



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DISEÑO MECÁNICO DE 24 PROTOTIPOS DE PRÓTESIS DE MANO ESCALABLES PARA NIÑOS DE 6 A 12 AÑOS UTILIZANDO SOFTWARE CAD

LUIS CRISTOBAL ALMEIDA POZO

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN DISEÑO MECÁNICO

Riobamba - Ecuador

Marzo, 2021

©2021, Luis Cristóbal Almeida Pozo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “Diseño mecánico de 24 prototipos de prótesis de mano escalables para niños de 6 a 12 años utilizando software CAD”, de responsabilidad del Sr. Luis Cristóbal Almeida Pozo, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida; PhD

PRESIDENTE

LUIS
EDUARDO
HIDALGO
ALMEIDA

Firmado digitalmente por LUIS
EDUARDO HIDALGO ALMEIDA
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-
ELECTRÓNICA, l=QUITO,
serialNumber=0000445780, cn=LUIS
EDUARDO HIDALGO ALMEIDA
Fecha: 2021.03.11 15:53:27 -05'00'

Ing. Jorge Isaías Caicedo Reyes; Mag

DIRECTOR

JORGE ISAIAS
CAICEDO
REYES

Firmado digitalmente
por JORGE ISAIAS
CAICEDO REYES
Fecha: 2021.03.02
10:49:53 -05'00'

Ing. Javier José Gavilanes Carrión; Mag

MIEMBRO

JAVIER JOSE
GAVILANES
CARRION

Firmado digitalmente
por JAVIER JOSE
GAVILANES CARRION
Fecha: 2021.02.28
10:12:29 -05'00'

Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba; Mag

MIEMBRO



Firmado electrónicamente por:
**SOCRATES MIGUEL
AQUINO ARROBA**

Riobamba, marzo, 2021

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Luis Cristóbal Almeida Pozo, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



LUIS CRISTÓBAL ALMEIDA POZO

No. Cédula: 050313993-3

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Luis Cristóbal Almeida Pozo, declaro que el presente trabajo de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.



LUIS CRISTÓBAL ALMEIDA POZO

No. Cédula: 050313993-3

DEDICATORIA

Dedico el proyecto en primer lugar a Dios por darme muchas bendiciones y la fuerza para culminar el trabajo. A mi familia entera por apoyarme en todo momento. A mis familiares que me ven y me dan sus bendiciones desde el cielo. A mis padres por guiarme en los instantes complicados de mi vida, en especial a mi mami Angelita por estar siempre presente en la felicidad y la tristeza, con sus consejos, por demostrarme el valor del trabajo, por ser un ejemplo de liderazgo, generosidad y amor, por enseñarme que lo primero en la vida es Dios y lo más importante es la familia. A mis ñañas Johana y Evelyn por fortalecer lazo muy fuerte de hermandad. A todos mis amigos y amigas que han estado en las buenas y en las malas demostrándome su apoyo incondicional.

Luis Cristóbal Almeida Pozo

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, a mi familia por estar siempre pendiente en los buenos y malos momentos. A todos los docentes que me han inculcado sus conocimientos y buenos valores. A todas las personas que conforman la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de formarme en esta prestigiosa Institución. A mi director de proyecto, Ing. Isaías Caicedo que me ha guiado de manera correcta en el desarrollo de la tesis. A mis asesores de tesis, Ing. Javier Gavilanes e Ing. Miguel Aquino quienes me ayudaron a cumplir todos los objetivos planteados.

Luis Cristóbal Almeida Pozo

CONTENIDO

RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Formulación del problema	1
1.3 Justificación de la investigación	2
1.4 Objetivos de la investigación	2
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
1.5 Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Estado del arte.....	4
2.2 Prótesis, extremidades y manos robóticas.....	8
2.2.1 <i>Prótesis pasivas o estéticas</i>	8
2.2.2 <i>Prótesis funcionales</i>	9
2.2.3 <i>Prótesis mecánicas</i>	10
2.2.4 <i>Prótesis eléctricas</i>	11
2.2.5 <i>Prótesis mioeléctricas</i>	12
2.2.6 <i>Prótesis neumáticas</i>	12
2.2.7 <i>Prótesis comerciales</i>	13
2.2.7.1 <i>Prótesis de mano Michelangelo</i>	13
2.2.7.2 <i>Prótesis de mano Ambionics</i>	13
2.2.7.3 <i>Prótesis 10X de Hosmer</i>	14
2.2.7.4 <i>Prótesis 12P de Hosmer</i>	14

2.2.7.5	<i>Prótesis de mano Child Dorrance 200</i>	15
2.2.7.6	<i>Prótesis de mano Child CAPP de Hosmer</i>	15
2.2.7.7	<i>Prótesis de mano pediátrica 2000 Ottobock</i>	16
2.2.7.8	<i>Prótesis mecánica para remplazar mano</i>	17
2.3	Bases teóricas.	17
2.3.1	Biomecánica y fisiología de la mano humana	17
2.3.1.1	<i>Movimiento de los dedos</i>	18
2.3.1.2	<i>Tipos de agarre de la mano</i>	19
2.3.2	Antropometría de la mano	20
2.3.2.1	<i>Aspectos biométricos de la mano humana</i>	21
2.3.2.2	<i>Largo de palma de mano</i>	22
2.3.2.3	<i>Ancho de palma de mano</i>	22
2.3.2.4	<i>Calibrador digital como instrumento de medición antropométrico</i>	23
2.3.2.5	<i>Características de un Calibrador Digital</i>	23
2.3.3	Mecanismos de transmisión y actuadores	24
2.3.3.1	<i>Mecanismo de 4 barras</i>	24
2.3.3.2	<i>Mecanismos de transmisión de poleas</i>	25
2.3.3.3	<i>Mecanismo de accionamiento basado en tendones</i>	25
2.3.3.4	<i>Mecanismo de transmisión “Dogleg Link”</i>	26
2.3.3.5	<i>Motores paso a paso</i>	26
2.3.3.6	<i>Servomotores</i>	27
2.3.3.7	<i>Polímetros Electroactivos (EAP)</i>	28
2.3.3.8	<i>Micro actuadores lineales</i>	29
2.3.4	Softwares CAD	30
2.3.4.1	<i>Solidworks</i>	30
2.3.4.2	<i>AutoCAD</i>	30
2.3.4.3	<i>CATIA</i>	30
2.3.4.4	<i>Rhino3D</i>	31
2.3.4.5	<i>Adams</i>	31

2.3.5	<i>Materiales usados para la fabricación de prótesis</i>	31
2.3.5.1	<i>Polímero ABS</i>	31
2.3.5.2	<i>Polímero PLA</i>	32
2.3.5.3	<i>Aluminio</i>	33
2.3.5.4	<i>Titanio</i>	33
2.3.5.5	<i>Nylamid</i>	34
2.3.5.6	<i>Fibra de Carbono</i>	34
2.3.5.7	<i>Material compuesto de fibra de carbono/kevlar</i>	35
2.3.6	<i>Impresora 3d</i>	36
CAPÍTULO III		37
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DISEÑO	37
3.1	Identificación de variables	37
3.1.1	<i>Variable independiente</i>	37
3.1.2	<i>Variable dependiente</i>	37
3.2	Operacionalización de las variables	37
3.3	Matriz de consistencia	38
3.4	Metodología	41
3.4.1	<i>Tipo y diseño de la investigación</i>	41
3.4.2	<i>Métodos de la investigación</i>	41
3.4.2.1	<i>Stage Gate</i>	41
3.4.2.2	<i>Método científico</i>	42
3.4.3	<i>Enfoque de la investigación</i>	42
3.4.4	<i>Alcance de la investigación</i>	42
3.4.5	<i>Población de estudio</i>	42
3.4.6	<i>Unidad de análisis</i>	43
3.4.7	<i>Selección de la muestra</i>	43
3.4.8	<i>Tamaño de la muestra</i>	43
3.4.9	<i>Técnica de recolección de datos primarios y secundarios</i>	44
3.4.10	<i>Instrumentos para procesar datos recopilados</i>	44

3.5	Diseño mecánico de 24 prototipos de mano escalable para niños de 6 a 12 años de edad.	44
3.5.1	<i>Introducción</i>	44
3.5.2	<i>Diseño conceptual</i>	45
3.5.3	<i>Selección del tipo de movimiento</i>	45
3.5.4	<i>Adquisición de las medidas antropométricas de la mano</i>	45
3.5.4.1	<i>Protocolo de medición de manos</i>	45
3.5.5	<i>Selección del modelo de soporte</i>	48
3.5.6	<i>Selección del mecanismo de transmisión</i>	48
3.5.7	<i>Selección del sistema de actuación</i>	49
3.5.8	<i>Modelado y ensamblaje en Software Cad</i>	50
3.5.8.1	<i>Modelado de las falanges</i>	50
3.5.8.2	<i>Modelado de la palma</i>	55
3.5.8.3	<i>Ensamble del sistema de soporte</i>	56
3.5.8.4	<i>Implementación del sistema de actuación</i>	57
3.5.9	<i>Análisis cinemático y dinámico en Msc Adams View</i>	59
3.5.9.1	<i>Análisis cinemático</i>	60
3.5.9.2	<i>Análisis dinámico</i>	61
3.5.10	<i>Escalación de 24 prototipos</i>	62
3.5.11	<i>Selección del material para el sistema de soporte</i>	63
3.5.12	<i>Impresión en 3D y ensamblaje del sistema de soporte de un prototipo</i>	63
3.5.12.1	<i>Impresión</i>	64
	CAPÍTULO IV	66
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
4.1	Resultados	66
4.1.1	<i>Base de datos en Solidworks</i>	66
4.1.2	<i>Base de datos para impresión 3D</i>	67
4.1.3	<i>Costos de la creación de la base de datos</i>	68
4.1.4	<i>Impresión 3D de un prototipo</i>	70

4.1.4.1	<i>Componentes y dimensiones</i>	70
4.1.4.2	<i>Ensamblaje</i>	74
4.1.5	<i>Desempeño del agarre cilíndrico de objetos.</i>	74
4.1.6	<i>Validación de hipótesis.</i>	76
4.1.7	<i>Guía de ensamble</i>	78
4.2	Discusión	78
4.3	Propuesta	79
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3. Operacionalización de variables.....	37
Tabla 2-3. Matriz de consistencia.....	39
Tabla 4-3. Distribución de medidas.....	46
Tabla 4-3. Características principales del actuador Savox SH-0253.....	49
Tabla 5-3. Asignación de dimensiones.....	52
Tabla 6-3. Número de prótesis escalable por edad y generó de las niñas y niños.....	62
Tabla 7-3. Energía de absorción de impacto de probeta impresa 3D con PLA y estructura de relleno Tri hexagonal	63
Tabla 1-4. Coste de máquinas disponibles.....	68
Tabla 2-4. Coste personal.....	69
Tabla 3-4. Coste del Software	69
Tabla 4-4. Coste total de ejecución	69
Tabla 5-4. Detalle de los componentes del prototipo.....	72
Tabla 6-4. Dimensiones de las partes principales del prototipo.....	73
Tabla 7-4. Objetos y masa de pruebas.....	75
Tabla 8-4. Resultados de pruebas de agarre de diferentes masas.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Prótesis cosméticas	9
Figura 2-2. Diseño CAD-CAM de una prótesis de mano	9
Figura 3-2. Estructura de la prótesis de mano	10
Figura 4-2. Prótesis mecánica	11
Figura 5-2. Ejemplo de prótesis eléctrica.	11
Figura 6-2. Prótesis mioeléctrica.....	12
Figura 7-2. Prótesis neumática.	12
Figura 8-2. Prótesis de mano Michelangelo.	13
Figura 9-2. Prótesis de mano Ambionics.....	14
Figura 10-2. Prótesis 10X de Hosmer	14
Figura 11-2. Prótesis 12P de Hosmer	15
Figura 12-2. Prótesis Child Dorrance 200 de Hosmer	15
Figura 13-2. Child CAPP de Hosmer	16
Figura 14-2. Prótesis 2000 de Ottobock	16
Figura 15-2. Prótesis mecánica para remplazar mano	17
Figura 16-2. Huesos de la mano, articulaciones e incrustación de los músculos	17
Figura 17-2. Arcos de la mano humana.....	18
Figura 18-2. Movimientos. a) Extensión, b) Aducción, c) Oposición, d) Reposición	19
Figura 19-2. Tipos de agarre de mano.....	20
Figura 20-2. Partes para la medición de la mano.....	22
Figura 21-2. Calibrador digital.....	24
Figura 22-2. Mecanismo de 4 barras de la prótesis de mano TMB Hand	24
Figura 23-2. Mecanismo basado en poleas y correas	25
Figura 24-2. Sistema basado en tendones con muelles de escape en articulaciones	25
Figura 25-2. Esquema de funcionamiento del mecanismo de transmisión “Dogleg Link”	26
Figura 26-2. Motor Paso A Paso Nema 17 68	27
Figura 27-2. Servomotor de Rotación Continua.....	27
Figura 28-2. Polímeros electroactivos	28
Figura 29-2. Concepto de funcionamiento de PIEP	29
Figura 30-2. Micro actuadores lineales	29
Figura 31-2. Polímero ABS.....	32
Figura 32-2. Polímero PLA.....	33
Figura 33-2. Aluminio.....	33

