetivo inspeccionar, documentar y verificar el proceso de un proyecto, ofreciendo la oportunidad de corregir proactivamente cualquier descuido en el proyecto.

Para aquello, se establece la siguiente fórmula para calcular el valor final de la puesta en marcha:

$$\begin{aligned} \text{PM} &= (\text{CV} + \text{CF} + \text{F}) * 12 + \text{I} \\ \text{PM} &= (5,94 + 35,10 + 1,10) * 12 + 79,24 \\ \text{PM} &= 426,45 \end{aligned}$$

Fórmula 3-1: Cálculo puesta en marcha

En donde:

PM: Es puesta en marcha

CV: Es costo variable

CF: Es costo fijo

F: Es costo de fabricación

I: Es inversión

3.3.5 Precio.

Una de las características principales de este proyecto, es obtener un buen precio para ofrecer al usuario, por lo que, para definir un valor comercial, se debe observar el costo por cada unidad, en donde se considera un rango entre los \$60.000 y los \$90.000 como margen unitario en caso de posible variación. Para aquello, se considerará un costo fijo (mensual) de \$1.300.000, que guiará a un precio real en el mercado. Sin embargo, se establece la siguiente fórmula para calcular el valor final de la prótesis:

$$\begin{aligned} (\text{CFijo} * 0.45) + (\text{CVariable} + (\text{CVariable} * 0.20)) &= \text{Pventa} \\ (1.300.000 * 0.45) + (90.000 * 0.20) &= 603.000 \end{aligned}$$

Fórmula 3-2: Cálculo precio de venta

Finalmente, se considera un precio total brindado por la fórmula de un total de \$603.000 pesos (16,73 UF). Sin embargo, se establece un precio base final de **\$600.000 (16,65 UF)**.

3.3.6 Horizonte del proyecto

Para construir un estado financiero, se ha determinado un periodo de cinco años, dentro de los cuales se considera una cantidad de prótesis que aumenta lentamente de acuerdo con datos obtenidos anteriormente. Para la tabla 3-5, se considera el precio base final.

Tabla 3-5. Precio total adquirido en periodo de cinco años.

	Cantidad	Total adquirido
Año 1	40	\$ 24.000.000
Año 2	45	\$ 27.000.000
Año 3	50	\$ 30.000.000
Año 4	55	\$ 33.000.000
Año 5	60	\$ 36.000.000

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Capital de trabajo

La inversión en capital de trabajo constituye el conjunto de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante el proceso que se inicia con el primer desembolso para cancelar los insumos de la operación y que termina cuando se venden los productos terminados, para una capacidad y tamaño determinados. Si bien, no todo proyecto requiere de una inversión en capital de trabajo, este constituirá una porción de las inversiones a largo plazo, ya que forma parte de un monto permanente de los activos corrientes necesarios para asegurar la operación del proyecto durante su vida útil.

3.3.7.1 Método contable

El método contable cuantifica la inversión requerida en cada uno de los rubros del activo, considerando que parte de estos pueden financiarse por pasivos de corto plazo, pero de carácter permanente. La diferencia entre los activos y pasivos circulantes dará origen al volumen de capital de trabajo requerido para un determinado nivel de ventas, en donde los activos circulantes corresponderán al total adquirido en un periodo, mientras que los pasivos circulantes será la sumatoria total de los costos fijos y costos variables. A continuación, se establece la siguiente fórmula para determinar el valor del capital de trabajo.

$$\text{Capital de trabajo} = \text{activos circulantes} - \text{pasivos circulantes}$$

$$\text{CT} = 24.000.000 - (241.579 + 1.266.952)$$

$$\text{CT} = 24.000.000 - 1.481.531$$

$$\text{CT} = \$22.518.469$$

$$\text{CT en UF} = 622,00$$

Fórmula 3-3: Cálculo del capital de trabajo

Fuente: Libro Preparación y evaluación de proyectos, sexta edición de Sapag.

3.4 Consideraciones económicas.

3.4.1 Tasa de descuento

La tasa de descuento es lo que se llama un factor financiero cuya finalidad es determinar el valor del dinero en el tiempo para calcular el valor de un capital futuro y/o considerar proyectos de inversión.

La tasa de descuento que se utilizará en este proyecto es de **22,5%**. El cálculo se realizó con la siguiente fórmula:

$$K_e = R_f + (R_m - R_f) * \beta$$

$$K_e = 1,94 \% + (20,17 \% - 1,94 \%) * 1,13$$

$$K_e = 22,5\%$$

Fórmula 3-4, Cálculo tasa de descuento

Fuente: Qué es el WACC y cómo interpretarlo | Financiación para empresas (financlick.es)

En donde:

Rf: Es rentabilidad del activo sin riesgo

Rm: Es rentabilidad media de mercado

β : Es riesgo de mercado de un activo

Para la obtención de los datos de la Rentabilidad del activo sin riesgo (Rf), se utilizaron datos obtenidos del Banco Central año 2020. (Ver Tabla 3-6)

Tabla 3-6. Valores rentabilidad del activo sin riesgo. (Rf)

Sel.	Serie	2020	2021	2022
<input type="checkbox"/>	Bonos en pesos a 1 año	1,10	0,39	
<input type="checkbox"/>	Bonos en pesos a 2 años (BCP,BTP)	0,93	2,28	5,70
<input type="checkbox"/>	Bonos en pesos a 5 años (BCP,BTP)	1,94	3,40	6,69
<input type="checkbox"/>	Bonos en pesos a 10 años (BCP,BTP)	2,80	4,35	6,25

Fuente: Base de Datos Estadísticos (bcentral.cl)

La rentabilidad media de mercado se obtiene mediante el I IPSA (en UF) acumulado en los últimos cinco años. (desde 08/10/2022 a 08/08/2023). Se utiliza Tabla 3-7.

Tabla 3-7. Valores rentabilidad media de mercado. (Rm)

Máximo: 6.449,20	Mínimo: 5.071,69
Diferencia: 1.377,51	Promedio: 5.589,57
% var.: 20,17	

Fuente: S&P CLX IPSA datos históricos - Investing.com

Para Beta (β) de la empresa/industria, se obtiene de acuerdo con el rubro de la empresa "ingeniería/construcción" (Ver Tabla 3-8)

Tabla 3-8. Valores Beta por rubro de empresa

Máximo: 6.449,20	Mínimo: 5.071,69
Diferencia: 1.377,51	Promedio: 5.589,57
% var.: 20,17	

Fuente: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

3.4.2 Financiamiento del proyecto

En las siguientes tablas 3-9 a 3-11, se detalla el financiamiento el proyecto considerando un porcentaje de 25%, 50% y 75%.

La tasa de interés aplicada por el banco corresponde a un 18,72% en cuotas fijas.

Cada tabla mostrara lo que se debe considerar para evaluar los montos requeridos para la inversión y tipo de financiamiento.

Tabla 3-9. Cuotas, intereses y amortización para un 25% de financiamiento (En UF)

TABLA AMORTIZACION	25%	iLp=	18,46%			CUOTA FIJA
PERIODOS	0	1	2	3	4	5
PRINCIPAL	284,895	245,43	198,69	143,31	77,72	0,00
AMORTIZACION	-	39,46	46,74	55,37	65,59	77,72
INTERES	-	52,59	45,31	36,68	26,46	14,35
PAGO O CUOTA	-	92,05	92,05	92,05	92,05	92,05
INVERSION INICIAL						
CAPITAL DE TRABAJO	622,00					
ACTIVOS	79,24					
PUESTA EN MARCHA	426,45					
IMPREVISTOS	11,89					
TOTAL	1.139,58					

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación financiera del proyecto.

Tabla 3-10. Cuotas, intereses y amortización para un 50% de financiamiento (En UF)

TABLA AMORTIZACION	50%	iLp=	18,46%			CUOTA FIJA
PERIODOS	0	1	2	3	4	5
PRINCIPAL	569,79	490,86	397,36	286,61	155,41	0,00
AMORTIZACION	-	78,93	93,50	110,76	131,20	155,42
INTERES	-	105,18	90,61	73,35	52,91	28,69
PAGO O CUOTA	-	184,11	184,11	184,11	184,11	184,11
INVERSION INICIAL						
CAPITAL DE TRABAJO	622,00					
ACTIVOS	79,24					
PUESTA EN MARCHA	426,45					
IMPREVISTOS	11,89					
TOTAL	1.139,58					

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación financiera del proyecto.

Tabla 3-11. Cuotas, intereses y amortización para un 75% de financiamiento (En UF)

TABLA AMORTIZACION	75%	iLp=	18,46%		CUOTA FIJA	
PERIODOS	0	1	2	3	4	5
PRINCIPAL	854,69	736,31	596,06	429,93	233,12	0,00
AMORTIZACION	-	118,38	140,24	166,13	196,80	533,28
INTERES	-	157,78	135,92	110,03	79,36	43,03
PAGO O CUOTA	-	276,16	276,16	276,16	276,16	276,16
INVERSION INICIAL						
CAPITAL DE TRABAJO	622,00					
ACTIVOS	79,24					
PUESTA EN MARCHA	426,45					
IMPREVISTOS	11,89					
TOTAL	1.139,58					

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación financiera del proyecto.

3.4.3 Moneda a utilizar

La moneda utilizada será en Unidad de Fomento (UF) ya que, año tras año se genera una inflación. El valor de esta unidad en pesos chilenos es de \$36.032,89 a la fecha de hoy (31 de mayo de 2023).

3.5 Fuentes y costos de financiamiento

3.5.1 VAN

El Valor Neto Acumulado (VAN) es la diferencia entre el valor del mercado de la inversión y sus costos, en donde se busca calcular el valor creado para llevar a cabo la inversión.

Se considera que:

- Si VAN es mayor a 0, se acepta.
- Si VAN es igual a 0, se considera la decisión del inversionista ya que, no se obtendrán ganancias ni pérdidas en el proyecto.
- Si VAN es menor que 0, no se recomienda ya que, al tener un resultado negativo se generan pérdidas en el proyecto.

Para realizar el cálculo de VAN, se considera la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - Io$$

Fuente: <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

Fórmula 3-5, Cálculo del VAN.

En donde:

n: Es el número de período considerados

t: Es el período de tiempo considerado para la evaluación

Ft: Es el flujo de caja en cada período

i: Es la tasa de interés

Io: Es la versión inicial en el año cero de la evaluación

3.5.2 TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es el segundo indicador más utilizado, donde se

busca encontrar una sola tasa o rendimiento de proyecto. La inversión debe tener en consideración que la TIR exceda el rendimiento requerido, de lo contrario deberá ser rechazado.

Para realizar el cálculo de TIR, se considera la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - I_0$$

Fuente: <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

Fórmula 3-6, Cálculo del TIR.

En donde:

n: Es el número de período considerados

t: Es el periodo de tiempo considerado para la evaluación

Ft: Es el flujo de caja en cada período

i: Es la tasa de interés

I₀: Es la versión inicial en el año cero de la evaluación

3.5.3 PRI

El Periodo de Recuperación de Inversión (PRI) determina el tiempo que se demorará en recuperar la inversión realizada, en donde el proyecto será aceptado únicamente si, el tiempo de recuperación es menor al período establecido.

Para realizar el cálculo del PRI, se considera la siguiente fórmula:

$$PRI = \frac{(a - b)}{c}$$

Fuente: <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>

Fórmula 3-7, Cálculo del PRI.

En donde:

a: Es el período inmediato anterior que se recupera de la inversión

b: Es el flujo de caja actualizado acumulado del período inmediato anterior, que se recupera de la inversión

c: Es el flujo de caja actualizado del período en que se recupera la inversión

3.5.4 Depreciaciones

En cuanto a la depreciación, se consideró un aproximado de años que se le asigna como vida útil al producto.

La depreciación es el mecanismo mediante el cual se reconoce contable y financieramente el desgaste y pérdida de valor que sufre un bien o activo por el uso que se le otorgue con el paso del tiempo.

En cuanto a la depreciación a utilizar se considerará el método de **Depreciación acelerada** ya que, la ley tributaria favorecerá el proyecto los primeros años.

Para los cálculos de depreciación se utilizó la tabla de depreciación de activos entregada por el Servicio de Impuestos Internos (SII), según Resolución N° 43 con vigencia a partir del 01 de enero de 2003. (Ver Tabla 3-12)

Tabla 3-12. Depreciación acelerada según SII.

NOMINA DE BIENES SEGÚN ACTIVIDADES	NUEVA VIDA ÚTIL NORMAL	DEPRECIACIÓN ACELERADA
A.- ACTIVOS GENERICOS		
15) Maquinarias y equipo en general	15	5
19) Herramientas livianas.	3	1
21) Útiles de oficina (ejemplos: máquina de escribir, fotocopiadora, etc.).	3	1
22) Muebles y enseres.	7	2
23) Sistemas computacionales, computadores, periféricos, y similares (ejemplos: cajeros automáticos, cajas registradoras, etc.).	6	2
E.- SECTOR ENERGETICO		
18) Otras instalaciones técnicas para energía eléctrica		
- Equipos	10	3

Fuente: SII

A continuación, se observa la tabla 3-13, en donde se muestra la Depreciación acelerada de activos fijos.

Tabla 3-13. Depreciación acelerada de activos fijos.

Detalle	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total	P.Total UF	Depreciación acelerada (años)	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Mobiliarios												
Computador	UN	2	1.250.000	2.500.000	69,38	2	34,69	34,69				
Impresora Multifuncional	UN	1	159.000	159.000	4,41	1	4,41					
Escritorio	UN	4	45.000	180.000	5	2	2,5	2,5				
Silla escritorio ergonómica	UN	4	150.000	600.000	16,65	2	8,325	8,325				
Repisas	UN	6	150.000	900.000	24,98	2	12,49	12,49				
Juego de comedor	UN	1	120.000	120.000	3,33	1	3,33	3,33				
							65,745	61,335				
Equipos y/o maquinarias												
Impresora 3D	UN	3	170.000	510.000	14,15	5	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	
Servomotores	UN	5	35.890	179.450	4,98	2	2,49	2,49				
Sistema arduino	UN	1	17.000	17.000	0,47	1	0,47					
							5,32	5,32	2,83	2,83	2,83	
Herramientas												
Desatornillador (Pack 5 Unidades)	UN	2	\$ 21.200	\$ 42.400	1,18	1	1,18					
Juego de llaves combinadas (23 piezas)	UN	2	\$ 23.990	\$ 47.980	1,33	1	1,33					
Corchetera	UN	2	\$ 25.490	\$ 50.980	1,41	1	1,41					
							3,92					
TOTAL DEPRECIACIÓN EN UF								74,985	66,655	2,83	2,83	2,83
TOTAL DEPRECIACIÓN EN PESOS								2.701.916	2.401.763	101.973	101.973	101.973

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de SII.

3.6 Flujo de caja puro

Considerando los datos anteriores, se comienza a desplegar un desarrollo económico general. Para aquello, se demuestra en la tabla 3-14, la inversión del proyecto, dejando aquella como negativa el año 0. El análisis por efectuar se realiza se manera anual y se considera el total de unidades producidas mencionadas anteriormente en la tabla 3-5.

Tabla 3-14. Desarrollo económico general. (En UF)

	AÑO	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	IMPUESTO		27%	27%	27%	27%	27%
		0	1	2	3	4	5
+	Ingresos	0,00	668,00	751,50	835,00	918,50	1002,00
-	Costos		-200,40	-225,45	-250,50	-275,55	300,60
=	Utilidad		467,60	526,05	584,50	642,95	1302,60
-	Intereses LP						
-	Intereses CP						
-	Depreciación		-74,85	-66,53	-2,82	-2,82	-2,82
-/+	Dif x Vta de act a VL						0,00
-	Pérd de ejerc ant						
=	Util Ant de Impto		392,75	459,52	581,68	640,13	1299,78
-	Impuesto		106,04	124,07	157,05	172,84	350,94
=	Util desp Impto		286,71	335,45	424,63	467,29	948,84
+	Pérd de ejerc ant						
+	Depreciación		74,85	66,53	2,82	2,82	2,82
-	Amortiz LP						
-	Amortiz CP						
+	Vta Act VL					0,00	
	Capital de Trabajo	-622,00					622,00
-	Pta en Marcha	-426,45					
-	Inversión en Activos	-79,24					
-	Imprevistos	-11,89					
=	Total Anual	-1139,58	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
+	Crédito LP						
+	Crédito CP						
=	Flujo Neto	-1139,58	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
	Flujo Neto Actualizado	-1139,58	312,36	300,03	275,63	261,89	757,37
	Flujo Neto Acumulado	-1139,58	-827,22	-527,19	-251,56	10,33	767,70

VAN=	767,70
PRI=	5
TIR=	36%

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación económica.

Como se logra apreciar, el resultado apreciado en la tabla 3-14, indica que la viabilidad del proyecto establecido a lo largo de cinco años es viable de acuerdo con los resultados de VAN, un valor TIR por sobre la tasa de descuento y la inversión recuperada al quinto año del horizonte del proyecto.

3.7 Flujo de caja financiado (25%)

En este flujo se considera un financiamiento externo de un 25%, el cual un 75% será aportado por el inversionista con sus propios recursos. Para este flujo de caja se utilizó una tasa de descuento de 22,5%

Tabla 3-15. Desarrollo económico financiado al 25% (En UF)

	AÑO	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	IMPUESTO		27%	27%	27%	27%	27%
		0	1	2	3	4	5
+	Ingresos	0,00	668,00	751,50	835,00	918,50	1002,00
-	Costos		-200,40	-225,45	-250,50	-275,55	300,60
=	Utilidad		467,60	526,05	584,50	642,95	1302,60
-	Intereses LP						
-	Intereses CP						
-	Depreciación		-74,85	-66,53	-2,82	-2,82	-2,82
-/+	Dif x Vta de act a VL						
-	Pérd de ejerc ant						
=	Util Ant de Impto		392,75	459,52	581,68	640,13	1299,78
-	Impuesto		106,04	124,07	157,05	172,84	350,94
=	Util desp Impto		286,71	335,45	424,63	467,29	948,84
+	Pérd de ejerc ant						
+	Depreciación		74,85	66,53	2,82	2,82	2,82
-	Amortiz LP						
-	Amortiz CP						
+	Vta Act VL						
	Capital de Trabajo	-622,00					622,00
-	Pta en Marcha	-426,65					
-	Inversión en Activos	-79,24					
-	Imprevistos	-11,89					
=	Total Anual	-1139,78	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
+	Crédito LP	-284,95					
+	Crédito CP						
=	Flujo Neto	-854,84	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
	Flujo Neto Actualizad	-854,84	312,36	300,03	275,63	261,89	757,37
	Flujo Neto Acumulad	-854,84	-542,48	-242,45	33,18	295,08	1052,45
	VAN=		1052,45				
	PRI=		4				
	TIR=		49%				

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación económica.

Como se logra apreciar, el resultado apreciado en la tabla 3-15, indica que con un escenario financiado al 25%, el proyecto a lo largo de cinco años es aceptable de acuerdo con los resultados obtenidos de VAN, recuperando la inversión al cuarto año del horizonte del proyecto.

3.8 Flujo de caja financiado (50%)

En este flujo se considera un financiamiento externo de un 50%, el cual un 50% será aportado por el inversionista con sus propios recursos. Para este flujo de caja se utilizó una tasa de descuento de 22,5%

Tabla 3-16. Desarrollo económico financiado al 50% (En UF)

	AÑO	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	IMPUESTO		27%	27%	27%	27%	27%
		0	1	2	3	4	5
+	Ingresos	0,00	668,00	751,50	835,00	918,50	1002,00
-	Costos		-200,40	-225,45	-250,50	-275,55	300,60
=	Utilidad		467,60	526,05	584,50	642,95	1302,60
-	Intereses LP						
-	Intereses CP						
-	Depreciación		-74,85	-66,53	-2,82	-2,82	-2,82
-/+	Dif x Vta de act a VL						0,00
-	Pérd de ejerc ant						
=	Util Ant de Impto		392,75	459,52	581,68	640,13	1299,78
-	Impuesto		106,04	124,07	157,05	172,84	350,94
=	Util desp Impto		286,71	335,45	424,63	467,29	948,84
+	Pérd de ejerc ant						
+	Depreciación		74,85	66,53	2,82	2,82	2,82
-	Amortiz LP						
-	Amortiz CP						
+	Vta Act VL					0,00	
	Capital de Trabajo	-622,00					622,00
-	Pta en Marcha	-426,45					
-	Inversión en Activos	-79,24					
-	Imprevistos	-11,89					
=	Total Anual	-1139,58	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
+	Crédito LP	-569,79					
+	Crédito CP						
=	Flujo Neto	-569,79	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
	Flujo Neto Actualizado	-569,79	312,36	300,03	275,63	261,89	757,37
	Flujo Neto Acumulado	-569,79	-257,43	42,60	318,23	580,12	1337,49

VAN=	1337,49
PRI=	3
TIR=	74%

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación económica.

Como se logra apreciar, el resultado apreciado en la tabla 3-16, indica que con un escenario financiado al 50%, el proyecto a lo largo de cinco años es aceptable de acuerdo con los resultados obtenidos de VAN, recuperando la inversión al tercer año del horizonte del proyecto.

3.9 Flujo de caja financiado (75%)

En este flujo se considera un financiamiento externo de un 75%, el cual un 25% será aportado por el inversionista con sus propios recursos. Para este flujo de caja se utilizó una tasa de descuento de 22,5%

Tabla 3-17. Desarrollo económico financiado al 75% (En UF)

	AÑO	2022	2023	2024	2025	2026	2027
	IMPUESTO		27%	27%	27%	27%	27%
		0	1	2	3	4	5
+	Ingresos	0,00	668,00	751,50	835,00	918,50	1002,00
-	Costos		-200,40	-225,45	-250,50	-275,55	300,60
=	Utilidad		467,60	526,05	584,50	642,95	1302,60
-	Intereses LP						
-	Intereses CP						
-	Depreciación		-74,85	-66,53	-2,82	-2,82	-2,82
-/+	Dif x Vta de act a VL						
-	Pérd de ejerc ant						
=	Util Ant de Imppto		392,75	459,52	581,68	640,13	1299,78
-	Impuesto		106,04	124,07	157,05	172,84	350,94
=	Util desp Imppto		286,71	335,45	424,63	467,29	948,84
+	Pérd de ejerc ant						
+	Depreciación		74,85	66,53	2,82	2,82	2,82
-	Amortiz LP						
-	Amortiz CP						
+	Vta Act VL					0,00	
	Capital de Trabajo	-622,00					622,00
-	Pta en Marcha	-426,45					
-	Inversión en Activos	-79,24					
-	Imprevistos	-11,89					
=	Total Anual	-1139,58	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
+	Crédito LP	-854,69					
+	Crédito CP						
=	Flujo Neto	-284,90	361,56	401,98	427,45	470,11	1573,66
	Flujo Neto Actualizado	-284,90	312,36	300,03	275,63	261,89	757,37
	Flujo Neto Acumulado	-284,90	27,47	327,50	603,13	865,02	1622,39

VAN=	1622,39
PRI=	2
TIR=	140%

Fuente: Elaboración propia en base a evaluación económica.