Figura 34-2. Titanio	34
Figura 35-2. Nylamid.....	34
Figura 36-2. Fibra de Carbono	35
Figura 37-2. Fibra de carbono/kevlar	36
Figura 38-2. Impresora 3D.....	36
Figura 1-3. Stage Gate	41
Figura 2-3. Flujograma del proceso para el diseño mecánico de las prótesis	44
Figura 3-3. Esquema de agarre cilíndrico.....	45
Figura 4-3. Parte de los dedos	46
Figura 5-3. Partes de la mano (muñeca y palma)	47
Figura 6-3. Mediciones de mano en niños y niñas	47
Figura 7-3. Modelo de soporte de prototipo de prótesis	48
Figura 8-3. Mecanismo de dedo antropomórfico.....	49
Figura 9-3. Actuador Savox SH-0253	50
Figura 10-3. Referencia para el modelado de falange	51
Figura 11-3. Modelado base de falange	51
Figura 12-3. Configuración para cada grupo de datos	53
Figura 13-3. Generación de sólidos.....	53
Figura 14-3. Eliminación de referencias vinculantes para el movimiento	54
Figura 15-3. Modelado final de falange	54
Figura 16-3. Generación de falanges restantes	55
Figura 17-3. Modelado de la palma.....	55
Figura 18-3. Vaciado en el modelo de la palma	56
Figura 19-3. Ubicación de detalles y piezas adicionales	56
Figura 20-3. Ubicación de pines para sujetar los elementos.....	57
Figura 21-3. Colocación de actuadores	57
Figura 22-3. Modelado final del prototipo	58
Figura 23-3. Extensión y flexión de los dedos	58
Figura 24-3. Simulación en Adams View	59
Figura 25-3. Movimiento de los dedos en Adams View.....	60
Figura 26-3. Base de la palma para impresión de prototipo de prótesis de mano derecha de un niño de 11 años de edad	64
Figura 27-3. Impresión de las piezas.....	64
Figura 28-3. Piezas impresas.....	65

Figura 1-4. Modelados de prototipos.....	66
Figura 2-4. Base de datos en Solid Works.....	67
Figura 3-4. Base datos de prototipos para impresión 3D.....	67
Figura 4-4. Partes para impresión 3D de prótesis de niño de 11 años	68
Figura 5-4. Componentes principales del prototipo.....	70
Figura 6-4. Componentes secundarios del prototipo	71
Figura 7-4. Despiece de los componentes del prototipo	71
Figura 8-4. Ensamblaje del sistema de soporte	74
Figura 9-4. Objeto cilíndrico y masas de prueba	74
Figura 10-4. Pruebas de agarre cilíndrico.....	75
Figura 11-4. Resultados de pruebas de agarre cilíndrico	76

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3. Desplazamiento, velocidad y aceleración.....	60
Gráfico 2-3. Resultados teóricos y experimentales del mecanismo actuador del dedo antropomórfico.....	61
Gráfico 3-3. Potencia del actuador	61
Gráfico 4-3. Fuerza en la falange distal del dedo índice	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Datos de medición de partes de la mano

ANEXO B. Promedio de mediciones de manos

ANEXO C. Plano del Actuador Micro Servo Savox Sh-0253 Digital High Speed Rc

ANEXO D. Planos del prototipo para niño de 11 años de edad

ANEXO E. Guía de ensamble

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo el diseño mecánico de 24 prototipos de prótesis de mano escalables para niños de 6 a 12 años de edad, con el fin de generar una base de datos para ser utilizadas en proyectos futuros en el Grupo de Investigación y Estudios de Bioingeniería-GIEBI de la ESPOCH. Se realizó un estudio del estado del arte de trabajos enfocados a prototipos de prótesis de mano. Se seleccionó el movimiento de flexión y extensión de los dedos, para generar un agarre cilíndrico de objetos. Se realizó la medición de las dimensiones de las partes principales de la mano, de 90 niños y niñas en una Unidad Educativa, y se obtuvo el promedio de dimensiones, que sirvió para modelar y realizar el escalamiento de los prototipos. Para el modelo del sistema de soporte base, se utilizó un diseño antropomórfico semejante a la mano humana, por otro lado, para el sistema de transmisión de movimiento, se utilizó el mecanismo de dedo antropomórfico, que está integrado por dos mecanismos cruzados de cuatro barras acoplados entre ellos. Para activar el mecanismo de transmisión de movimiento, se utilizó dos micro servomotores, uno para los dedos índice, medio, anular, meñique, y el segundo para el dedo pulgar, donde el sistema de transmisión, transforma el movimiento rotacional en lineal de los motores. Se modeló las partes y ensambló un prototipo base, con el cual se generó el escalamiento de los 24 prototipos en base a los promedios de medidas de las manos. Se realizó el análisis cinemático y dinámico del prototipo. Se utilizó Pla, como material para la impresión 3D del sistema de soporte del prototipo, con estructura de relleno Tri hexagonal. Para finalizar se realizó la impresión de un prototipo de prótesis de niño de 11 años de edad.

Palabras clave: <DISEÑO MECÁNICO>, <PRÓTESIS DE MANO>, <BIOMECÁNICA>, <CAD (SOFTWARE)>, <DISEÑO ANTROPOMÓRFICO>



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**



0021-DBRAI-UPT-IPEC-2021

ABSTRACT

The research aimed at the mechanical design of 24 scalable hand prosthesis prototypes for children 6 to 12 years of age, in order to generate a database to be used in future projects in the Bioengineering Research and Studies Group. -GIEBI from ESPOCH. A study of the state of the art of works focused on prototypes of hand prostheses was carried out. The flexion and extension movement of the fingers was selected to generate a cylindrical grip of objects. The dimensions of the main parts of the hand were measured in 90 boys and girls in an Educational Unit, and the average of dimensions was obtained, which served to model and scale the prototypes. For the model of the base support system, an anthropomorphic design similar to the human hand was used, on the other hand, for the movement transmission system, the anthropomorphic finger mechanism was used, which is integrated by two crossed mechanisms of four bars. coupled between them. To activate the movement transmission mechanism, two micro servomotors were used, one for the index, middle, ring, little finger, and the second for the thumb, where the transmission system transforms the rotational movement into linear movement of the motors. . The parts were modeled and a base prototype assembled, with which the scaling of the 24 prototypes was generated based on the average measurements of the hands. The kinematic and dynamic analysis of the prototype was carried out. Pla was used as a material for the 3D printing of the prototype support system, with a Tri-hexagonal filling structure. Finally, the impression of a prosthesis prototype of an 11-year-old boy was made.

Keywords: <HAND PROSTHESIS>, <MECHANICAL DESIGN>, <BIOMECHANICS>, <CAD (SOFTWARE)>, <ANTHROPOMORPHIC DESIGN>

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Con datos oficiales de la OMS (Organización Mundial de la Salud), en el 2017 más de mil millones de personas viven en todo el mundo con alguna forma de discapacidad, que constituye aproximadamente el 15% de la población mundial. Esta cifra crece debido a factores como envejecimiento y el aumento de enfermedades. (OMS, 2017)

En el Ecuador existen 460586 personas con algún tipo de discapacidad, ya sea física, intelectual, auditiva, visual o psicosocial. Son 214862 personas que tienen discapacidad física (amputaciones o malformaciones de extremidades superiores e inferiores), de los cuales 7747 comprenden en la edad de 6 a 12 años. En la ciudad de Riobamba, están registradas 3026 personas con discapacidad física, de los cuales 90 son niños de 6 a 12 años de edad. (CONADIS, 2019)

Las estadísticas mencionadas indican que existe un alto número de habitantes niños con discapacidad física, dentro de este grupo están los niños que tienen malformaciones o amputaciones de manos y que necesitan de prótesis escalable debido al crecimiento de su organismo con el pasar de los años.

Las prótesis de mano no son de fácil adquisición en nuestro medio, generado por bajo desarrollo tecnológico en el país, lo que conlleva a una mala calidad de vida de las personas, más aún para los niños, que debido a su crecimiento deben ir cambiando de tamaño de prótesis cada cierto tiempo, por lo cual se ha visto la necesidad de diseñar prótesis escalables, y de esta manera utilizar los modelos en una futura manufacturación.

1.2 Formulación del problema

¿Se podrá generar una base de datos para el GIEBI con el diseño mecánico de prótesis escalables para niños de 6 a 12 años de edad?

1.3 Justificación de la investigación

En el presente proyecto se diseñará prótesis escalables de mano utilizando software CAD, para generar una base de datos de diseños acordes a la necesidad de los niños de 6 a 12 años, funcional, ergonómica y de material resistente.

Para la elaboración del diseño se utilizará la consulta bibliográfica y el estado del arte de proyectos, tesis, artículos, referentes al diseño de prótesis que servirán como base para el desarrollo del proyecto.

Para el modelado, ensamblado, escalado de los prototipos, así como la validación el movimiento de los eslabones en los diseños se utilizará software especializado Cad. Además, se imprimirá un prototipo de la base de datos, utilizando la tecnología de impresoras 3D dentro de la ESPOCH, cubriendo los parámetros planteados en base a la necesidad de los niños.

Con el diseño de las prótesis se beneficiarán de manera directa los niños que necesiten prótesis de mano, ya sea por malformaciones congénitas, amputaciones por enfermedad o accidentes. Además, el grupo GIEBI podrá seguir realizando proyectos e investigaciones en base a los prototipos de prótesis dentro y fuera de la ESPOCH.

1.4 Objetivos de la investigación

En esta sección se enunciará el objetivo general y los objetivos específicos de proyecto de titulación.

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar mecánicamente 24 prototipos de prótesis de mano escalable para niños de 6 a 12 años utilizando software CAD.

1.4.2 Objetivos específicos

- Revisar el estado de arte correspondiente a prototipos de prótesis de mano y analizar los movimientos básicos de una mano, para aplicar en el diseño mecánico de las prótesis.
- Adquirir los promedios de las dimensiones de las partes principales de manos de niños y niñas de 6 a 12 años de edad.

- Identificar y seleccionar los sistemas de soporte, mecanismos de transmisión y actuación de los prototipos, modelar y ensamblar el prototipo de prótesis base en software CAD.
- Realizar el análisis cinemático, dinámico del prototipo y el escalamiento de 24 prototipos de prótesis en software CAD.
- Seleccionar los materiales adecuados, ergonómicos, resistentes y funcionales, para manufacturar en impresora 3D el sistema de soporte de un prototipo prótesis.

1.5 Hipótesis

El diseño mecánico de prótesis escalables de mano para niños permite la generación de una base de datos.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

A continuación, se detallará los proyectos principales relacionados que se han realizado a nivel mundial, regional y nacional sobre el diseño de prótesis de mano.

Tesis de pregrado

“DISEÑO DE PRÓTESIS DE MANO SERVOACTUADA Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPO CON TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D”. María Jimena López Morillo. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza-Argentina, Julio 2018.

En este trabajo de titulación de la Carrera de Ingeniería Mecánica, se diseñó y construyó un prototipo una prótesis de una mano servoactuada. Utilizando software CAD para el diseño y una impresora 3D para la impresión. Realizaron tres prototipos de un dedo considerando aspectos de antropomorfismo, en el software pudieron cambiar los parámetros hasta obtener el más apropiado. Los servomotores se montaron en la prótesis y lo controlaron con una placa de control.

En la actualidad una prótesis que puede realizar movimientos sencillos tienen un costo elevadas desde 30000 hasta 70000 dólares, cuya división principal son eléctricas y neumáticas.

“DESARROLLO DE UNA PRÓTESIS MIOELÉCTRICA DE BRAZO DE BAJO COSTO, PARA UN NIÑO DE UN AÑO DE EDAD CON EL DEFECTO CONGÉNITO DE BRIDA AMNIÓTICA”. Tierra Llanga Alan Marcelo. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2017.

En el presente trabajo de titulación desarrollaron una prótesis mioeléctrica de brazo para un niño de un año de edad que presenta el defecto congénito de brida amniótica en el brazo izquierdo. Usaron un método inductivo para conocer las señales musculares, donde al mover el músculo bíceps produce un potencial generado por las células musculares, que es receptada por un sensor MyoWare, procesando el pulso de accionamiento por medio de un servocontrolador que pondrán

en movimiento tres microservos colocados en el antebrazo del prototipo, abriendo y cerrando la mano. Para el dimensionamiento de la estructura de la prótesis utilizaron un escaneo en relación a su mano derecha, imprimiendo las partes de la mano en piezas 3D, utilizando ABS para la mano y PLA para el antebrazo. Obtenido como resultado 83.9% de semejanza con la mano derecha, con un peso de 98.13% igual al de una prótesis estética.

La prótesis reacciona en un tiempo de 2.3 segundos a las señales del musculo del niño y 0.26 segundos a las señales del musculo del adulto. El costo es de 800 dólares que es relativamente bajo en comparación a prótesis similares.

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE MANO USANDO EL MÉTODO BCI NO INVASIVO A TRAVÉS DE ESTÍMULOS ENDÓGENOS”, Medina Torres Lenin Miguel. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, 2018.

En este trabajo de titulación, el autor desarrollo un prototipo de prótesis de mano controlada con un dispositivo (BCI), interfaz cerebro computador no invasivo, para personas que no poseen dicho miembro o tienen problemas del musculo atrofiado. Utilizaron SolidWorks para el diseño, teniendo en cuenta las dimensiones de los componentes electrónicos que son insertados dentro de la prótesis; utilizando cinco motores de corriente continua, que ejercen la movilidad independiente de cada dedo, el sistema de control fue programado en un microcontrolador que permitió la acción de apertura y cierre.

Posteriormente se realizó una etapa de entrenamiento con el dispositivo BCI Emotiv Insight, el cual permitió recoger la señal de activación de estímulo endógeno, para transformar un gesto facial o un estado mental en una acción en tiempo real. Obteniendo un 90.85% de semejanza en la medición antropomórfica con la mano real y un 80.70% de exactitud con respecto al rango de movilidad real de los dedos.

“DISEÑO MECÁNICO DE PRÓTESIS DE MANO MULTIDEDO ANTROPOMÓRFICA INFRACTUADA”, Bruno Sospedra Griñó. Universidad Jaime I. Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Castellón-España 2015

En el presente proyecto se describe una primera fase de estudio dedicada a la búsqueda de información sobre diferentes modelos de prótesis de manos antropomórficas existentes en el mercado. Para todas ellas se analizan y valoran aspectos tan importantes como su diseño

mecánico, configuración y distribución de sus componentes, métodos de activación y control, así como también los mecanismos usados para su actuación. Todo ello se contempla con la finalidad de detectar la problemática práctica para su uso en tareas cotidianas y las posibles estrategias de mejora del control en sus movimientos.

En una segunda fase, ya centrada en la materialización de una prótesis, se detallan las especificaciones de diseño de la mano, definiéndose grados de libertad, rangos de movilidad, tamaños y pesos límite, tipos de posturas de agarre, capacidades de fuerza de prensión, etc.

Dentro del apartado dedicado al diseño conceptual, se plantean alternativas conceptuales para el diseño de la mano, considerando algunas especificaciones como la facilidad de montaje, fabricabilidad, modularidad, coste de fabricación, control, etc.

En base al diseño conceptual se realiza el diseño de detalle completo de la mano. En la fase de diseño de detalle se recurre a la utilización de todo tipo de información biomecánica y antropométrica disponible en el grupo relacionada con dimensiones medias de la mano.

Tesis de postgrado

“DISEÑO DE UNA PRÓTESIS DE MANO ADAPTABLE PARA NIÑOS”, Marta Ayats Soler. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Barcelona-España 2017.

En este trabajo se ha realizado el diseño de una prótesis de mano pediátrica que pueda adaptarse al crecimiento del usuario desde que este utiliza su primera mano mioeléctrica hasta que este ha crecido lo suficiente como para utilizar manos protésicas de adulto.

Para hacerlo, primero se ha realizado un estudio de la mano humana, incluyendo en este estudio la anatomía de la mano, los movimientos básicos de esta y la antropometría, estudio a partir del cual se obtuvieron las medidas a las que tendría que poder adaptarse la futura prótesis.

A continuación, se hizo un estudio del estado del arte, incluyendo en este la historia de las primeras prótesis, donde pudimos ver las necesidades a cubrir por las cuales se empezaron a diseñar las prótesis tanto estéticas como mecánicas. A parte de la historia se realizó un estudio del mercado actual, tanto de prótesis para adultos como de prótesis pediátricas, así se pudo ver que necesidades no están actualmente cubiertas en el mercado.

Una vez se tenía la información sobre las medidas que tenía que tener la prótesis y las necesidades que esta tenía que cumplir, se empezó el diseño de esta. Este diseño será un diseño modular, tendrá unas partes fijas y unas partes que se podrán añadir a la prótesis en función de lo que necesite el usuario. Todas las partes se han diseñado con SolidWorks y, para comprobar el funcionamiento del mecanismo de flexión y extensión de los dedos se ha realizado un prototipo con impresión 3D, cuyas fotos se encuentran en la memoria.

Una vez finalizado el diseño, se ha hecho un estudio de los materiales, actuadores y baterías más utilizados para la fabricación de prótesis de mano, escogiendo entre las opciones encontradas, el material, los actuadores y la batería que tendría que tener la prótesis diseñada para cumplir las necesidades del paciente.

Finalmente es importante comentar que en el trabajo no se ha hecho el control automático de la prótesis i la instalación electrónica, sino que el objetivo principal del trabajo era el diseño modular.

“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS CON CONTROL MUSCULAR PARA MEJORA DEL MOVIMIENTO Y AGARRE DE OBJETOS, APLICADA A PERSONAS CON MUÑÓN O MALFORMACIÓN EN LOS DEDOS DE LA MANO”. Diego David Guacho Rivera. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador, Diciembre 2018.

En esta investigación implementaron un prototipo de mano con control muscular y comunicación inalámbrica, mediante un controlador capaz de identificar las señales con una respuesta de 2 milisegundos y una latencia de ejecución menos de 1 segundo. Consta de cuatro módulos, el primero recolecta los datos mediante mioeléctricos que permite censar los movimientos musculares del brazo y transmiten inalámbricamente al módulo de control, que es el segundo módulo, donde consta de una tarjeta microcontroladora conectada a una tarjeta arduino, que recibe, procesa y envía las señales de control a los todos módulos. El tercer módulo es de actuación, que se encarga de ejecutar los movimientos de los dedos mediante servomotores. El cuatro módulo es el de aviso conformados por indicadores led, que indica los estados del sistema. Estos módulos se encuentran montados en una estructura impresa en 3D, que es ligera, cómoda, adaptable, de fácil instalación y manejo.

Durante la etapa de las pruebas obtuvieron un 90% de aciertos de movimientos de los dedos al realizar agarres y movimientos gestuales, siendo aptos para el uso en personas con muñón o malformación en dedos de la mano.

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE MANO BIOINSPIRADA CON CINCO GRADOS DE LIBERTAD”. Jair Leopoldo Loaiza Bernal. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia, 2012.

En esta tesis desarrollaron el diseño y modelamiento de una prótesis de mano con como grados de libertad bioinspirada. Presentaron aspectos fundamentales de fisiología y biomecánica de una mano. Realizaron el despliegue de la función de calidad para establecer el sistema de especificaciones de diseño suficiente para concebir un este dispositivo. Luego generaron modelos matemáticos y geométricos requeridos para el diseño de detalle.

Por último, realizaron una discusión sobre aspectos de manufactura, ensamble, costos, confiabilidad y seguridad de la prótesis. Los resultados obtenidos fueron el modelo geométrico y antropométrico que define la geometría parametrizada de la prótesis, comportamiento cinemático y dinámico, necesario para simular el comportamiento de la pinza digital.

2.2 Prótesis, extremidades y manos robóticas

Es un elemento que ha sido construido con el objetivo de llevar a cabo las funciones que han sido perdidas por un individuo al haber sido amputado total o parcialmente. Dichas prótesis pueden contribuir también al bienestar psicológico de los pacientes al permitirles enmendar parcialmente la falta de sus miembros. El avance en el desarrollo de prótesis está ligado directamente a la aparición de nuevos materiales, tecnología y al desarrollo del entendimiento del funcionamiento del cuerpo humano. (Dorador , Rios , & Flores , 2004)

2.2.1 Prótesis pasivas o estéticas.

Son prótesis cuyo principal fin es el de cubrir el aspecto estético. Están diseñadas para ser lo más similar posible a un miembro real, pero tienen un mínimo de movimiento mecánico. Están construidos de materiales sintéticos y su función es el restablecimiento emocional del paciente. Como se muestra en la Figura 1-2, estas prótesis pueden ser diseñadas con especificaciones particulares de acuerdo a las necesidades del usuario. (Browers, 2002)



Figura 1-2. Prótesis cosméticas
Fuente: (Browers, 2002)

2.2.2 *Prótesis funcionales*

Estas prótesis se caracterizan por tener movilidad, tratan de ajustarse a los movimientos reales del miembro que intentan suplir. Este tipo de prótesis son principalmente mecánicas, inicialmente utilizando esfuerzos mecánicos naturales del cuerpo humano para realizar los movimientos requeridos. Utilizan también, sistemas de movilización de fluidos como aire (prótesis mecánicas-neumáticas) y debido al avance de la tecnología también accionada por elementos electrónicos. La aparición de materiales sintéticos facilitó la adaptabilidad de las prótesis mejorando la sensación de uso para los pacientes. Hoy en día con el desarrollo de nuevos tipos de materiales sintéticos se pueden utilizar técnicas como CAD CAM, la cual permite realizar el escaneo de los miembros afectados y de los miembros funcionales.

Este escaneo se realiza con dos propósitos. El primer propósito es el de obtener la morfología del miembro amputado para adaptar con un alto nivel de precisión la prótesis, y la segunda para utilizar la simetría del cuerpo del paciente en la creación del miembro faltante como podemos ver en la Figura 2-2. (Mason & Salisbury, 1985)

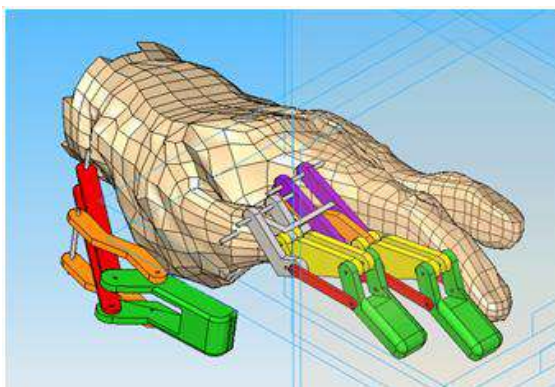


Figura 2-2. Diseño CAD-CAM de una prótesis de mano
Fuente: (Mason & Salisbury, 1985)

Con la aparición de las impresoras 3D y las plataformas de uso libre de diseños en 3D, es posible realizar diseños ajustados a la medida del usuario desde la comodidad del hogar. Las principales consideraciones a tener en cuenta en el diseño mecánico de la prótesis son:

- Ligeros y de fácil instalación.
- La prótesis está dirigida a personas con muñón de muñeca.
- La morfología de la mano debe ser similar a la humana de tal manera que se puedan realizar los movimientos antes definidos para el proyecto (agarre completo, agarre ligero).
- La prótesis es de uso habitual y no para uso en trabajos que realicen fuerzas que comprometan su desempeño.

En la Figura 3-2, se muestra el diseño terminado de la estructura de la prótesis de mano impresa en 3D, la cual se adapta de manera óptima a los movimientos que serán programados. Esta impresión está realizada con ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) que es un filamento plástico muy resistente que al ser moldeado a una temperatura de 240 grados centígrados y tomar forma adquiere una gran resistencia, lo cual le convierte en un material ideal para el desarrollo de un prototipo. (Carrozza, Cappiello, & Misera, 2002)

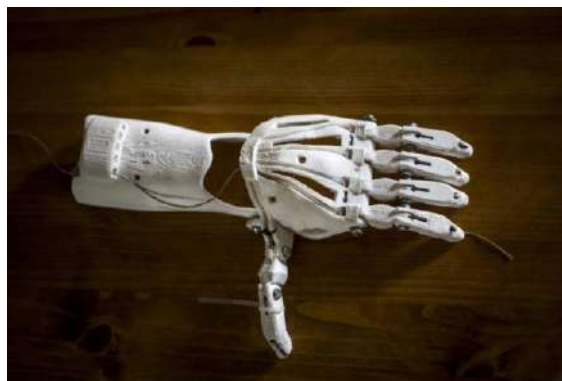


Figura 3-2. Estructura de la prótesis de mano
Fuente: (Carrozza, Cappiello, & Misera, 2002)

2.2.3 *Prótesis mecánicas*

Son dispositivos que tienen la función de apertura y cierre voluntario. Este movimiento se consigue por medio de un arnés que se sujeta al hombro o al muñón en función del nivel de amputación. El funcionamiento se basa en la tensión y relajación de un músculo determinado que provoca la extensión de una liga por medio del arnés que provoca el cierre o la apertura de la prótesis, como se puede ver en la Figura 4-2.

Es importante notar que este tipo de mecanismo solo puede efectuar un solo movimiento (apertura y cierre de la mano), cosa que significa que todos los dedos se mueven al mismo nivel y de forma dependiente. (Ayats Soler, 2017)

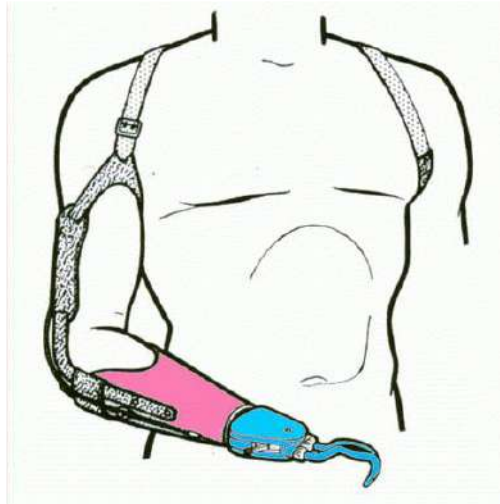


Figura 4-2. Prótesis mecánica
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.2.4 *Prótesis eléctricas*

Las prótesis eléctricas utilizan motores eléctricos como actuadores para la flexión y extensión de los dedos. Se pueden controlar de diferentes maneras, con servo control, pulsadores. Su mantenimiento es de alto costo. El peso de este tipo de prótesis es alto, entre 2 y 3 kilogramos, mientras que la mano humana pesa 600 gramos en promedio. En la Figura 5-2, se indica un ejemplo de prótesis eléctrica.