Como se logra apreciar, el resultado apreciado en la tabla 3-17, indica que con un escenario financiado al 75%, el proyecto a lo largo de cinco años es aceptable de acuerdo con los resultados obtenidos de VAN, recuperando la inversión al segundo año del horizonte del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Durante la primera etapa de este proyecto se desarrollaron los principios del diseño preliminar, donde se consideraron los requerimientos del usuario más relevantes y, al mismo tiempo, brindando un punto de adquisición considerable a nivel económico. Al momento de generar el modelo tridimensional, se trató de generar una geometría lo más similar a lo que sería una mano real con el objetivo de devolver al usuario una integración a la vida diaria del usuario.

Cuando se habla de la adquisición de estas, se puede definir que existe una gran diferencia en temas económicos ya que, las personas con un grupo socioeconómico más bajo suelen presentar inconvenientes a la hora de adquirirlas. Lo mencionando anteriormente, puede ser demostrado de acuerdo con las estadísticas de SENADIS, describiendo los tipos de discapacidad que existen en Chile, de modo que no se podría identificar un sector económico específico que sea beneficiado.

En cuanto a inversiones, se destaca que no existe un apoyo económico estatal definido para este tipo de desarrollos (ya sea prótesis o algún producto similar), lo que podría causar una desmotivación o inconvenientes a la hora de comenzar el proyecto de forma independiente.

Con respecto al diseño de prótesis presentado, se ha fabricado un prototipo con su debida planimetría que controla la flexión y/o extensión de **un dedo** controlado por un servomotor; sin embargo, requiere de ajustes para un mejor funcionamiento.

Si bien el diseño presenta ciertos parámetros específicos que buscan un mejor funcionamiento de la prótesis, este puede ser rediseñado de acuerdo con los requerimientos del usuario.

Recomendaciones:

- La forma de uso de la prótesis debe ser de forma sencilla para una comprensión rápida de parte del usuario.
- A pesar de que la prótesis no ha sido presentada con un color específico en el proyecto, esta puede ser impresa en el color que guste el usuario, otorgándole mayor seguridad al momento de ser integrada.
- Para generar una mejor interacción prótesis-usuario, se recomienda al usuario seguir con las indicaciones entregadas por el médico. Esto se debe a que un mal uso de esta puede generar distintas infecciones y/o perturbaciones que pueden afectar al tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA.

- Guía completa: Deposición de energía directa - 3Dnatives
- La impresión 3D y su aplicación en los servicios médicos (udesa.edu.ar)
- Prototipo de una Prótesis Mioeléctrica para la Emulación de una Articulación de Codo (scielo.org.mx)
- CIVAT – Sensores que captan el movimiento de tus músculos con Arduino.
- Kit de Sensor Muscular | MCI Electronics.cl
- ¿Qué es y cómo funciona un servomotor? - Panama Hitek
- ServoMotor Funcionamiento y Tipos de Servomotores (areatecnologia.com)
- Protética de Miembros Superiores 1 (arcesw.com)
- Estado del arte de prótesis de mano (monografias.com)
- Bruno Munari y los fundamentos del proceso del diseño (graffica.info)
- Método de Diseño de Bruno Munari para la resolución de problemas - Metodología y Tutoriales en Don Diseño - I (dondiseno.es)
- Bruno Munari y la metodología del diseño | Ximesolischavez's Blog (wordpress.com)
- Prótesis inteligentes y mecanismos para las manos (monografias.com)
- FDM - Modelado por deposición fundida, ¿qué es? | Dassault Systèmes® (3ds.com)
- ▷ ARDUINO NANO (circuitos-electricos.com)
- ¿Por qué debes utilizar la impresión 3D? - 3Dnatives
- Servomotores de 180 y 360 grados de rotación (laelectronica.com.gt)
- ¿Cómo calcular el capital de trabajo en el flujo de caja? (nubox.com)
- Libro Sapag, Preparación y evaluación de proyectos, sexta edición.

ANEXOS**ANEXO A: Especificaciones de material****Propiedades físicas del material PLA**

Densidad	1,24	g/cm ³	UNE EN ISO 1183-1
Denominación técnica	Polylactic Acid		

Propiedades de impresión PLA

Temperatura de impresión	210± 20 °C
Temperatura de cama caliente	0 - 50°C
Ventilador	Encendido (100%)

Propiedades mecánicas

Resistencia de tracción	45MPa	ISO 527-1
Módulo de tracción	3500 MPa	ISO 527-1
Elongación de rotura	≤ 5 %	ISO 527-1
Impacto Charpy con entalla 23°C	≤ 5 kJ/m ²	ISO 179-1eA

Propiedades térmicas

HDT B	64°C
Vicat	84°C

Propiedades de almacenamiento

Formato	1 Kg
Peso neto	1 Kg
Peso bruto	1,4 Kg
Diámetro	1,75 mm
Características del packaging	Aislamiento higroscópico, retractilado

ANEXO B: Especificaciones de material; FDM PLA, GRILON3**CARACTERÍSTICAS PLA**

Diámetros:	1.75 mm / 2.85
Metros x Kg:	335,2 / 126,4
Tolerancias de diámetro:	+ 0.03 mm / +- 0.05
Temperatura extrusor:	190 / 230 °C
Temperatura plataforma (cama):	40 / 55 °C (opcional)
Densidad:	1.25 grs/cm ³
Adhesivo:	Laca cab, fuerte
Nivel de conocimiento:	BÁSICO

PERFIL RÁPIDO DEL MATERIAL

Nivel de Experiencia para uso	Básico Medio Avanzado	
	Mat.Estándar Mat.Técnico	
Recomendación Temp.Pico (Rango 190-220°)	180 200 220 240 260	200°
	Mat.Estándar Mat.Técnico	
Recomendación Temp.Cama (Puede usarse a T° Ambiente)	50 70 90 110 130	50°
	Mat.Estándar Mat.Técnico	

Apto Ventilación de Capa	Sí
Capacidad para "Puentes"	Ninguna Media Destacada
Capacidad para Voladizos	Ninguna Media Destacada

DATOS ADICIONALES DEL MATERIAL

Resistencia a Temperaturas	50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 !	50°C
	Material Estándar Material Técnico	
Con Annealing	No Disponible	
	Material Estándar Material Técnico	
Resistencia a Impactos	Baja Leve Moderada Buena Muy Buena Excelente	
	Material Estándar Material Técnico	
Con Annealing	No Disponible	
	Material Estándar Material Técnico	
Resistencia a Torsiones	Baja Leve Moderada Buena Muy Buena Excelente	
	Material Estándar Material Técnico	
"Warping" (Adherencia a Cama)	Sin Control de Ambiente de Impresión	
	Nulo Bajo Leve Moderado Alto Muy Alto	
	Material Estándar Material Técnico	
Adherente Recomendado	Fijador de Cabello	
NO REQUERIDO	Con Control de Ambiente de Impresión	
	Nulo Bajo Leve Moderado Alto Muy Alto	
	Material Estándar Material Técnico	
Calidad del acabado de la pieza	Difícilto Aceptable Bueno Muy bueno Excelente	
Capacidad de admitir postprocesos	Difícilto Aceptable Bueno Muy bueno Excelente	
Lijado		
Pintado	x	
Alisado	x x x	
Mecanizado		
Roscado		
Apto p/Material Soporte Disoluble	No	
Apto para Recocido "Annealing"	No	
Cuidado requerido para evitar absorción de Humedad	Bajo Aceptable Medio Considerable Riguroso	

(*) Consulte acerca de regulaciones y cuidados al trabajar con Cloroformo



PRODUCIDO CON LA CALIDAD



Plásticos de ingeniería

grilon3.com.ar +54 11 3973 5282 -
Calle 112 No. 82 - Chivilcoy (B) ARGENTINA

ANEXO C: Especificaciones de material; FDM ABS, GRILON3



PERFIL DEL MATERIAL PARA FDM



Filamento para Impresoras 3D. Industria Argentina.

ABS

Perfil de Aplicación: Simil aplicaciones de PLA pero que resistan temperaturas mas altas y determinados requerimientos de resistencia
 Pieza de ejemplo: Engranajes semifuncionales, gabinetes, enclosures para plaquetas electrónicas, accesorios para automóviles y motores
 Se destaca por: Material semitécnico de bajo precio, acabado satinado, resistencia a intemperie y temperaturas

PERFIL RÁPIDO DEL MATERIAL

Nivel de Experiencia para uso	 Mat. Estándar (Básico to Medio) Mat. Técnico (Medio to Avanzado)	Apto Ventilación de Capa	NO
Recomendación Temp. Pico	 Mat. Estándar (180 to 220) Mat. Técnico (220 to 260)	Capacidad para "Puentes"	
Recomendación Temp. Cama	 Mat. Estándar (50 to 90) Mat. Técnico (90 to 130)	Capacidad para Voladizos	

DATOS ADICIONALES DEL MATERIAL

Resistencia a Temperaturas	 Material Estándar (50 to 90) Material Técnico (90 to 140)	95°C
Con Annealing	No Disponible	
Resistencia a Impactos	 Material Estándar (Baja to Buena) Material Técnico (Buena to Excelente)	
Con Annealing	No Disponible	
Resistencia a Torsiones	 Material Estándar (Baja to Buena) Material Técnico (Buena to Excelente)	
"Warping" (Adherencia a Cama)	Sin Control de Ambiente de Impresión	
Adherente Recomendado	Fijador de Cabello Fuerte	
"Warping" (Adherencia a Cama)	Con Control de Ambiente de Impresión (60°C)	
Adherente Recomendado	Fijador de Cabello Fuerte	
Calidad del acabado de la pieza		
Capacidad de admitir postprocesos		
Lijado	X X X	
Pintado	X X X	
Alisado	X X X	
Mecanizado	X X X	
Roscado	X X X	
Apto p/Material Soporte Disoluble	No	
Apto para Recocido "Annealing"	No	
Cuidado requerido para evitar absorción de Humedad		

El material con el que se inició prácticamente la impresión 3D, dada su abundancia en el mundo, sus capacidades al impacto y temperaturas, y su buena fluencia al imprimirse. Es el más económico de los plásticos de ingeniería. Siendo útil para impresiones ya sean recreativas ó decorativas, su fuerte radica en pequeñas piezas mecánicas ó bien piezas que vayan a soportar trabajo. Material de entrada al universo de impresiones 3D Funcionales, por un muy bajo precio.

Notas de Adherencia:
 En Plásticos de Ingeniería se requieren cuidados para adherir, caso ABS
 * Cama caliente (90°C/110°C)
 * Control del ambiente de impresión (Evitar corrientes de aire)
 * Fijador para cabello es suficiente como adherente.

(*) Consulte acerca de regulaciones y cuidados al trabajar con Acetona



Planta Industrial
 Telefax: 54 (2346) 43-1295/96/97
 Calle 112 Nº82 (6620) Chivilcoy, Bs. As.
 www.nth.com.ar



Gestión de Producto y Red Comercial
 Telefax: 54 (11) 3973-5282
 grilon3.com.ar - grilon3@nth.com.ar
 f /grilon3

ANEXO D: Especificaciones de material; FDM PETG, GRILON3



PERFIL DEL MATERIAL PARA FDM



Filamento para Impresoras 3D. Industria Argentina.