Figura 5-2. Ejemplo de prótesis eléctrica.
Fuente: (Notimex, 2016)

2.2.5 *Prótesis mioeléctricas*

La Figura 6-2, indica una prótesis mioeléctrica, la cual, se basa en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona se produce una señal eléctrica (EMG). Esta señal es muy pequeña (5 a 20 μV). Para detectar esta señal se usan electrodos, y una vez detectada se amplifica y procesa por un controlador controla los motores de accionamiento del movimiento.

La ventaja principal de estas prótesis es que solo requiere que el usuario flexione sus músculos para operarla a diferencia de las prótesis controladas por el cuerpo que necesitan un movimiento real del cuerpo. Otra ventaja es que se elimina el arnés de suspensión. Como desventajas es importante destacar que, al tratarse de un mecanismo complejo, estas prótesis tienen un precio elevado y que presentan un sistema de baterías que requiere un mantenimiento regular. (Ayats Soler, 2017)



Figura 6-2. Prótesis mioeléctrica
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.2.6 *Prótesis neumáticas.*

En el caso de las prótesis neumáticas se accionan por aire comprimido que le proporcionan una gran cantidad de energía y son capaces de generar y presionar grandes cargas con mucha precisión. El peso de este tipo de prótesis es mayor al de las prótesis eléctricas, en la Figura 7-2, se indica un ejemplo de una prótesis neumática.



Figura 7-2. Prótesis neumática.
Fuente: (Brito, Quinde, Cusco, Calle, 2013)

2.2.7 *Prótesis comerciales*

2.2.7.1 *Prótesis de mano Michelangelo*

El sistema protésico Axon-Bus, con la mano Michelangelo devuelve numerosas funciones de la mano natural mediante diversas opciones de agarre. Se integra en la imagen corporal natural de forma armoniosa gracias a su diseño extremadamente natural, como se ve en la Figura 8-2.

Gracias a las numerosas funciones de la mano Michelangelo, dispone de siete posturas de mano diferentes, ayuda a integrar tales movimientos en su vida cotidiana, su tiempo libre y su trabajo. (Ottobock, 2014)



Figura 8-2. Prótesis de mano Michelangelo.
Fuente: (Ottobock, 2014)

2.2.7.2 *Prótesis de mano Ambionics*

El británico Ben Ryan realizó la investigación sobre el desarrollo de los niños que sufrieron amputaciones, y observó que las tasas de rechazo más altas a las prótesis ocurren después de los 2 años de vida y que la adaptación temprana de los dispositivos funcionales se correlaciona con el uso protésico continuo durante la primera infancia.

Con estos datos en mente, el investigador comenzó a trabajar con distintos prototipos de prótesis, siempre apuntando a que fuera liviana, atractiva y personalizable. Primero diseñó un brazo de goma espuma, después una prótesis hidráulica que permite mover el pulgar por cuenta propia del usuario. Con la esperanza de que su creación pudiera mejorar la calidad de vida de otros chicos amputados en el mundo, Ryan fundó la empresa «Ambionics» y se asoció con Autodesk, compañía dedicada al software de diseño en 2D y 3D, con quienes están desarrollando el brazo biónico hidráulico, como se puede ver en la Figura 9-2. (XABES, 2019)



Figura 9-2. Prótesis de mano Ambionics.
Fuente: (XABES, 2019)

2.2.7.3 *Prótesis 10X de Hosmer*

La prótesis de mano 10X de la empresa Hosmer, es una prótesis en forma de gancho con capacidad para un solo movimiento, de pinza. Mide 8.6 cm de largo, y pesa 85g. Esta prótesis se fabrica con aluminio y puede añadirse un guante de látex para conseguir una apariencia más real, como se observa en la Figura 10-2. (Ayats Soler, 2017)



Figura 10-2. Prótesis 10X de Hosmer
Fuente: (Fillauer, 2019)

2.2.7.4 *Prótesis 12P de Hosmer*

La prótesis de mano 12P de Hosmer está diseñada expresamente para uso pediátrica, y es muy recomendada para la primera vez con una prótesis mioeléctrica. Mide 7 cm de largo y pesa 85g. Se fabrica con acero inoxidable y con un recubrimiento de plastisol, como se ve en la Figura 11-2, y tiene como complemento un guante de látex con forma de mano humana. (Ayats Soler, 2017)



Figura 11-2. Prótesis 12P de Hosmer
Fuente: (Fillauer, 2019)

2.2.7.5 *Prótesis de mano Child Dorrance 200*

La prótesis de mano Child Dorrance 200 de Hosmer, es una prótesis estéticamente parecida a una mano humana. Mide 9.8 cm de largo y pesa 255g. Respecto a los movimientos, puede efectuar el movimiento de apertura y cierre del dedo pulgar junto con los dedos 2 y 3 de forma controlada, es decir, hace el movimiento de pinza, como se indica en la Figura 12-2. (Ayats Soler, 2017)



Figura 12-2. Prótesis Child Dorrance 200 de Hosmer
Fuente: (Fillauer, 2019)

2.2.7.6 *Prótesis de mano Child CAPP de Hosmer*

La prótesis de mano Child CAPP de Hosmer (Figura 13-2), es estéticamente parecida a una mano humana y tiene un tacto también parecido a estas. Puede efectuar un movimiento de apertura y cierre del pulgar junto con los dedos 2 y 3, como en el caso de la prótesis Child Dorrance. La

diferencia principal entre estas dos prótesis son las medidas. La prótesis Child CAPP tiene una medida de 8.4cm y un peso de 161g. (Ayats Soler, 2017)



Figura 13-2. Child CAPP de Hosmer
Fuente: (Fillauer, 2019)

2.2.7.7 *Prótesis de mano pediátrica 2000 Ottobock*

La prótesis de mano 2000 de Ottobock, está destinada al uso para niños. Para conseguir una apariencia más real puede complementarse con un guante de látex, aunque no es necesario, ya que las partes de la prótesis que cumplen la función de dedos tienen unas fundas sintéticas. El diseño de los dedos permite agarrar herramientas de escritura y cubiertos de forma natural. Hay 4 medidas distintas disponibles para niños de distintas edades entre 18 meses y 13 años (Figura 14-2). Estas medidas son:

- 1) Para niños entre 1 año y medio y 3 años: 12,7 cm, con un peso de 8,6g
- 2) Para niños entre 3 y 6 años: 13,9 cm, con un peso de 11,5g.
- 3) Para niños entre 5 y 10 años: 15,2 cm, con un peso de 12,5g.
- 4) Para niños entre 8 y 13 años: 16,5 cm, con un peso de 13g. (Ayats Soler, 2017)



Figura 14-2. Prótesis 2000 de Ottobock
Fuente: (Ottobockus, 2019)

2.2.7.8 Prótesis mecánica para reemplazar mano

En los diferentes sitios de la web, existen comunidades o portales donde se puede encontrar prototipos de diseños de prótesis de mano. En la página web de Grab-Cad existe un prototipo de mano izquierda para una persona adulta, realizada por Fredy Gómez, miembro de la comunidad de Grab-Cad, compartida de manera libre y gratuita en el portal. Este prototipo permite movimientos de flexión y extensión de los 5 dedos de la mano (Figura 15-2).



Figura 15-2. Prótesis mecánica para reemplazar mano
Fuente: (Gómez, 2013)

2.3 Bases teóricas

2.3.1 Biomecánica y fisiología de la mano humana

Es el órgano táctil más importante del cuerpo humano, ya que permite al ser humano interactuar directamente con el entorno siendo una herramienta sensorial y un elemento actuador muy versátil. Está compuesta por un total de 27 huesos agrupados en las falanges, los metacarpianos y los carpianos como se muestra en la Figura 16-2.



Figura 16-2. Huesos de la mano, articulaciones e incrustación de los músculos
Fuente: (Quinayas Burgos, 2010)

Esto permite que la mano tenga un movimiento muy versátil y adaptable comprendido en 20 GLD (grados de libertad), los cuales están accionados a través de alrededor de 40 músculos, que permiten realizar una gran variedad de movimientos como se muestran en la Figura 17-2. (Quinayas Burgos, 2010)

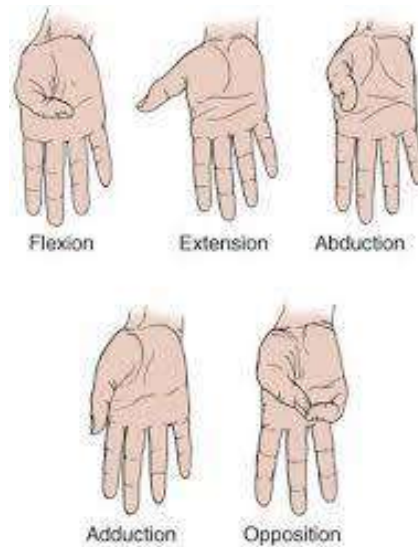


Figura 17-2. Arcos de la mano humana
Fuente: (Rouviere & Delmas, 2005)

La naturaleza y posición de cada uno de estos huesos hacen que la mano adopte formas de arcos, que maximizan la funcionalidad y adaptabilidad de la mano. Los arcos principales se encuentran a nivel metacarpiano, a nivel carpiano y uno transversal que va desde la unión de la muñeca hasta la punta de las falanges. Esta forma arqueada es fácil de observar, cuando la mano se encuentra en reposo en su posición natural. (Rouviere & Delmas, 2005)

2.3.1.1 *Movimiento de los dedos*

La estructura de los dedos: índice, medio, anular y meñique, es similar en su funcionamiento y las partes que los componen. Es así como el análisis de movimiento se realiza únicamente sobre uno de ellos. Están compuestos por tres falanges que son: distal, intermedio y proximal, las mismas que facilitan los movimientos de agarre a través de los movimientos de cierre de gancho y los de apertura sobre el eje de la palma de la mano. Esto hace que la mano pueda adaptar sus agarres a varias formas de objetos. El dedo pulgar por su parte cuenta con dos falanges, la distal y proximal, esto hace que sea el dedo más pequeño de la mano y debido a su posición es ideal para realizar el movimiento de agarre. Este dedo se encuentra anclado directamente al metacarpo, lo que le permite tener un gran rango de movilidad, pudiendo realizar los siguientes movimientos:

Extensión o abducción: Como se muestra en Figura 18-2 a), este movimiento permite que la mano se abra en su totalidad, pasando de su posición natural de arcos a una posición plana desplazando de 35 a 40 grados al dedo pulgar.

Aducción: Una vez que la mano se encuentra en posición extendida, como se muestra en la Figura 18-2 b), este movimiento permite al dedo pulgar desplazarse de 35 a 40 grados sobre el mismo eje de la palma de la mano.

Oposición: Como se muestra en la Figura 18-2 c), mientras la mano se encuentra en su posición natural de arco, este movimiento permite que el dedo pulgar se desplace en dirección del meñique sobre la palma de la mano de 45 a 60 grados, siendo este un movimiento propio de aplicación de fuerza en el cierre o apertura de la mano.

Reposición: Como muestra la Figura 18-2 d), en este movimiento regresa a la mano a su posición normal, desplazando al dedo pulgar a su posición inicial. (Rouviere & Delmas, 2005)

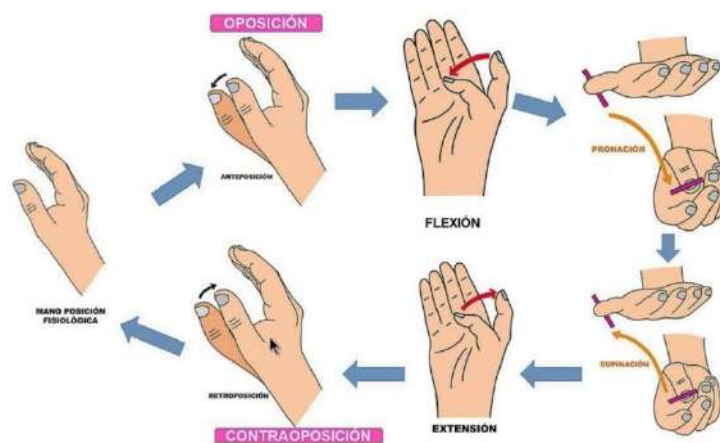


Figura 18-2. Movimientos. a) Extensión, b) Aducción, c) Oposición, d) Reposición
Fuente: (Rouviere & Delmas, 2005)

2.3.1.2 Tipos de agarre de la mano

Debido al gran número de músculos, tendones y articulaciones presentes en la mano humana, existe también una gran variedad de movimientos que se pueden realizar. Estos movimientos se clasifican en dos grupos que son: los movimientos pensiles y los no pensiles. Los movimientos pensiles son movimientos en los que un objeto es agarrado total o parcialmente y es mantenido dentro de la mano, y los movimientos no pensiles son aquellos en los que la mano no agarra dicho objeto, pero mantiene una interacción con él, es decir que puede tratarse de movimientos en los que la mano empuja, sujeta o manipula objetos con todos los dedos o con cada uno de ellos.