PETG

Perfil de Aplicación: Prototipos rápidos, piezas decorativas, semifuncionales, piezas indoor/outdoor, prácticas, hobbyismo
 Pieza de ejemplo: Figuras de Superhéroes, bustos artísticos, réplicas decorativas, pequeños repuestos, partes estructurales
 Se destaca por: Bajo precio, buen brillo, facilidad de impresión

PERFIL RÁPIDO DEL MATERIAL

Nivel de Experiencia para uso	Básico Medio Avanzado	5/10
Recomendación Temp. Pico (Rango 200~240°)	180 200 220 240 260	230°
Recomendación Temp. Cama (Rango 55~75°)	50 70 90 110 130	65°

Apto Ventilación de Capa	si
Capacidad para "Puentes"	Ninguna Media Destacada
Capacidad para Voladizos	Ninguna Media Destacada

DATOS ADICIONALES DEL MATERIAL (TONO NATURAL FDA APPROVED)

Resistencia a Temperaturas	50 60 70 80 90 100 110 120 130 140	85°
Con Annealing	NO APLICA	
Resistencia a Impactos	Baja Leve Moderada Buena Muy Buena Excelente	
Con Annealing	NO APLICA	
Resistencia a Torsiones	Baja Leve Moderada Buena Muy Buena Excelente	
"Warping" (Adherencia a Cama)	Sin Control de Ambiente de Impresión	
Adherente Recomendado	Fijador de Cabello	
NO REQUERIDO	Con Control de Ambiente de Impresión	
Calidad del acabado de la pieza	Difícil Aceptable Bueno Muy bueno Excelente	
Capacidad de admitir postprocesos	Difícil Aceptable Bueno Muy bueno Excelente	
Lijado	X X	
Pintado	X X X	
Alisado	X X	
Mecanizado	X	
Roscado	X	
Apto p/Material Soporte Disoluble	No	
Apto para Recocido "Annealing"	No	
Cuidado requerido para evitar absorción de Humedad	Bajo Aceptable Medio Considerable Riguroso	

El PETG debe su aparición al combinar PET con Glicol, mejorando las ya interesantes propiedades del PET. El PET nació en 1941, y al igual que el PLA, es un polímero, pero fue en 1976, cuando este polímero sufrió su auge con la fabricación de botellas para bebidas, por esto último, no es de extrañar que el PET sea el plástico más utilizado del mundo.

El PETG como material utilizado en la impresión 3D se caracteriza por una funcionalidad muy similar al ABS (buena resistencia a la temperatura, duradero, resistente) y la facilidad de ser impreso como el PLA. Además muestra excelente adhesión entre capas, muy poca deformación durante la impresión, resistencia a ambientes con temperaturas bajas, resistencias químicas (a bases y ácidos) y la ausencia de olor durante su impresión.

La modificación con Glicol lo hace un copolímero, más transparente y más fuerte. Solo pensar en una botella de agua mineral y verás su compatibilidad como material para contacto con alimentos como así también el más amigable al día de hoy con el medio ambiente dado que es Reciclable y acoplable a todo circuito de recuperación de residuos urbanos.

¿Ejemplos de usabilidad?

- * Como un ABS en resistencia mecánica -incluso superior-, pero simple de imprimir (como un PLA)
- * Como un PLA en simplicidad de uso, pero su origen no es de recursos renovables.
- * En resistencias térmicas no supera a ABS, pero está mucho mejor posicionado que PLA (PLA=55°C / PETG=85°C / ABS 90°C)

Otra ventaja es que nuestro PETG tiene una transparencia del 92%, superando claramente a ABS y también a PLA, lo que le otorga capacidad de imprimir tonos translúcidos como nunca antes, y por supuesto, ante el uso de alguno de nuestros colores plenos, toda la viveza posible, dejando exponer la pigmentación sin interferencias del material base. No te prives de probar un PETG Grilon3 en coloración "Clear", translúcidos hechos con toda la sabiduría y conocimiento de NTH desde 1951 aplicadas a un material excelente para tal efecto, nuestro máximo exponente en la gama Clear es el "Nova", tono dicrómico, que transicionará en un mismo filamento, de azules/celestes, a violetas/morados, ¡Sencillemente Increíble!



ANEXO E: Especificaciones de material; FDM PLA 850, GRILON3



PERFIL DEL MATERIAL PARA FDM

Filamento para Impresoras 3D. Industria Argentina.



PLA 850

Perfil de Aplicación: Aplicaciones de PLA, que requieran un plus en coloración, resistencia a temperaturas y esfuerzos
 Pieza de ejemplo: Artísticas (sin annealing), semifuncionales (con annealing)
 Se destaca por: Ofrecer dentro del mismo espectro de precio PLA, una alternativa plus para mejorar acabados y resistencias

PERFIL RÁPIDO DEL MATERIAL

Nivel de Experiencia para uso	<table border="1"> <tr> <th>Básico</th> <th>Medio</th> <th>Avanzado</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td>Mat. Estándar</td> <td>Mat. Técnico</td> <td></td> </tr> </table>	Básico	Medio	Avanzado	█	█	█	Mat. Estándar	Mat. Técnico							
Básico	Medio	Avanzado														
█	█	█														
Mat. Estándar	Mat. Técnico															
Recomendación Temp. Pico (Rango 200°-240°)	<table border="1"> <tr> <th>180</th> <th>200</th> <th>220</th> <th>240</th> <th>260</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td>Mat. Estándar</td> <td>Mat. Técnico</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> 210°	180	200	220	240	260	█	█	█	█	█	Mat. Estándar	Mat. Técnico			
180	200	220	240	260												
█	█	█	█	█												
Mat. Estándar	Mat. Técnico															
Recomendación Temp. Cama (Puede usarse a T° Ambiente)	<table border="1"> <tr> <th>50</th> <th>70</th> <th>90</th> <th>110</th> <th>130</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td>Mat. Estándar</td> <td>Mat. Técnico</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> 50°	50	70	90	110	130	█	█	█	█	█	Mat. Estándar	Mat. Técnico			
50	70	90	110	130												
█	█	█	█	█												
Mat. Estándar	Mat. Técnico															

Apto Ventilación de Capa	Sí
--------------------------	----

Capacidad para "Puentes"	<table border="1"> <tr> <th>Ninguna</th> <th>Media</th> <th>Destacada</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	Ninguna	Media	Destacada	█	█	█
Ninguna	Media	Destacada					
█	█	█					

Capacidad para Voladizos	<table border="1"> <tr> <th>Ninguna</th> <th>Media</th> <th>Destacada</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	Ninguna	Media	Destacada	█	█	█
Ninguna	Media	Destacada					
█	█	█					

DATOS ADICIONALES DEL MATERIAL

Resistencia a Temperaturas	<table border="1"> <tr> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> <th>90</th> <th>100</th> <th>110</th> <th>120</th> <th>130</th> <th>140</th> <th>150</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Material Estándar</td> <td colspan="5">Material Técnico</td> </tr> </table> 55°C	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Material Estándar						Material Técnico				
50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150																								
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																								
Material Estándar						Material Técnico																												
Con Annealing	<table border="1"> <tr> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> <th>90</th> <th>100</th> <th>110</th> <th>120</th> <th>130</th> <th>140</th> <th>150</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="6">Material Estándar</td> <td colspan="5">Material Técnico</td> </tr> </table> 85°C	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	Material Estándar						Material Técnico				
50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150																								
█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█																								
Material Estándar						Material Técnico																												

Resistencia a Impactos	<table border="1"> <tr> <th>Baja</th> <th>Leve</th> <th>Moderada</th> <th>Buena</th> <th>Muy Buena</th> <th>Excelente</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Material Estándar</td> <td colspan="3">Material Técnico</td> </tr> </table>	Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente	█	█	█	█	█	█	Material Estándar			Material Técnico		
Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente														
█	█	█	█	█	█														
Material Estándar			Material Técnico																
Con Annealing	<table border="1"> <tr> <th>Baja</th> <th>Leve</th> <th>Moderada</th> <th>Buena</th> <th>Muy Buena</th> <th>Excelente</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Material Estándar</td> <td colspan="3">Material Técnico</td> </tr> </table>	Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente	█	█	█	█	█	█	Material Estándar			Material Técnico		
Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente														
█	█	█	█	█	█														
Material Estándar			Material Técnico																

Resistencia a Torsiones	<table border="1"> <tr> <th>Baja</th> <th>Leve</th> <th>Moderada</th> <th>Buena</th> <th>Muy Buena</th> <th>Excelente</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Material Estándar</td> <td colspan="3">Material Técnico</td> </tr> </table>	Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente	█	█	█	█	█	█	Material Estándar			Material Técnico		
Baja	Leve	Moderada	Buena	Muy Buena	Excelente														
█	█	█	█	█	█														
Material Estándar			Material Técnico																

"Warping" (Adherencia a Cama)	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Sin Control de Ambiente de Impresión</th> </tr> <tr> <th>Nulo</th> <th>Bajo</th> <th>Leve</th> <th>Moderado</th> <th>Alto</th> <th>Muy Alto</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Material Estándar</td> <td colspan="3">Material Técnico</td> </tr> </table> Adherente Recomendado Fijador de Cabello	Sin Control de Ambiente de Impresión						Nulo	Bajo	Leve	Moderado	Alto	Muy Alto	█	█	█	█	█	█	Material Estándar			Material Técnico		
Sin Control de Ambiente de Impresión																									
Nulo	Bajo	Leve	Moderado	Alto	Muy Alto																				
█	█	█	█	█	█																				
Material Estándar			Material Técnico																						
NO REQUERIDO	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Con Control de Ambiente de Impresión</th> </tr> <tr> <th>Nulo</th> <th>Bajo</th> <th>Leve</th> <th>Moderado</th> <th>Alto</th> <th>Muy Alto</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Material Estándar</td> <td colspan="3">Material Técnico</td> </tr> </table>	Con Control de Ambiente de Impresión						Nulo	Bajo	Leve	Moderado	Alto	Muy Alto	█	█	█	█	█	█	Material Estándar			Material Técnico		
Con Control de Ambiente de Impresión																									
Nulo	Bajo	Leve	Moderado	Alto	Muy Alto																				
█	█	█	█	█	█																				
Material Estándar			Material Técnico																						

Calidad del acabado de la pieza	<table border="1"> <tr> <th>Difícil</th> <th>Aceptable</th> <th>Buena</th> <th>Muy buena</th> <th>Excelente</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	Difícil	Aceptable	Buena	Muy buena	Excelente	█	█	█	█	█
Difícil	Aceptable	Buena	Muy buena	Excelente							
█	█	█	█	█							

Capacidad de admitir postprocesos	<table border="1"> <tr> <th>Difícil</th> <th>Aceptable</th> <th>Buena</th> <th>Muy buena</th> <th>Excelente</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	Difícil	Aceptable	Buena	Muy buena	Excelente	█	█	█	█	█
Difícil	Aceptable	Buena	Muy buena	Excelente							
█	█	█	█	█							
Ujado	<table border="1"> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	█	█	█	█	█					
█	█	█	█	█							
Pintado	<table border="1"> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	█	█	█	█	█					
█	█	█	█	█							
Alisado	<table border="1"> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	█	█	█	█	█					
█	█	█	█	█							
Mecanizado	<table border="1"> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	█	█	█	█	█					
█	█	█	█	█							
Roscado	<table border="1"> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	█	█	█	█	█					
█	█	█	█	█							
Apto p/Material Soporte Disoluble	No										
Apto para Recocido "Annealing"	Sí										

Cuidado requerido para evitar absorción de Humedad	<table border="1"> <tr> <th>Bajo</th> <th>Aceptable</th> <th>Medio</th> <th>Considerable</th> <th>Riguroso</th> </tr> <tr> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> <td>█</td> </tr> </table>	Bajo	Aceptable	Medio	Considerable	Riguroso	█	█	█	█	█
Bajo	Aceptable	Medio	Considerable	Riguroso							
█	█	█	█	█							

Una evolución del material virgen PLA, en un grado diseñado y fabricado especialmente para impresión 3D, generando mejor fluencia, mayor precisión de extrusión en máquina, una base mas translúcida que realza el color, conservando las bondades conocidas de PLA Estándar.

Comparte sus aplicaciones pero uno de sus Plus es su capacidad de ser templado post impreso (Proceso 3D Annealing en Inglés) lo que le aumenta su resistencia al impacto por sobre ABS, material de alto impacto. También aumenta su resistencia a Temperatura, de 55° a 85°C.