A continuación, se presenta una clasificación de la taxonomía para el estudio de la destreza de las manos humanas en seis categorías para las estrategias de agarres de la mano humana como se muestra en la Figura 19-2, agarre cilíndrico, lateral, de palma (palmar), esférico, de punta, de gancho. (Quinayas Burgos, 2010)



Figura 19-2. Tipos de agarre de mano
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

Estos movimientos son consecuencia del movimiento de los músculos del antebrazo. Los cuales a través de la contracción y estiramiento de los mismos producen movimientos en los dedos de la mano. Debido a que estos músculos están ligados directamente con los movimientos de agarre de la mano, se utilizarán los principales movimientos musculares, para identificar los movimientos de agarre de la mano.

2.3.2 *Antropometría de la mano*

La antropometría o cineantropometría fue presentada como una ciencia en 1976, en el Congreso Internacional de las Ciencias de la Actividad Física, celebrado en Montreal, y 2 años después fue aceptada como ciencia por la UNESCO, en el International Council of Sport and Physical Education. Se define como el estudio del tamaño, proporción, maduración, forma y composición corporal, y funciones generales del organismo, con el objetivo de describir las características físicas, evaluar y monitorizar el crecimiento, nutrición y los efectos de la actividad física. Se basa en 4 pilares básicos: las medidas corporales, el estudio del somatotipo, el estudio de la proporcionalidad y el estudio de la composición corporal.

En la bibliografía científica se encuentra un gran número de estudios, que vinculan la capacidad física o el desempeño y rendimiento de las personas en relación con sus características antropométricas. En el campo de la salud, seguridad en el trabajo y de la ergonomía, la antropometría permite establecer algunos métodos y variables que unen los objetivos de diferentes

campos de aplicación, para caracterizar las relaciones espaciales y cómo determinan en la salud y la seguridad. La ergonomía utiliza los datos antropométricos para diseñar espacios de trabajo, herramientas, equipos de seguridad y protección personal, considerando las diferencias entre las características, capacidades y límites físicos del cuerpo humano.

Las características antropométricas y funcionales de la persona son importantes determinantes de las condiciones ergonómicas; por tanto, los estudios antropométricos deben referirse a poblaciones específicas. Estas características poblacionales son fundamentales para establecer bases de datos normativas que permitan la toma de decisiones adecuadas en relación con los parámetros para el diseño de sistemas de trabajo ergonómicos. (Rojas Garbanzo, 2014)

2.3.2.1 Aspectos biométricos de la mano humana

La mano humana es fundamental para ejecutar acciones diarias de las personas, tanto en el campo laboral, estudio, deportes, entretenimiento, realizando funciones muy básicas hasta otras muy especializadas. Debido a la importancia de esta parte del cuerpo y a la escasa información de parámetros biométricos que existe, se puede realizar un estudio de las dimensiones de la mano como un todo, así como de sus componentes los dedos. Las variables que se pueden estudiar son: la longitud de la mano, ancho de la mano, longitud de los dedos, longitud de las falanges.

El registro de la longitud de la mano se considera desde el pliegue distal de la muñeca hasta el extremo distal del dedo medio, el ancho de la mano se registra desde el margen lateral de la palma, antes del pliegue digito palmar del dedo indicador, hasta el margen medial de la palma, previo al digito palmar del dedo mínimo, la longitud de los dedos se mide entre la articulación metacarpofalángica, por su cara dorsal, hasta el extremo distal de los dedos, la longitud de la zona correspondiente a las falanges se miden por la cara dorsal de la mano, la de la falange proximal se registró entre la articulación metacarpofalángica y la interfalángica proximal; la de la falange media, entre la articulación interfalángica proximal y la distal, la de la falange distal entre la articulación interfalángica distal y el extremo de los dedos.

En un estudio realizado por Binignat, O., Almagià, A., Lizana, P. y Olave, E. Se analizaron 1.196 manos pertenecientes a habitantes de ambos sexos (267 hombres y 331 mujeres), de edad entre 18 y 65 años, nacidos y residentes en la VII región de Chile -Maule. Cada persona fue sometida a un examen antropométrico general y uno específico de la mano, contando previamente con la aceptación voluntaria de participar en esta investigación. Las variables consideradas fueron las

siguientes: longitud de la mano, ancho de la mano, longitud de los dedos y longitud del sector de las falanges. Las variables se estudiaron de acuerdo a sexo, edad, talla y lados.

El registro de la longitud de la mano se consideró desde el pliegue distal de la muñeca hasta el extremo distal del dedo medio; el ancho de la mano se registró desde el margen lateral de la palma, antes del pliegue digito palmar del dedo indicador, hasta el margen medial de la palma, previo al pliegue digito palmar del dedo mínimo; la longitud de los dedos se midió entre la articulación metacarpofalángica, por su cara dorsal, hasta el extremo distal de los dedos; la longitud de la zona correspondiente a las falanges se midieron por la cara dorsal de la mano; la de la falange proximal. (Binvignat, Almagia, & Olave, 2012)

2.3.2.2 *Largo de palma de mano*

Es la distancia vertical desde la base de la mano (primer pliegue de la muñeca) hasta la base del tercer dedo (medio). Para su medición, la mano y dedos deben estar extendidos.

2.3.2.3 *Ancho de palma de mano*

Es la distancia horizontal desde borde externo lateral (región hipotenar) sobre el 5to dedo (meñique), hasta el borde lateral del 2do dedo (índice) a nivel del nudillo (región tenar). Para su medición, la mano y dedos deben estar extendidos. En la Figura 20-2, se muestra las partes de la mano principales para realizar la medición.

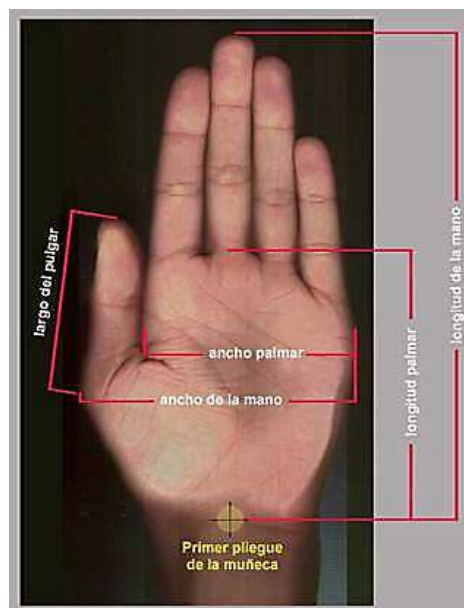


Figura 20-2. Partes para la medición de la mano
Fuente: (Rojas Garbanzo, 2014)

2.3.2.4 *Calibrador digital como instrumento de medición antropométrico*

El calibrador digital es un instrumento de medición altamente usado en el campo industrial. Mide longitudes con gran exactitud. Una longitud es la extensión recta de un cuerpo. Para medir, el calibrador emplea una suerte de “regla” con medidas en su lado inferior, en centímetros y milímetros. Mientras en la superior tiene medidas en pulgadas y fracciones de pulgadas. Esta “regla” posee mordazas al modo de las llaves con para medir exteriores o interiores. Presentan la medida en diferentes escalas, ya sea milímetros, pulgadas entre otros.

El calibrador digital ser muy sencillo de utilizar. Por lo general cuenta con al menos tres botones que facilitan su operación.

Un botón de ON/OFF: para encender y apagar. Otro botón “0” (Cero): que borra la medición anterior y reinicia el equipo. Y un tercer botón que te permite elegir entre medir en calibres o pulgadas.

Para medir el exterior se coloca la pieza entre las mordazas más grandes, que están en la parte inferior del calibrador. Como el calibre es digital, la medida aparece automáticamente.

Para medir el interior, utiliza las mordazas más pequeñas, localizadas en la parte superior. Solo coloca entre ellas el objeto a medir, hasta que hagan tope y listo.

Para definir la profundidad, se utiliza la aguja o barra para medidas, que está en el extremo derecho del calibrador.

2.3.2.5 *Características de un calibrador digital*

Al primer momento de tener un calibrador en las manos quizás exista confusión, al ver todas las partes que lo componen; pero no hay nada de qué asustarse, porque el calibrador es un instrumento que se aprende a usar fácilmente y lo primero es conocer todas sus características.

Las mordazas inferiores para la medición de partes externas de un objeto. Las mordazas u orejas superiores para la medición de la parte interna de un objeto. La varilla ubicada en la parte posterior sobresale como una pieza delgada, se utiliza para medir profundidades. La pantalla que indica la medida automáticamente y cuenta con interruptores de prendido, apagado y cambio de escala. El

tornillo de traba que se usa para fijar la posición de las mordazas una vez tenga el objeto que va a medir.

Al prescindir de los nonios, los calibradores digitales no son tan complejos de usar pues solo deben ubicar el objeto que han de medir en el calibrador. Haciendo que sea realmente sencillo su uso. Las partes que se usan para medir el objeto, son las mordazas y la varilla; y aquello que indica la medida es la pantalla, como se puede ver en la Figura 21-2. (Rodríguez, 2019)



Figura 21-2. Calibrador digital
Fuente: (Rodríguez, 2019)

Para el registro de las medidas se puede utilizar un calibrador digital de 0,05 mm de precisión.

2.3.3 Mecanismos de transmisión y actuadores

En esta sección, se dará a conocer los diferentes tipos de mecanismo y actuadores, utilizados en prototipos de prótesis de mano.

2.3.3.1 Mecanismo de 4 barras

Consiste en la transmisión de movimientos a las falanges, instalando barras conectadas a estas en una configuración adecuada, así se elimina la necesidad de un motor por articulación, como se observa en la Figura 22-2. En el diseño de prótesis de mano, no usa un solo mecanismo de barras, utiliza un conjunto de mecanismos de 4 barras para conseguir el movimiento de los dedos.

El problema principal de este tipo de mecanismo es que limita el movimiento, ya que, la flexión se produce al mismo momento en las tres articulaciones.

Un ejemplo del uso de este mecanismo, es la TMB Hand desarrollada en la Universidad de Toronto.

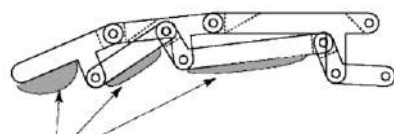


Figura 22-2. Mecanismo de 4 barras de la prótesis de mano TMB Hand
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.3.3.2 Mecanismos de transmisión de poleas

Uno de los sistemas más antiguos y utilizados en el campo de las prótesis, para el movimiento de flexión y extensión de los dedos es mediante el uso de cables y poleas. En la mayoría de casos, las poleas están ubicadas en las articulaciones y sobre ellas pasa un cable que está fijado por uno de los extremos en una falange (generalmente en la falange distal), y el otro extremo del cable está fijado en el actuador. Cuando se aplica una carga del sistema de actuación al cable, este último se desliza por la polea y mueve la falange, como se puede observar en la Figura 23-2. (Ayats Soler, 2017)

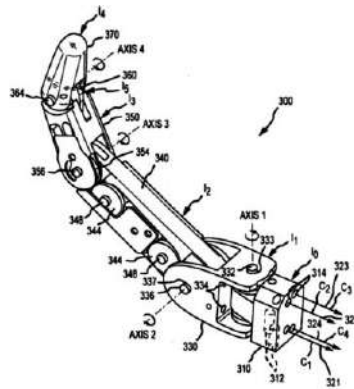


Figura 23-2. Mecanismo basado en poleas y correas
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.3.3.3 Mecanismo de accionamiento basado en tendones

Consta de un solo motor por dedo, o de un solo motor que mueve todos los dedos. Para flexionar las falanges, el sistema consta de un cable que pasa a lo largo de estas (puede ser por el interior de ellas mediante conductos realizados para esta función o bien por el exterior mediante fundas similares a las utilizadas en sistemas de frenos de una bicicleta convencional), este cable debe ser lo suficientemente resistente, como para que cuando el motor tire de él, sea capaz de flexionar todos los dedos y soportar la fuerza ejercida sobre un objeto para agarrarlo. Con este sistema se soluciona la flexión de las falanges, pero no la extensión de estas, (Figura 24-2). (Ayats Soler, 2017)



Figura 24-2. Sistema basado en tendones con muelles de escape en articulaciones
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.3.3.4 Mecanismo de transmisión “Dogleg Link”

Se trata de un mecanismo de transmisión formado por eslabones interconectados entre sí, mediante un conjunto de tendones que varían la fuerza ejercida en cada dedo, en función de la forma del objeto que se esté agarrando.

Así se consigue un movimiento independiente de cada uno de los cinco dedos con un solo actuador, siendo capaz de agarrar objetos con geometrías complejas.