Notas de Adherencia: Uno de los materiales de más baja contracción, amorfo, de la familia de los poliésteres, grado específico para Impresora 3D, excelente adherencia, no requiere cama calefaccionada, sólo fijador tipo laca para cabello, recomendado si es posible plataforma de impresión a 50°C

(*) Consulte acerca de regulaciones y cuidados al trabajar con Cloroformo



Planta Industrial
 Telefax: 54 (2346) 43-1295/96/97
 Calle 112 N°82 (6620) Chivilcoy, Bs. As.
 www.nth.com.ar

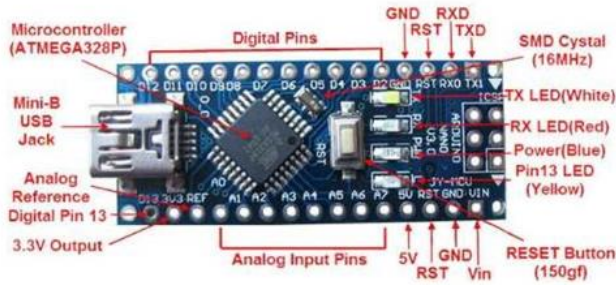


Gestión de Producto y Red Comercial
 Telefax: 54 (11) 3973-5282
 grilon3.com.ar - grilon3@nth.com.ar
 f /grilon3

ANEXO F: Especificaciones de componente; Arduino NANO

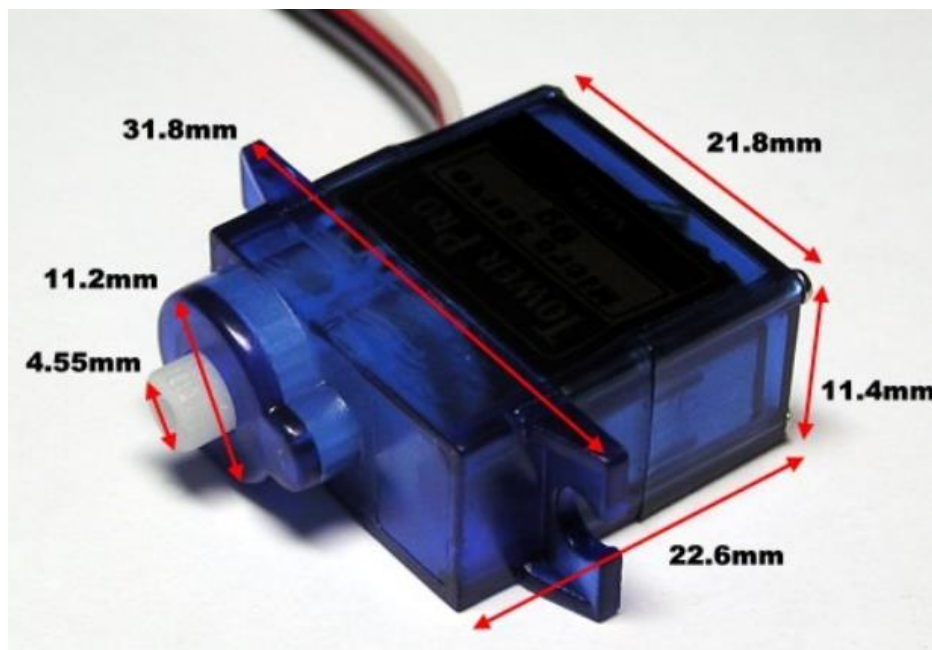
Arduino Nano

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.0) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x) que se usa conectándola a una protoboard. Tiene funcionalidad similar al Arduino Duemilanove, pero con una presentación diferente. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez de el cable estándar.



Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"
Length	45 mm
Width	18 mm
Weight	5 g

ANEXO G: Especificaciones de componente; Servomotor



El SG90 es un servo miniatura de gran calidad y diminutas dimensiones, además es bastante económico. Funciona con la mayoría de tarjetas electrónicas de control con microcontroladores y además con la mayoría de los sistemas de radio control comerciales. Funciona especialmente bien en aeronaves dadas sus características de torque, tamaño y peso.

El servo SG90 tiene un conector universal tipo "S" que encaja perfectamente en la mayoría de los receptores de radio control incluyendo los Futaba, JR, GWS, Cirrus, Hitec y otros. Los cables en el conector están distribuidos de la siguiente forma: Rojo = Alimentación (+), Cafe = Alimentación (-) o tierra, Naranja = Señal PWM.

Este tipo de servo es ideal para las primeras experiencias de aprendizaje y prácticas con servos, ya que sus requerimientos de energía son bastante bajos y se permite alimentarlo con la misma fuente de alimentación que el circuito de control. Por ejemplo, si se conecta a una tarjeta arduino, se puede alimentar durante las pruebas desde el puerto USB de la PC sin mayor problema.

Características:

- Dimensiones: 22mm x 11,5mm x 27mm
- Peso: 9 gramos
- Peso con cable y conector: 10,6 gramos
- Torque a 4.8 volts: 1.2 kg/cm
- Voltaje de operación: 4.0 a 7.2 volts
- Velocidad de giro a 4.8 volts: 120ms / 60°
- Conector universal para la mayoría de los receptores de radio control
- Compatible con tarjetas como Arduino y microcontroladores que funcionan a 5 volts.