Cuando el tendón empieza a aplicar una fuerza T , los cinco dedos inician su movimiento a la vez. Una vez las falanges de los dedos toman contacto con el elemento a agarrar, se detiene el movimiento de los dedos iniciándose la rotación de los eslabones, que permitirán a los dedos cuyas falanges no están en contacto con el objeto, seguir moviéndose hasta conseguirlo, (Figura 25-2). (Ayats Soler, 2017)

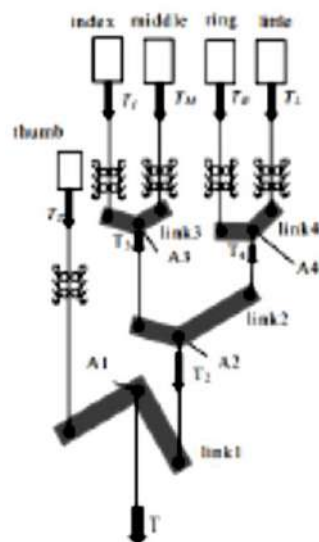


Figura 25-2. Esquema de funcionamiento del mecanismo de transmisión “Dogleg Link”

Fuente: (Ayats Soler, 2017)

2.3.3.5 Motores paso a paso

Los motores paso a paso, son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos, (Figura 26-2). La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° ; es decir, que se necesitan cuatro pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° .



Figura 26-2. Motor Paso A Paso Nema 17 68
Fuente: (Sospedra Griñó, 2015)

Estos motores poseen la habilidad de quedar enclavados en una posición, o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

Existen tres tipos de motores paso a paso, de imanes permanentes, de reluctancia variable, híbridos.

En los motores de imanes permanentes, el rotor, que posee una polarización magnética constante, gira para orientar sus polos de acuerdo al campo magnético creado por las fases del estator, este tipo de motores son los más usados en robótica. (Sospedra Griñó, 2015)

2.3.3.6 *Servomotores*

Los servomotores, son un tipo especial de motor de corriente continua, que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata en cualquier posición dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que tiene una correspondencia con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas, y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones, como se puede ver en la Figura 27-2. Tienen un margen de operación de 0° a 180° aproximadamente.



Figura 27-2. Servomotor de rotación continua
Fuente: (Sospedra Griñó, 2015)

Se dice que el servo es un dispositivo con un eje de rendimiento controlado, ya que puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada, con tal de que exista una señal codificada en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje; cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar elementos de control como palancas, pequeños ascensores y timones; también se usan en radiocontrol, marionetas, y en robots.

Los servos son sumamente útiles en robótica, y ofrecen gran precisión, dimensiones pequeñas comparadas con otro tipo de motores con el mismo torque y un bajo consumo de energía. Utilizan un motorreductor, que en su interior tiene un servomotor. que posee internamente una circuitería de control, y es sumamente potente para su tamaño. La corriente que requiere depende del tamaño del servo, normalmente el fabricante indica cual es la corriente que consume. (Sospedra Griñó, 2015)

2.3.3.7 *Polímetros electroactivos (EAP)*

Son materiales que pueden ser deformados repetidamente mediante la aplicación de un voltaje externo y pueden recobrar rápidamente su forma al invertir la polaridad del voltaje aplicado. Los EAP tienen un corto tiempo de respuesta, y una deformación casi lineal con respecto al voltaje aplicado, (Figura 28-2).



Figura 28-2. Polímeros electroactivos
Fuente: (Sospedra Griñó, 2015)

Existe un tipo de polímeros, que son utilizados para simular las articulaciones de los dedos que son los PIEP (compuestos de intercambio de iones de membrana de platino perfluorinado). Una de las aplicaciones de los PIEP, es como músculo actuador en robótica.

Debido a las características que los polímeros electroactivos, se planteó el siguiente concepto de funcionamiento del prototipo de mano utilizando polímeros como actuadores, como se ve en la Figura 29-2.

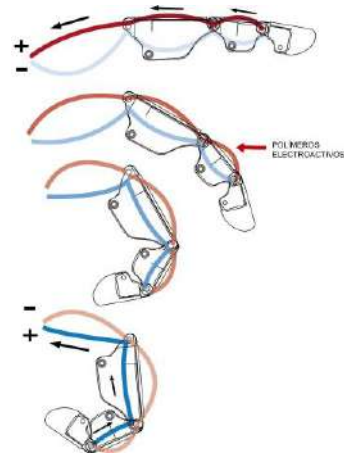


Figura 29-2. Funcionamiento de PIEP
Fuente: (Sospedra Griñó, 2015)

Para mantener extendido el dedo, se le aplica una diferencia de voltaje al polímero rojo, lo que hace que se contraiga dicho polímero y se mantenga extendido el dedo, por otra parte, para lograr un movimiento antagónico se invierte la polaridad dejando actuar al polímero en azul. (Sospedra Griñó, 2015)

2.3.3.8 *Micro actuadores lineales*

Son actuadores electromecánicos de alta precisión, livianos, de tamaño miniatura compacto, con retroalimentación de posición precisa, disponen de interruptores de límite, control simple, de baja tensión, igual fuerza de empuje/tracción, montaje fácil, entre otras características, como se observa en la Figura 30-2. Lo que los convierte en dispositivos ideales para aplicaciones en: la industria robótica, médica, aeroespacial, juguetes, vehículos RC, automotriz, automatización industrial.



Figura 30-2. Micro actuadores lineales
Fuente: (Motion, 2019)

2.3.4 Softwares CAD

En la presente sección, se presenta la variedad de software CAD, con los que se puede trabajar en el desarrollo del proyecto.

2.3.4.1 Solidworks

Desarrollado por la empresa francesa Dassault Systemes, este software es uno de los más conocidos del mercado. Utiliza el diseño paramétrico, generando tres tipos de archivos: pieza, ensamblaje y dibujo. Solidworks incluye una amplia gama de características, como herramientas de validación de diseño o ingeniería inversa. Usado a menudo para piezas industriales, es práctico y muy detallado. A diferencia de muchos otros programas CAD, que imitan curvas con estructuras planas ligeramente inclinadas, Solidworks utiliza un sistema NURBS, que ofrece curvaturas muy detalladas.

2.3.4.2 AutoCAD

El software AutoCAD de Autodesk, fue uno de los primeros programas CAD que se lanzaron en 1982. Aunque AutoCAD es muy popular y se utiliza ampliamente, no es el más fácil de usar para el modelado 3D. De hecho, la curva de aprendizaje para dominar macros y scripts es bastante difícil. El software está dirigido a profesionales con experiencia en la programación de modelos algorítmicos. Los modelos 3D se pueden convertir fácilmente en archivos STL para la impresión 3D. Desde 2010, AutoCAD también está disponible en una aplicación móvil y web llamada AutoCAD 360.

2.3.4.3 CATIA

La solución CATIA se ha desarrollado históricamente para las necesidades propias de Dassault Aviation. Por lo tanto, nos enfrentamos a un software especialmente conocido para el sector aeroespacial. Pero también en el diseño de productos, ya sea para ingenieros, arquitectos de sistemas, diseñadores, etc. Desarrollado por la plataforma 3DEXPERIENCE de Dassault Systemes, el software ofrece capacidades de simulación y modelado 3D, lo que permite a los usuarios optimizar sus tareas y organizarse de manera más eficiente. CATIA, se utiliza principalmente en el campo de la ingeniería mecánica y eléctrica, el diseño y la ingeniería de sistemas.

2.3.4.4 *Rhino3D*

La compañía detrás de este software, lo presenta como el modelador 3D más versátil del mundo. Es un software comercial de gráficos por ordenador en 3D y CAD. El programa utiliza un modelo matemático preciso llamado NURB para manipular puntos, curvas, mallas, superficies, sólidos, etc. La fuerza de Rhino3D reside en su amplia gama de características de diseño. Ofrece una gran versatilidad en la creación de modelos 3D complejos. Sin embargo, muchos usuarios han indicado que el software requiere un largo aprendizaje y que se necesita mucha práctica para dominarlo. El software está disponible para descargar en varios paquetes dentro de su sitio web. (Cartagena, 2019)

2.3.4.5 *Adams*

Adams es el software de análisis de movimiento y dinámica multicuerpo más utilizado en el mundo. Adams ayuda a estudiar la dinámica de las piezas móviles, cómo se distribuyen las cargas y fuerzas en los sistemas mecánicos, mejora y optimiza el rendimiento de sus productos. Permite crear y probar fácilmente prototipos virtuales de sistemas mecánicos en una fracción del tiempo y el costo necesarios para la construcción y prueba física.

A diferencia de la mayoría de las herramientas integradas de CAD, Adams incorpora física real al resolver simultáneamente ecuaciones para cinemática, estática, cuasiestática y dinámica. Utilizando la tecnología de solución de dinámica multicuerpo. (Mscsoftware, 2019)

2.3.5 *Materiales usados para la fabricación de prótesis*

Existen diferentes tipos de materiales que se puede utilizar para la manufactura de prótesis de extremidades para personas, a continuación, se describirán las propiedades, características y aplicaciones de los principales materiales.

2.3.5.1 *Polímero ABS*

El ABS es un polímero compuesto de butadieno y acrilonitrilo o estireno, que se puede fabricar de tres formas diferentes, por emulsión, masa y suspensión-masa. Las propiedades físicas del plástico ABS, varían con el método de manufactura, pero varían más con la composición (Figura 31-2).

El ABS se caracteriza por ser un material muy fuerte y liviano, lo suficientemente fuerte como para ser utilizado en la fabricación de piezas para automóviles. Entre otros, el ABS se puede utilizar para fabricar contenedores pequeños, para dispositivos eléctricos y electrónicos, para interiores de aviones, paneles de instrumentos, etc.

Una de las grandes ventajas de este material, es la facilidad con la que permite transformar en poco tiempo un modelo diseñado en ordenador, a una pieza real mediante máquinas de prototipo rápido por impresión 3D. (Ayats Soler, 2017)



Figura 31-2. Polímero ABS
Fuente: (Artecolorvisual, 2018)

2.3.5.2 Polímero PLA

El ácido poli-láctico es un polímero biodegradable, derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos, (Figura 32-2).

El PLA es un polímero versátil que tiene muchas aplicaciones, incluyéndose en la industria textil, en la industria médica y sobre todo en la del empaquetado.

Se tienen 4 tipos de ácidos poli lácticos disponibles para empaquetar, cada uno de ellos con características especiales. Dentro de la industria textil, son conocidas las aplicaciones del PLA para la creación de telas empleadas en la tapicería, la elaboración de trapos y la confección de toldos y cubiertas resistentes a la luz ultra violeta (U.V.).

El PLA se ha convertido en un material muy importante en la industria médica, donde lleva funcionando más de 25 años. Por sus características el PLA se ha convertido en un candidato ideal para implantes en los huesos o en los tejidos (cirugía ortopédica, facial, de pecho, abdomen).

Es claro y brillante como el poliestireno (se utiliza para fabricar baterías y juguetes). Resistente a la humedad, y a la grasa. Tiene características de barrera del sabor y del olor similares al plástico de polietileno tereftalato, usado para las bebidas no alcohólicas y para otros productos no alimenticios. La fuerza extensible y el módulo de elasticidad del PLA es también comparable al polietileno. Pero es más hidrofílico que el polietileno, tiene una densidad más baja. Es estable a la luz U.V., dando como resultado telas que no se decoloran. Su inflamabilidad es demasiado baja. Se puede formular para ser rígido o flexible y puede ser copolimerizado con otros materiales, además logra trabajar con diversas características mecánicas, dependiendo del proceso de fabricación. (Ampudia Castro, 2015)



Figura 32-2. Polímero PLA
Fuente: (Ampudia Castro, 2015)

2.3.5.3 *Aluminio*

El aluminio, es un material no férreo que tiene unas buenas propiedades mecánicas, así como, baja densidad y facilidad de manufactura. Debido a su buena relación resistencia/peso, es un material muy usado en construcción de aviones, vagones ferroviarios y automóviles (Figura 33-2). (Ayats Soler, 2017)



Figura 33-2. Aluminio
Fuente: (MECASINC, 2018)

2.3.5.4 *Titanio*

El titanio es un elemento metálico que se usa principalmente para preparar aleaciones ligeras y fuertes, (Figura 34-2). Es un material muy utilizado como sustituto de los huesos y cartílagos en

cirugía, también en fabricación de tuberías y tanques que se utilizan para la elaboración de alimentos.

Las características importantes de titanio son la biocompatibilidad, resistencia a la corrosión, sabor neutro, ausencia de irritación en tejidos blandos y duros, baja densidad, universalmente aplicable para prótesis e implantes, combinable con prótesis de otros metales, alta resistencia mecánica. (Ayats Soler, 2017)

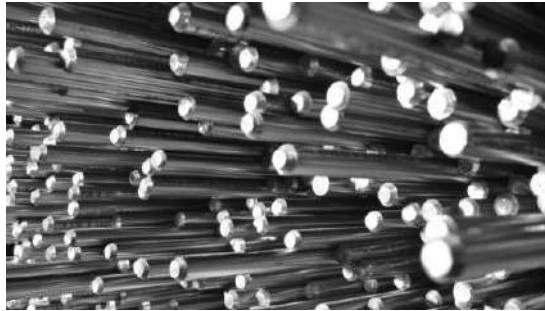


Figura 34-2. Titanio
Fuente: (Desenfunda, 2018)

2.3.5.5 *Nylamid*

Existe una amplia gama de productos fabricados con nylamid, esta versatilidad hace que este material sea una solución para varios problemas en la industria actual. Entre las varias aplicaciones de este material encontramos: Cojinetes, ruedas, poleas, rodillos, aislantes eléctricos y térmicos, moldes, prototipo, (Figura 35-2). Sus características le permiten operar en condiciones severas de abrasión, corrosión y flamabilidad. Estas características son: facilidad de maquinada, resistencia a la corrosión, eficacia en eliminación de ruido y alta resistencia a la abrasión. (Ayats Soler, 2017)



Figura 35-2. Nylamid
Fuente: (Levsinson, 2020)

2.3.5.6 *Fibra de Carbono*

La fibra de carbono, es un material de tipo polimérico con propiedades mecánicas muy elevadas y con densidad baja. El inconveniente principal de este material es su alto costo.

Las principales propiedades de este material son: elevada resistencia mecánica, módulo de elasticidad elevado, baja densidad, elevado precio de producción, alta resistencia a agentes externos, alta capacidad de aislamiento, resistencia a las variaciones de temperatura, etc., (Figura 36-2).

La fibra de carbono tiene muchas aplicaciones en la industria aeronáutica y automovilística, al igual que en barcos y bicicletas, donde sus propiedades mecánicas y su ligereza son importantes. También se está haciendo cada vez más común en otros artículos como ordenadores, prótesis, cañas de pesca. (Ayats Soler, 2017)



Figura 36-2. Fibra de Carbono
Fuente: (KraussMaffei, 2013)

2.3.5.7 *Material compuesto de fibra de carbono/kevlar*

Este material compuesto se ha decidido estudiar como substitutivo del orthocarbono, ya que, se trata de un material difícil de conseguir, por ser un material en investigación, (Figura 37-2).

Este material, compuesto por fibras de carbono y kevlar, es un material muy resistente y con baja densidad. El proceso de fabricación de piezas con este material, es parecido al proceso de fabricación con fibra de carbono, y se trata de un proceso caro.

No se han encontrado datos de las propiedades mecánicas de este material, es por esto, que se hará un estudio de las propiedades de los 2 materiales por separado. Las propiedades de la Fibra de Carbono se encuentran en el Apartado 2.3.5.6 del presente Capítulo, y las del kevlar se comentan a continuación.

El Kevlar o poliparafileno tereftalato, es una poliamida sintetizada por primera vez en 1965 por el químico Stephanie Kwolek. Se trata de un material con una excepcional resistencia a la rotura. Esta característica hace que este material sea usado tanto en neumáticos de coches como en velas náuticas o chalecos antibalas.

Existen dos tipos de fibras de Kevlar, el Kevlar 29 y el Kevlar 49. El primero es la fibra tal y como se obtiene de su fabricación, se usa como refuerzo por sus buenas propiedades mecánicas, en la fabricación de cables. El segundo es un material compuesto de fibras de Kevlar con resina y se emplea para la fabricación de tejidos en deportes extremos. (Ayats Soler, 2017)



Figura 37-2. Fibra de carbono/kevlar
Fuente: (Kitsdefibra, 2020)

2.3.6 Impresora 3d

Es una máquina que materializa un objeto de forma tridimensional que ha sido diseñado en un software CAD. Para la construcción del objeto se utiliza la técnica termoplástica, esta técnica usa un rollo de filamento que alimenta una punta extrusora que funde el plástico, la punta deja caer el material en una superficie siguiendo una trayectoria, formando el objeto tridimensional capa por capa, como se puede ver en la Figura 38-2. (Medina Torres L. , 2018)



Figura 38-2. Impresora 3D
Fuente: (Medina Torres L. , 2018)

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN Y DISEÑO

3.1 Identificación de variables

En la presente sección se determinará las variables independientes y dependientes.

3.1.1 *Variable independiente*

Diseño mecánico de prototipos de prótesis escalable.

3.1.2 *Variable dependiente*

Generación de la base de datos

3.2 *Operacionalización de las variables*

En la Tabla 1-3, se indica la operacionalización de variables del proyecto.

Tabla 1-3. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
Diseño mecánico de prototipos de prótesis escalables.	Independiente.	Funcionalidad del diseño. Resistencia del diseño. Ergonomía del diseño.	Adimensional.	Softwares CAD/CAE.
Generación de la base de datos.	Dependiente.	24 diseños escalables de	Adimensional.	Softwares CAD.

		prototipos de prótesis.		
Modelos.	Interviniente.	Funcionales.	Adimensional.	Softwares CAD.
Tamaños.	Interviniente.	Ergonómicos.	Milímetros.	Medición de tamaños de manos.
Materiales.	Interviniente.	Resistentes.	Adimensional.	ABS o PLA
Sistema de manufacturación.	Interviniente.	Impresión del prototipo.	Adimensional.	Impresora 3D.

Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.3 Matriz de consistencia

En la Tabla 2-3, se muestra la matriz de consistencia del proyecto.

Tabla 2-3. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Se podrá generar una base de datos para el GIEBI con el diseño mecánico de prototipos de prótesis escalables?	Diseñar mecánicamente prototipos de prótesis escalables de mano para niños, que permita la generación de una base de datos para el Grupo de Investigación y Estudio de Bioingeniería GIEBI.	¿El diseño mecánico de prototipos de prótesis escalables de mano para niños si permite la generación de una base de datos?	Variable Independiente Diseño mecánico de prototipos de prótesis escalables.	Funcionalidad del diseño. Resistencia del diseño. Ergonomía del diseño.	Tipo de Investigación Aplicativa o tecnológica. Método Analítico Deductivo Científico. Diseño de Investigación Cuasi-experimental. Población Los niños que necesitan una prótesis de mano. Muestra Los niños que necesitan una prótesis de mano.	Software CAD/CAE Medición de tamaños de manos.
			Variable Dependiente Generación de la base de datos.	24 diseños escalables de prototipos de prótesis.		

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE INTERVINIENTES	INDICADOR	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
¿El diseño mecánico de prototipos de prótesis escalables permitirá generar una base de datos adecuada para el GIEBI?	Estudiar y analizar los movimientos básicos de una mano, para aplicar en el diseño mecánico de prototipos de las prótesis.	¿El estudio y análisis de los movimientos básicos de una mano si permite aplicar en el diseño mecánico de los prototipos de prótesis?	Modelos.	Funcionales	Software CAD/CAE
¿Los diseños mecánicos de prototipos de prótesis de mano escalables se realizarán para niños de 6 a 12 años de edad?	Identificar los promedios de tamaños de las manos de 90 niños de 6 a 12 años de edad para generar 24 prototipos prótesis escalables.	¿El análisis de los promedios de tamaños de las manos de 90 niños de 6 a 12 años de edad si permite generar 24 prototipos de prótesis escalable?	Tamaños.	Ergonómicos	Medición de tamaños de manos en campo con calibrador digital.
¿La base de datos de prototipos de prótesis de mano escalables tendrá diseños funcionales?	Escoger los materiales adecuados, ergonómicos, resistentes y funcionales para el diseño.	¿Los materiales si son adecuados, resistentes y funcionales para el diseño?	Materiales.	Resistentes	Software CAD/CAE
¿Se podrá manufacturar un prototipo del diseño?	Manufacturar un prototipo de prótesis.	¿Con los diseños generados si permite manufacturar un prototipo de prótesis?	Sistema de manufacturación.	Impresión del prototipo de prótesis.	Impresión 3d

Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.4 Metodología

3.4.1 Tipo y diseño de la investigación

El diseño de la investigación será de tipo cuasi experimental, ya que se realizará el diseño mediante software para comprobar la hipótesis, y para una posterior implementación completa del prototipo de prótesis, en tesis de grado, postgrado o proyectos en el GIEBI. Además, el diseño es transversal debido a que se analiza el nivel de una o varias variables en un momento dado.

3.4.2 Métodos de la investigación

3.4.2.1 Stage Gate

El Stage Gate (Etapa-Puerta o Fase-Puerta), es una metodología que busca gestionar las diferentes etapas que sigue un proceso de desarrollo de un producto, con el fin de asegurar el cumplimiento de los tiempos y tratar de disminuir el riesgo involucrado en todo proceso de innovación. En la Figura 1-3, se indica el Stage Gate del tema de investigación.

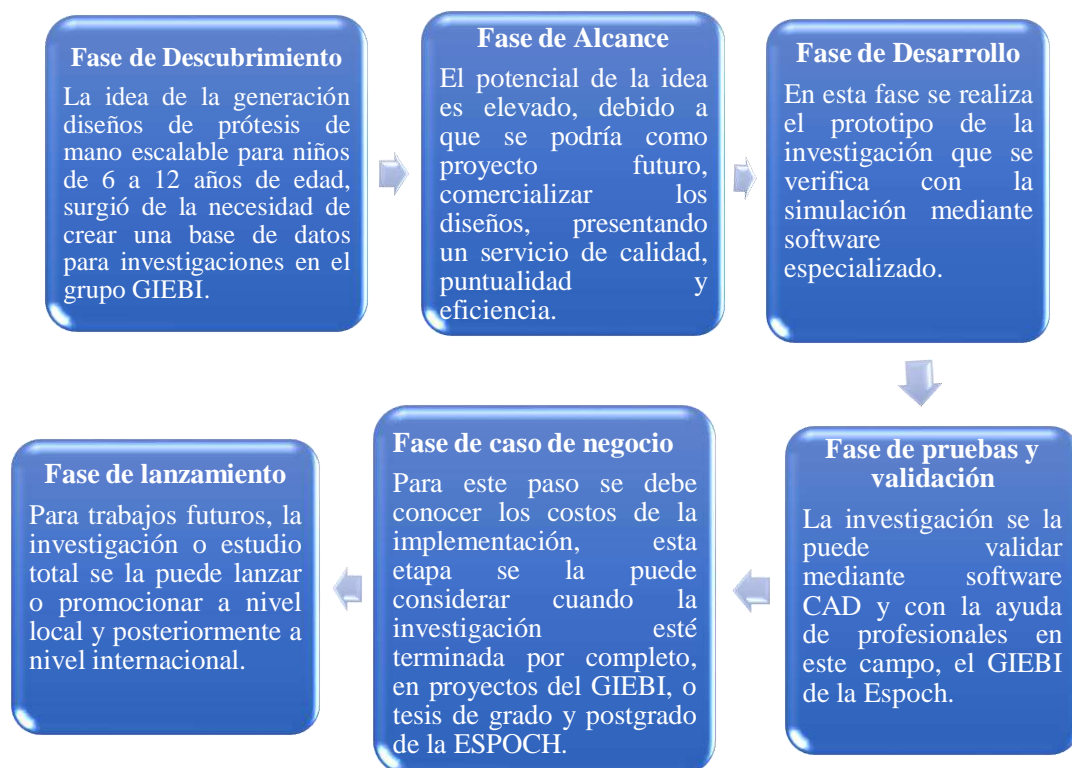


Figura 1-3. Stage Gate
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.4.2.2 Método científico

Este método es un conjunto de pasos ordenados, que se emplean para adquirir nuevos conocimientos. Para poder ser calificado como científico debe basarse en el empirismo, en la medición y, además, debe estar sujeto a la razón. Consta de las siguientes etapas:

- a) Planteamiento del problema.
- b) Formulación de la hipótesis.
- c) Levantamiento de la información.
- d) Análisis e interpretación de resultados.
- e) Comprobación de la hipótesis.
- f) Difusión de resultados.

Con este método es posible demostrarla validación de la hipótesis, a través del cumplimiento de sus etapas y los escenarios. Además de obtener los valores de la variable medible para evidenciar y apoyar la hipótesis planteada.

3.4.3 Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación es de tipo cualitativo-cuantitativo, ya que, en primer lugar se analizará los problemas, para luego ser examinado de forma cuantitativa con los datos obtenidos de variables de tamaño, forma, número de diseños, material de diseño.

3.4.4 Alcance de la investigación

El alcance del estudio es de tipo correlacional, debido a que se verificará el enunciado que se planteó como hipótesis, analizando las variables y relacionándolas entre sí.

3.4.5 Población de estudio

Dentro del grupo de niños con discapacidad física, se debe considerar a quienes tengan malformaciones congénitas o amputaciones de mano, y como población inicial se tomará a este grupo de personas. Según (CONADIS, 2019), en Riobamba existen 90 niños y niñas de 6 a 12 años de edad con discapacidad física. Con este dato se realizará la medición de los tamaños de las manos a 90 niños en una Unidad Educativa, que emularan al número de niños y niñas con malformaciones congénitas o amputaciones de mano.

3.4.6 *Unidad de análisis*

Las personas quienes se beneficiarán directamente de la investigación, son niños de 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 años de edad que requieren prótesis de mano.

3.4.7 *Selección de la muestra*

La muestra se la obtenido en base a datos proporcionados por (CONADIS, 2019), a nivel local, en la ciudad de Riobamba.