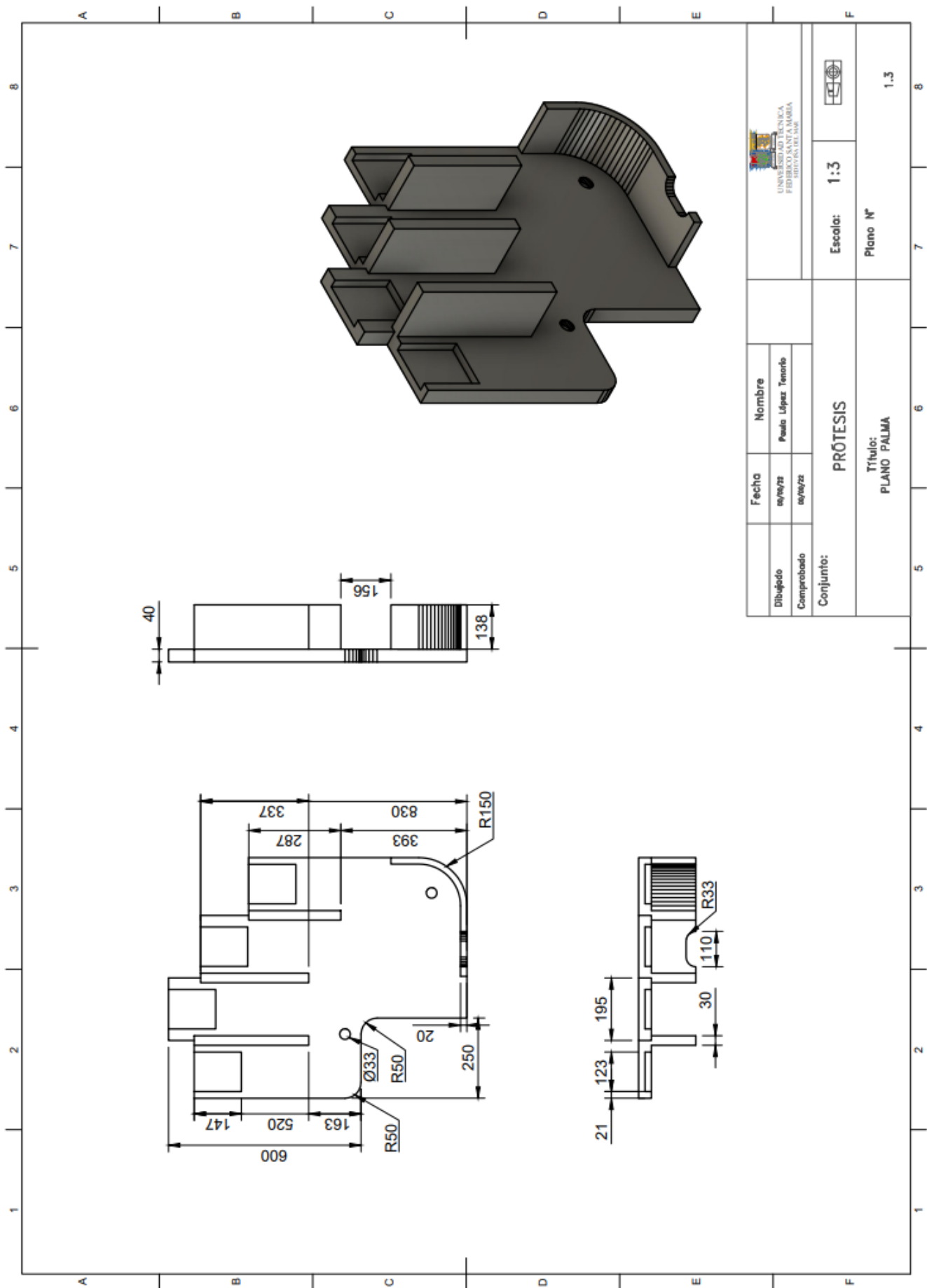
Peso

0.01 kg

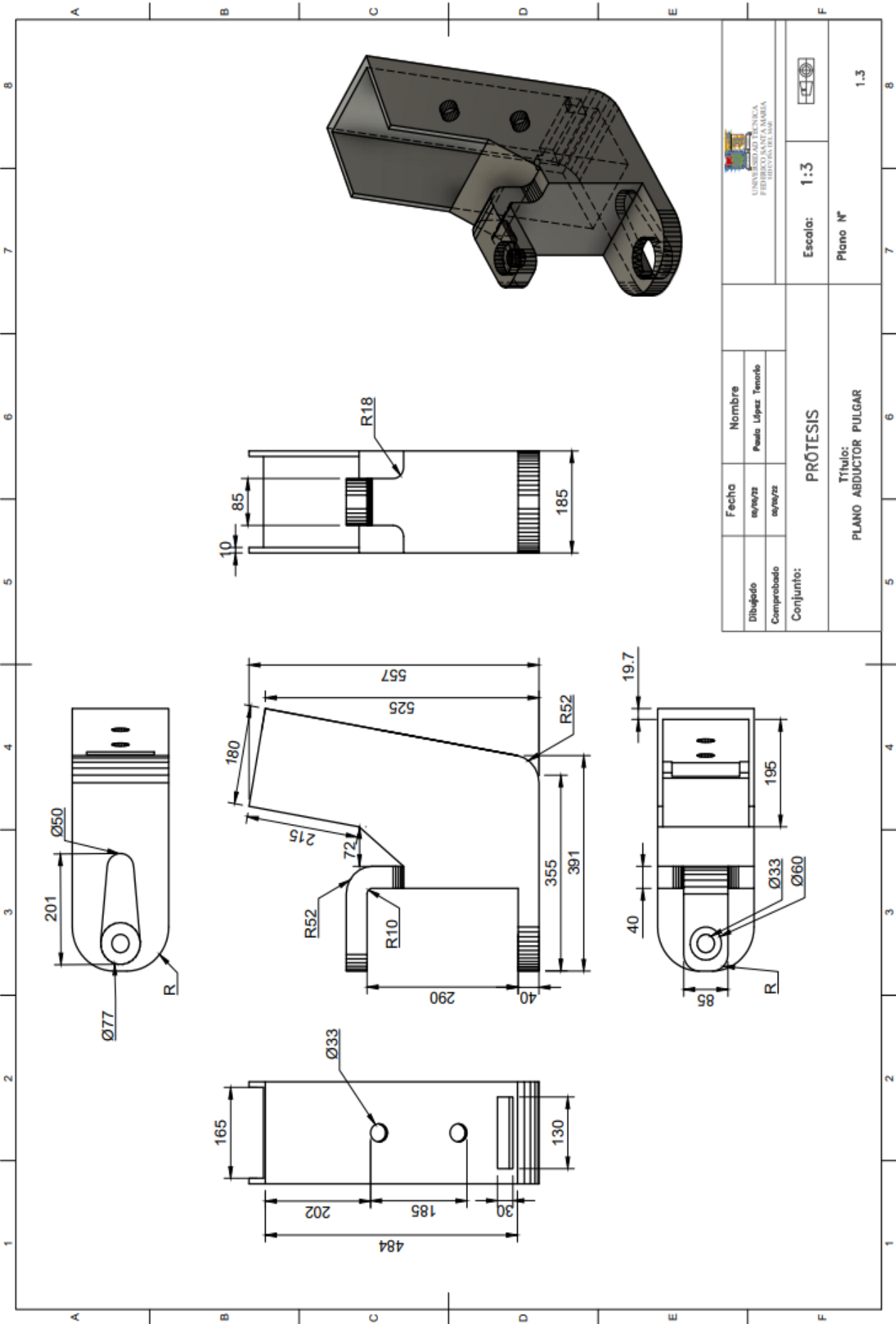
Marca



Generico

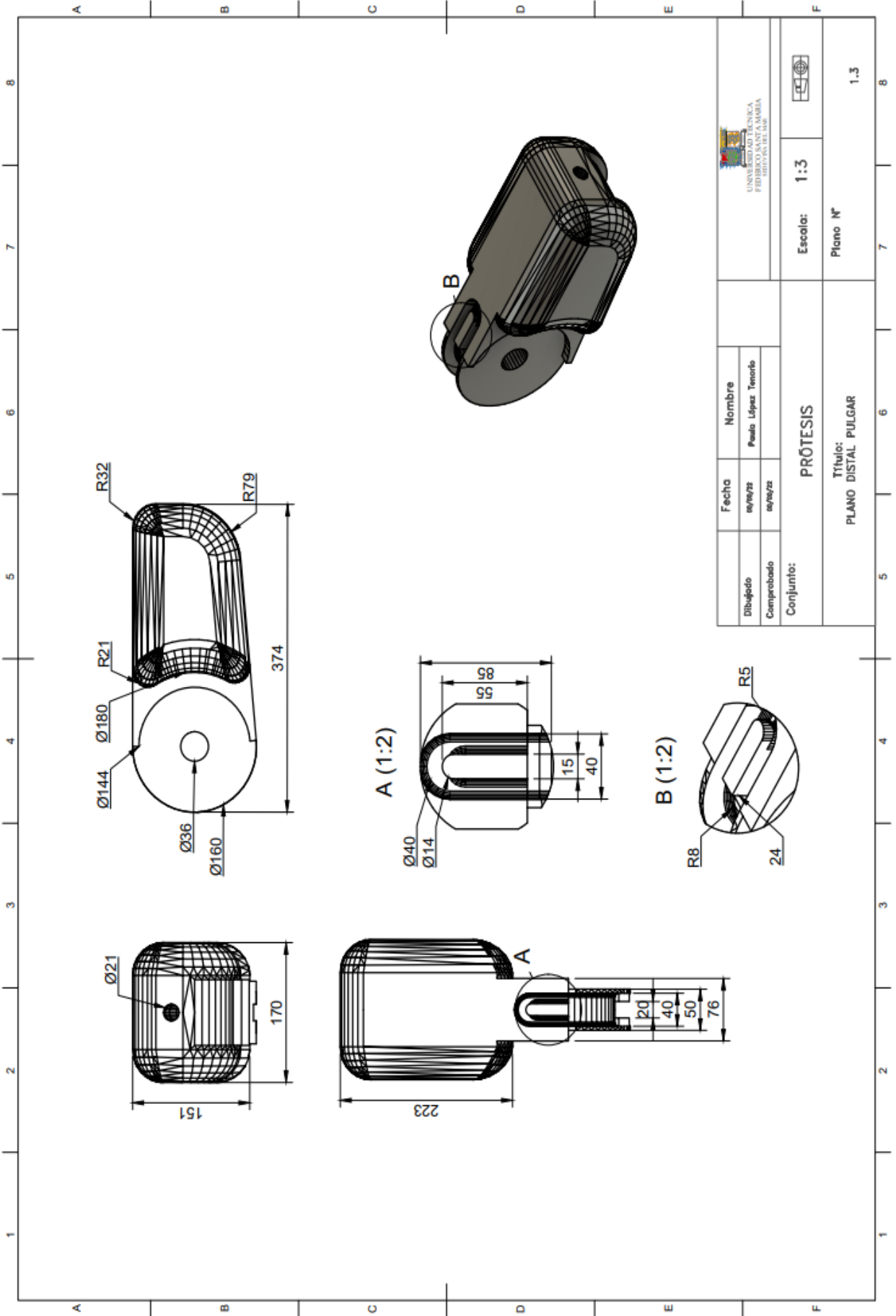
ANEXO H: Planos de fabricación




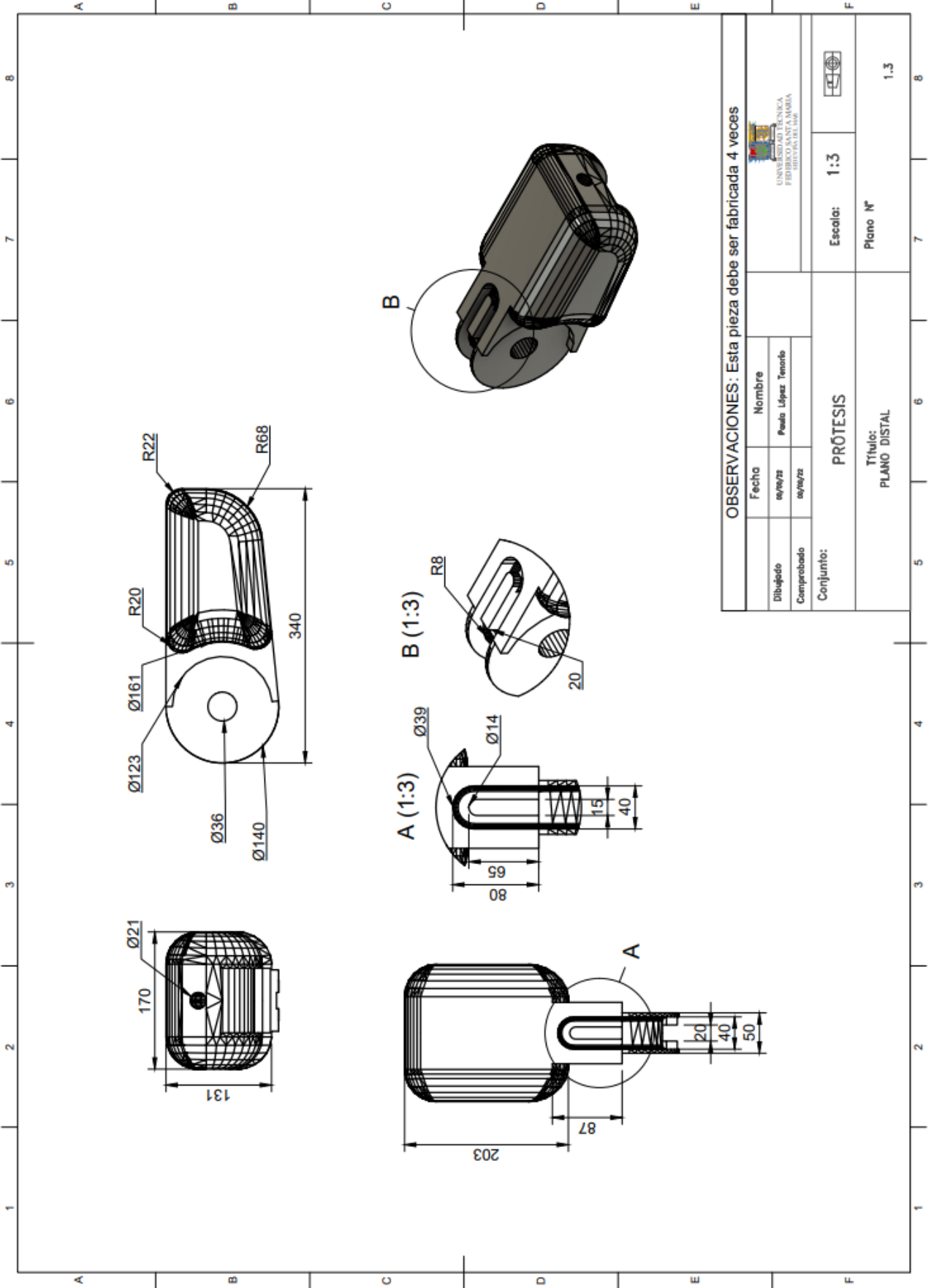
Dibujado	09/09/22	Nombre	Pavala López Tenorio	UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERATIVA DE PALMA INTI YANAYAMA	Escala: 1:3	Plano N°	1.3
	Comprobado						
Conjunto:			PRÓTESIS				
			Título:				
			PLANO PALMA				



Dibujado	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA DIVISION DE I+D+D	Escala: 1:3 	8
Comprobado	09/09/22	Paula Lopez Tenorio			
Conjunto:			PRÓTESIS	Plano N°	7
			Título: PLANO ABDUCTOR PULGAR		



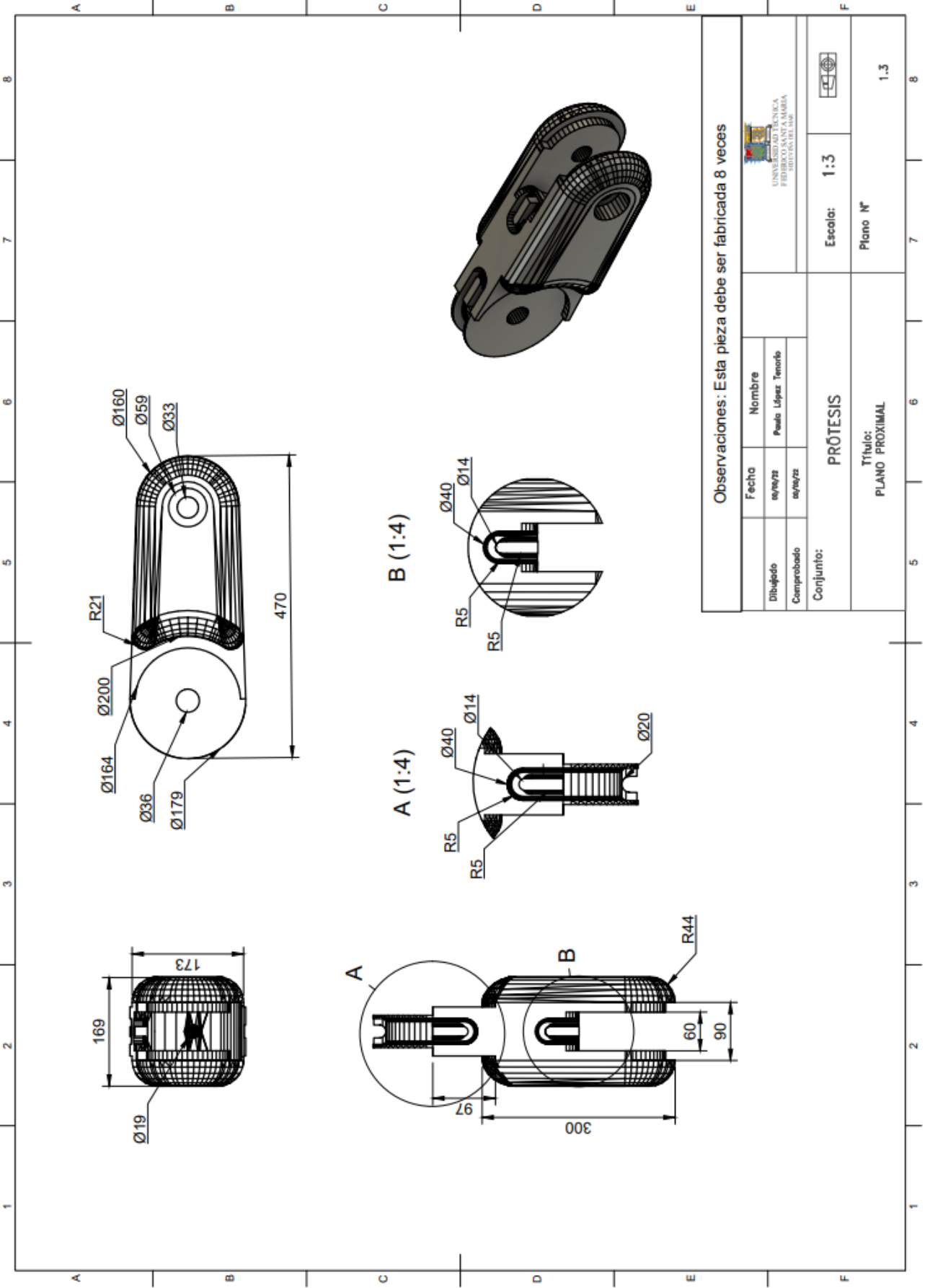
Dibujado	Nombre		Escala: 1:3	 UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA DIVISIÓN DE DISEÑO
	Fecha	Paula López Tenorio		
Comprobado	Fecha			
Conjunto:				
Título: PLANO DISTAL PULGAR			Plano N°	1.3



OBSERVACIONES: Esta pieza debe ser fabricada 4 veces

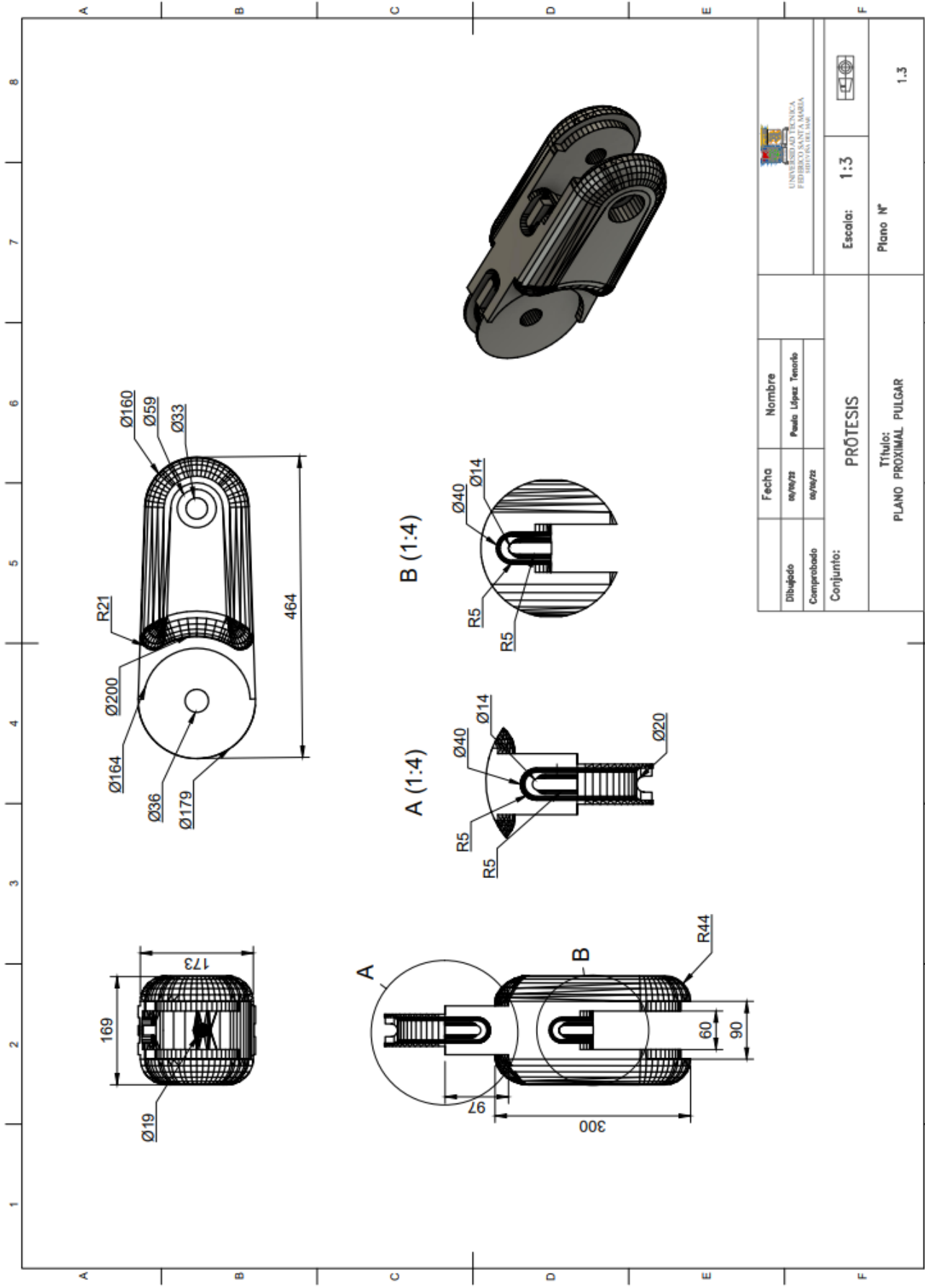
Dibujado	Nombre	
	ap/ny/z	Pedro López Tenorio
Comprobado	ap/ny/z	
Conjunto:	PRÓTESIS	
	Escola:	1:3
	Título:	PLANO DISTAL
	Plano N°	1.3



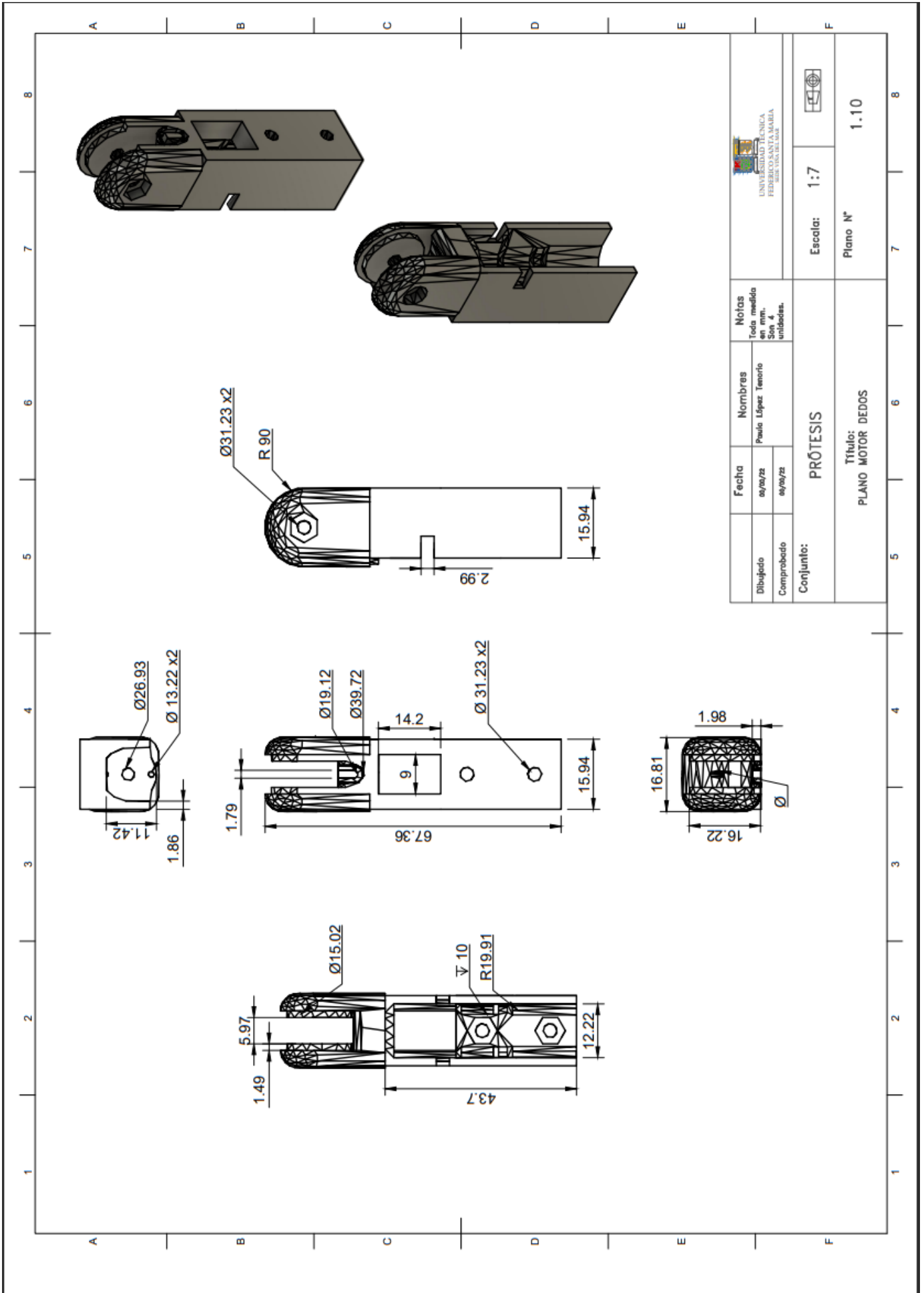


Observaciones: Esta pieza debe ser fabricada 8 veces

Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA INDUSTRIAL DEL ICA	
Dibujado 10/09/22	Nombre	Pablo López Tenorio	
Comprobado 09/09/22	Nombre		
Conjunto:	PRÓTESIS		Escola: 1:3
	Título: PLANO PROXIMAL		Plano N° 1.3

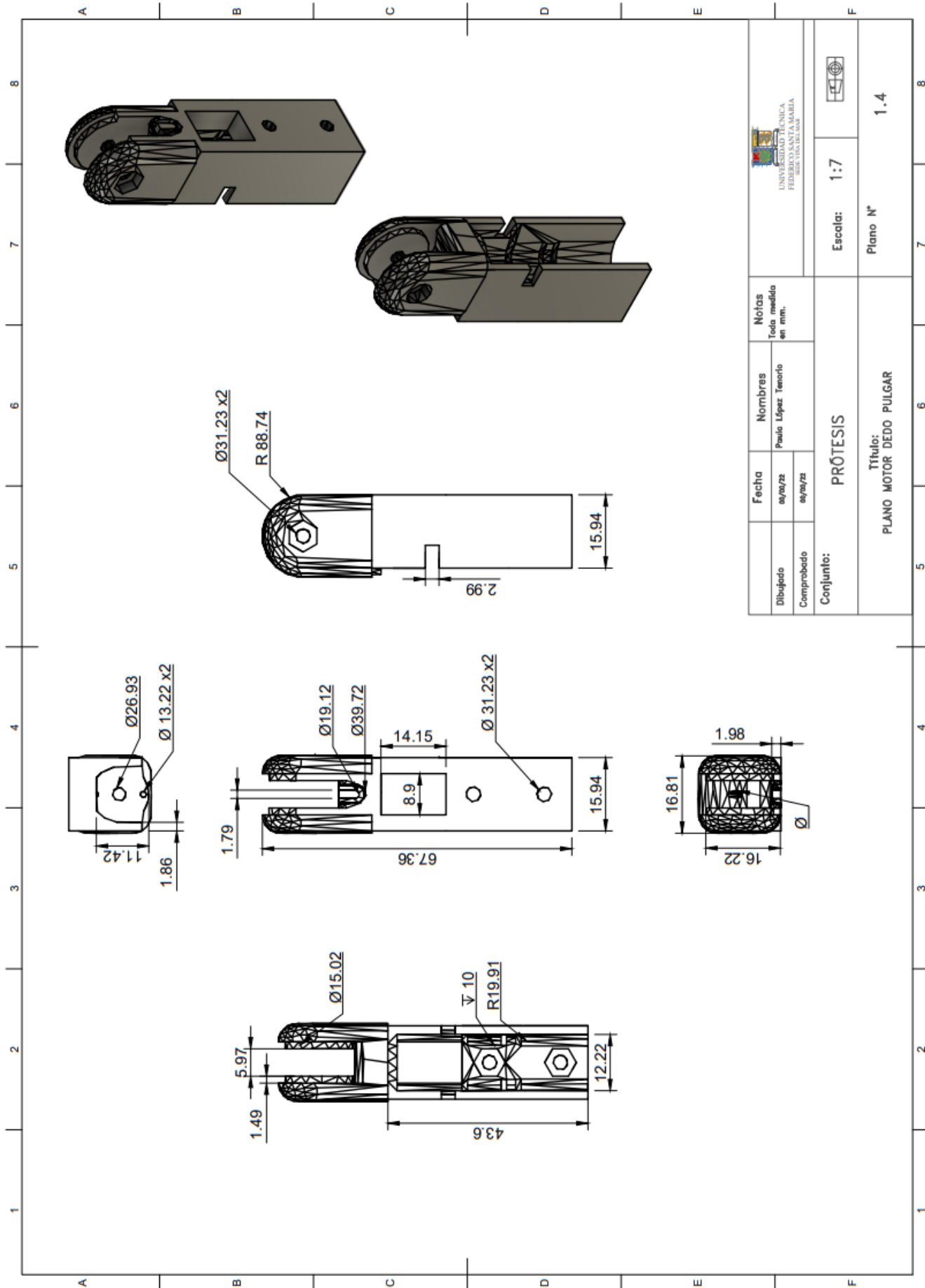


Dibujado	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA INSTITUTO DE DISEÑO
Comprobado	09/06/22	Peñaloza Tenorio	
Conjunto:		PRÓTESIS	
Título:		PLANO PROXIMAL PULGAR	
Escala:		1:3	
Plano N°		1.3	

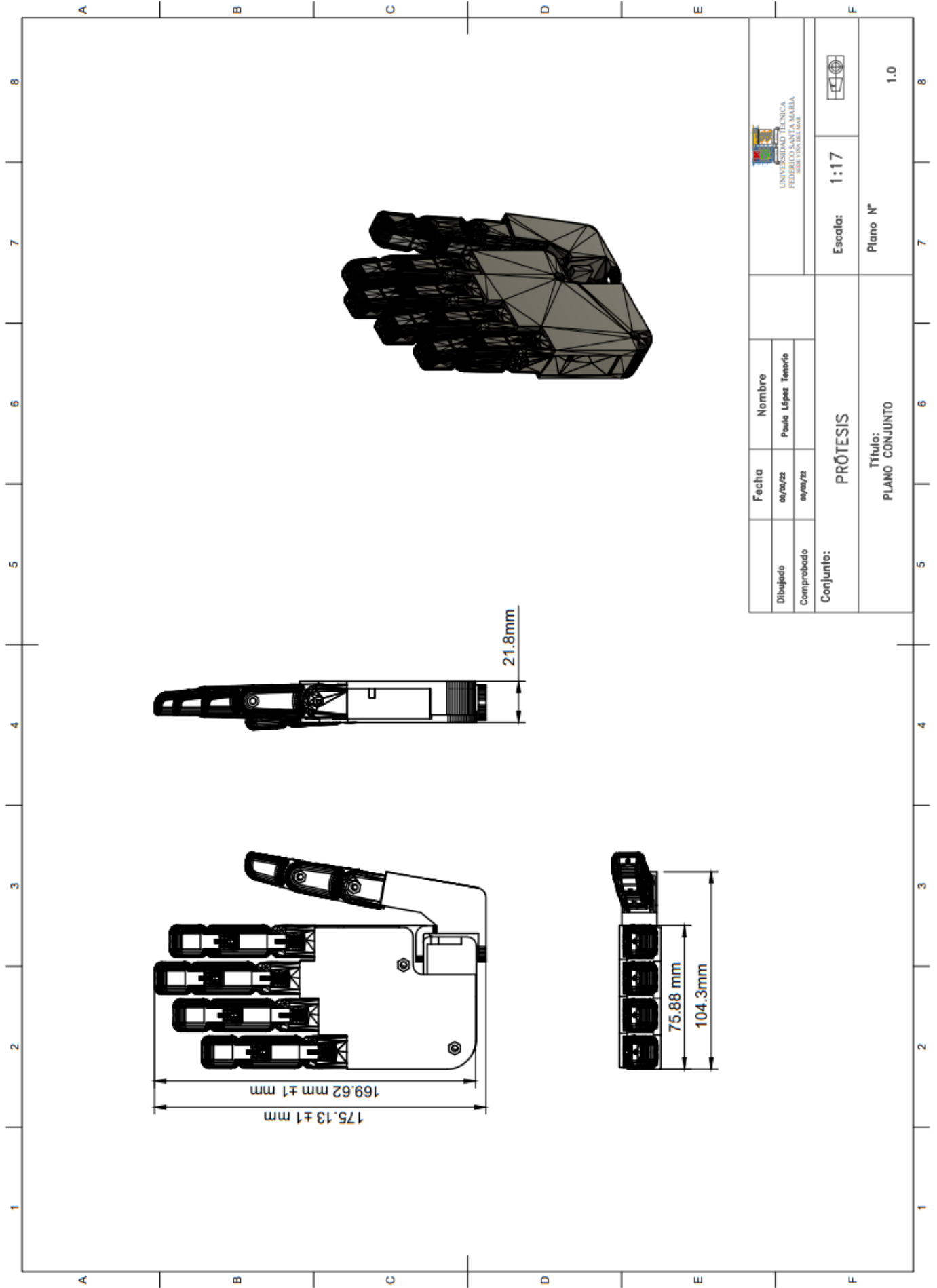


Fecha	Nombre	Notas
09/09/22	Paulo López Temario	Toda medida en mm. Son 4 unidades.
09/09/22		
Conjunto: PRÓTESIS		
Escala: 1:7		
Título: PLANO MOTOR DEDOS		
Plano N° 1.10		

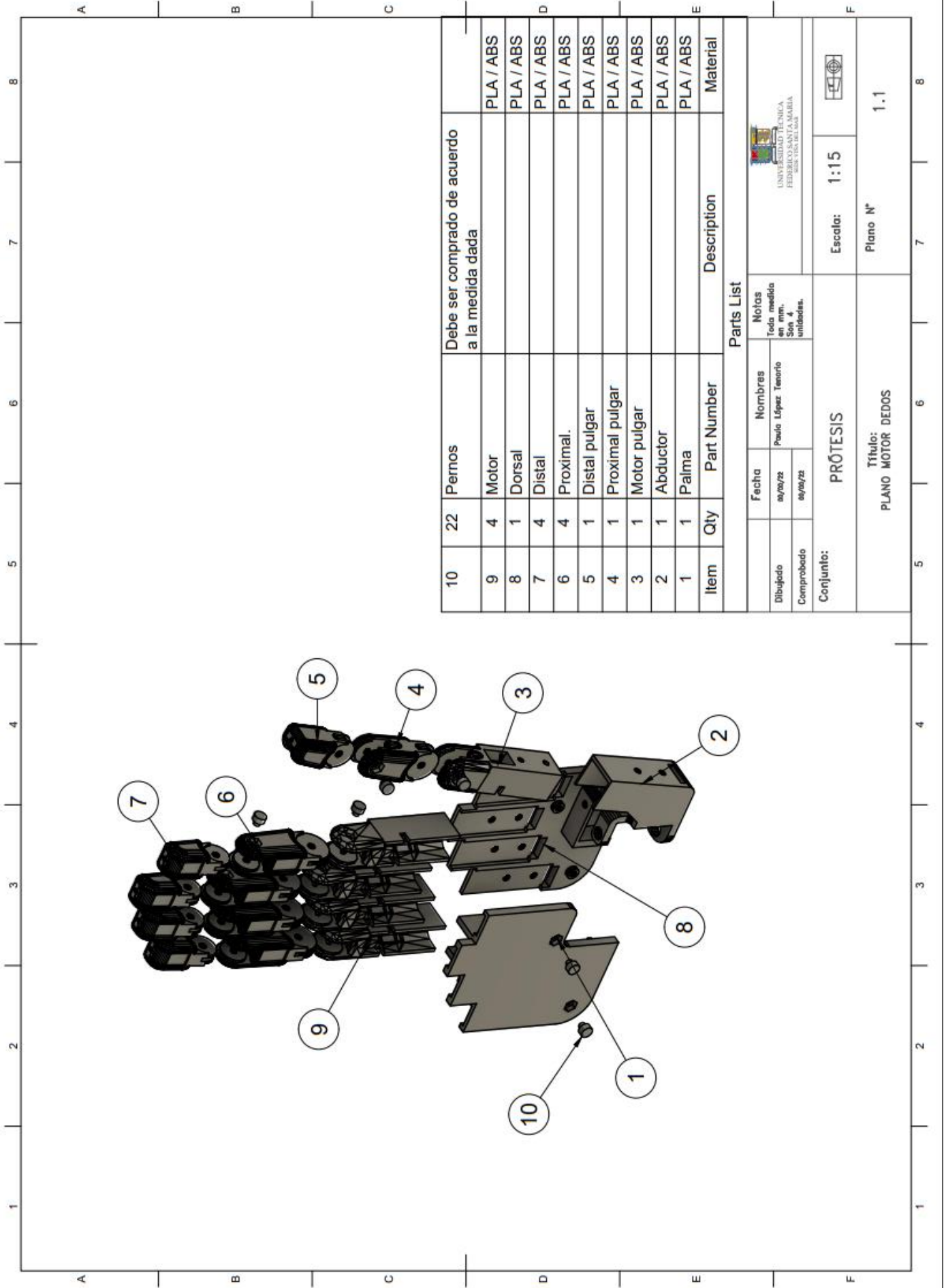




Dibujado	08/08/22	Fecha	08/08/22	Notas	UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA 2002 VIAL VALDIVIA	
Comprobado	08/08/22	Normbres	Paula López Temario	Nota	Todo medido en mm.	
Conjunto:			PRÓTESIS	Escola:	1:7	
Título:			PLANO MOTOR DEDO PULGAR	Plano N°	1.4	



Dibujado	09/09/22	Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA SIN VOTO DEL MAE	
Comprobado	09/09/22		Paulo López Tenorio		
Conjunto:			PRÓTESIS		
			Escala:	1:17	
			Título: PLANO CONJUNTO		
			Plano N° 1.0		



Item	Qty	Part Number	Description	Material
10	22	Pernos	Debe ser comprado de acuerdo a la medida dada	
9	4	Motor		PLA / ABS
8	1	Dorsal		PLA / ABS
7	4	Distal		PLA / ABS
6	4	Proximal.		PLA / ABS
5	1	Distal pulgar		PLA / ABS
4	1	Proximal pulgar		PLA / ABS
3	1	Motor pulgar		PLA / ABS
2	1	Abductor		PLA / ABS
1	1	Palma		PLA / ABS

Parts List		
Fecha	Nombres	Notas
09/09/22	Paulo López Tenorio	Toda medida en mm. Son 4 unidades.
09/09/22		
Conjunto: PRÓTESIS		
Título: PLANO MOTOR DEDOS		
Escala: 1:15		Plano N° 1.1