3.4.8 *Tamaño de la muestra*

El grupo de niños en los que se enfocará el estudio es el tamaño de la muestra, lo que permitirá identificar el número de diseños de prótesis a realizar, para generar la base de datos. Se puede determinar con la Ecuación (1):

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2(N-1) + Z_a^2 * p * q} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

d = precisión

Datos:

$N = 90$

$Z = 1.96$ (para un nivel de confianza de 95%)

$p = 0.9$ (90%)

$q = 0.1$ (10%)

$d = 0.1$

$$n = \frac{80 * (1.96)^2 * 0.9 * 0.1}{(0.1)^2(80 - 1) + (1.96)^2 * 0.9 * 0.1}$$

$n = 24.35$

$n \approx 24$

Este dato permite determinar el número de modelos escalables a realizar para generar la base de datos, la cual serán de 24 modelos.

3.4.9 Técnica de recolección de datos primarios y secundarios

- a) Registros de datos de investigaciones previas.
- b) Modelos simulados.
- c) Instrumentos de medición.
- d) Medición en campo.

3.4.10 Instrumentos para procesar datos recopilados

Utilización de software CAD/CAE y Microsoft Excel.

3.5 Diseño mecánico de 24 prototipos de mano escalable para niños de 6 a 12 años de edad

3.5.1 Introducción

El diseño que se desarrolla a continuación, se da lugar debido a una investigación previa realizada sobre prótesis, especialmente sobre prótesis de mano, así como del estado del arte de diseños de prótesis en el ámbito local, nacional y mundial. En este apartado se desarrollará el diseño mecánico tomando en cuenta el estudio previo de las características para diseñar de prótesis de mano, especificando el proceso en el esquema de la Figura 2-3.

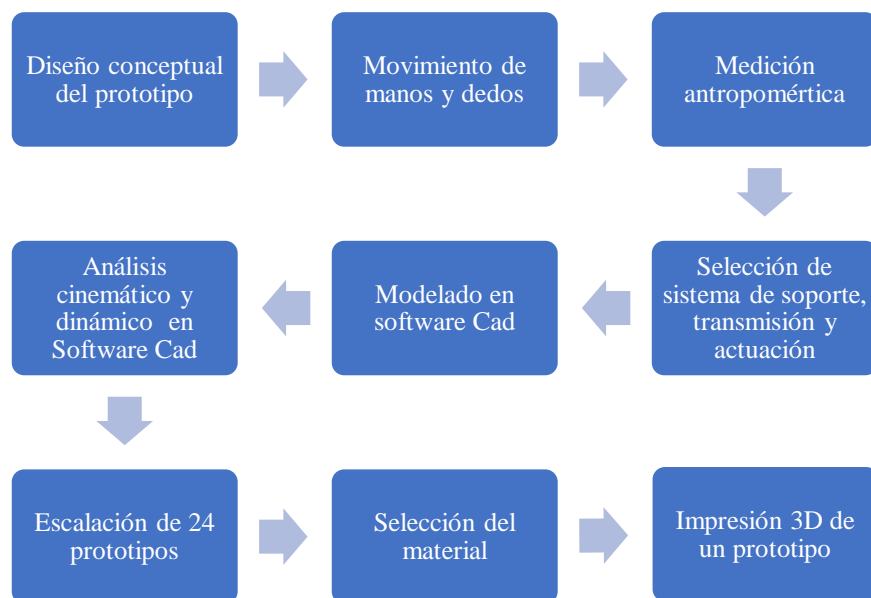


Figura 2-3. Flujograma del proceso para el diseño mecánico de las prótesis
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.2 *Diseño conceptual*

El concepto del prototipo de prótesis escalables es una descripción general de los principios de funcionamiento del sistema. Se debe cubrir las siguientes especificaciones principales:

El diseño debe ser ergonómico y funcional.

Debe tener los movimientos básicos de los dedos para agarre de objetos.

El diseño debe ser escalable para 24 prototipos.

3.5.3 *Selección del tipo de movimiento*

Debido a la complejidad de los movimientos de los dedos y de la mano humana, se ha seleccionado el movimiento de flexión y extensión de los dedos, logrando el agarre de tipo cilíndrico. Este agarre tiene como característica, que el pulgar está en oposición y los dedos índices, medio, anular y meñique, que están en flexión. En la Figura 3-3, se representa un esquema del tipo de agarre del prototipo, donde las líneas de color verde representan las falanges del dedo índice, que se replica en los demás dedos.

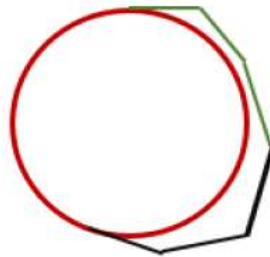


Figura 3-3. Esquema de agarre cilíndrico
Fuente: (Ayats Soler, 2017)

3.5.4 *Adquisición de las medidas antropométricas de la mano*

Para el modelado de los 24 prototipos, se recolectó los datos de las medidas las partes de las manos, ya que no se cuenta con esta información en ninguna base de datos.

3.5.4.1 *Protocolo de medición de manos*

La recolección de datos de medida de manos, se la realizó a 90 niñas y 90 niños distribuidos como se muestra en la Tabla 3-3, se la ejecutó en la Unidad Educativa Vicente León, de la ciudad de Latacunga, en los niveles educativos de Básica Elemental y Básica Media con las edades de 6 a 12 años; utilizando un calibrador digital Truper CALDI 6MP, procurando la no alteración de la integridad física y mental de las y los participantes.

Tabla 3-3. Distribución de medidas

Género	Edad	Número de mediciones
Femenino (niñas)	6	15
	7	15
	8	15
	9	15
	10	15
	11 y 12	15
TOTAL		90
Masculino (niños)	6	15
	7	15
	8	15
	9	15
	10	15
	11 y 12	15
TOTAL		90

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 4-3, se puede observar las partes de los dedos de la mano de uno de los niños que se les realizó la medición.



Figura 4-3. Parte de los dedos

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 5-3, se observa las partes de la palma y muñeca de uno de los niños a quien se realizó la medición.

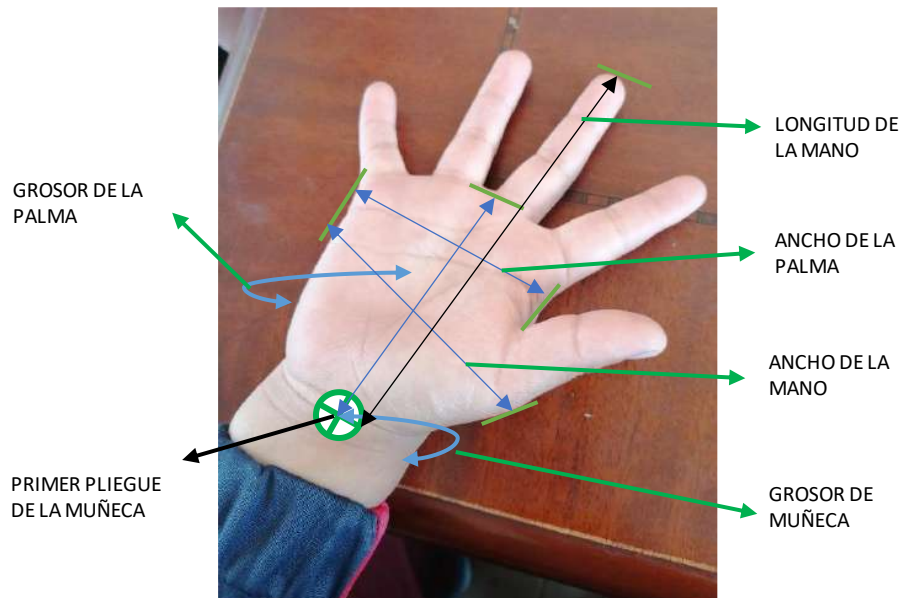


Figura 5-3. Partes de la mano (muñeca y palma)
Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 6-3, se muestra el trabajo de campo realizado para tomar las mediciones de las partes de las manos.



Figura 6-3. Mediciones de mano en niños y niñas
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Las medidas obtenidas fueron de longitud y anchura de la mano; longitud, ancho, grosor de la palma; grosor en el primer pliegue de la muñeca; diámetros y longitudes de las falanges del dedo

pulgar-índice-medio-anular-meñique expresado en milímetros. En el ANEXO A, se detalla los datos recolectados en campo.

3.5.5 Selección del modelo de soporte

El prototipo de prótesis de mano está enfocado para la utilización en niños, por lo que se debe escoger un modelo ergonómico y funcional, con características más parecidas a una mano humana, es decir, que tengan los 5 dedos, palma y muñeca, es por este motivo que se escogió el siguiente modelo que se puede ver en la Figura 7-3, que es una prótesis de mano para adulto, que se la puede encontrar en la plataforma GrabCad, para uso libre de usuarios. Se ha realizado modificaciones necesarias para cumplir con los objetivos del proyecto.



Figura 7-3. Modelo de soporte de prototipo de prótesis
Fuente: (Gómez, 2013)

3.5.6 Selección del mecanismo de transmisión

El mecanismo seleccionado, para el movimiento de los dedos de las prótesis, es el denominado mecanismo de dedo antropomórfico, que está integrado por dos mecanismos cruzados de cuatro barras acoplados entre ellos, como se puede ver en la Figura 8-3 (a). La falange distal, media y proximal se denominan F3, F2 y F1 respectivamente. La entrada de movimiento del mecanismo completo es un tornillo sin fin el cual permite la conversión de movimiento rotacional de un micro motor de corriente directa, en movimiento lineal por medio de un elemento mecánico denominado tornillo de potencia, dicho tornillo utiliza una corredera la cual se representa por el par cinemático AB de la Figura 8-3 (b). Además, en esta figura se puede observar el mecanismo actuador de la falange proximal representado mediante pares giratorios.

El eslabón de entrada AB se desplaza en forma lineal provocando el movimiento del primer mecanismo conformado por los puntos DHIEJ, que corresponde a la falange (F1) mediante el par

rotacional C, así mismo el par rotacional K activa al segundo mecanismo cruzado de cuatro barras GFML, que corresponde a la falange media (F2), igualmente, el par rotacional N, activa la falange distal (F3), y por medio del punto P genera la trayectoria de un dedo de la mano humana.

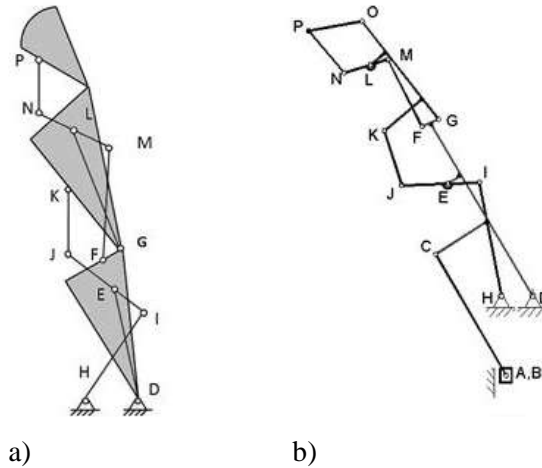


Figura 8-3. Mecanismo de dedo antropomórfico

Fuente: (Portilla Flores, Piña Quintero, Avilés Sánchez, Niño Suárez, & Molina Vilchis, 2010)

El mecanismo de movimiento es un sistema que fue utilizado en el trabajo de (Portilla Flores, Piña Quintero, Avilés Sánchez, Niño Suárez, & Molina Vilchis, 2010). Por otro lado, se realizará la verificación de los movimientos, velocidades, aceleraciones en software MSC Adams.

3.5.7 Selección del sistema de actuación

Se seleccionó el Micro Servo Motor digital de alta velocidad Savox SH-0253, debido a que este tipo de actuador tiene una dimensión, peso ideal para implementar en el diseño, además de sus características, como la potencia, la compatibilidad con sistemas de controles y la disponibilidad en el mercado. Por otro lado, este tipo de micro servo tiene una carcasa de aluminio, sus engranajes son metálicos y su sistema es amigable con el ambiente. En la Tabla 4-3, se muestra las especificaciones técnicas principales del actuador.

Tabla 4-3. Características principales del actuador Savox SH-0253

Característica	Unidad	Valor
Tensión de entrada	V	4.8 a 6.0
Tipo de motor	Motor de polos	-
Material de engranaje	Metal	-
Velocidad	Seg/°	0.09/60
Par	Kg/cm	2.2

Potencia	N/m	0.22
Longitud	mm	25.4
Ancho	mm	22.8
Profundidad	mm	12
Peso	g	13.6
Material de la carcasa	-	Aluminio

Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se utilizó dos micro servomotores, el primero para el movimiento de extensión y flexión del conjunto de dedos índice, medio, anular y meñique. El segundo para el movimiento de extensión y flexión del dedo pulgar.

La función del servomotor es transmitir el movimiento rotacional del eje motor a los mecanismos de transmisión. En la Figura 9-3, se puede observar el Actuador Savox SH-0253.



Figura 9-3. Actuador Savox SH-0253
Fuente: (Serpa, 2014)

3.5.8 Modelado y ensamblaje en Software Cad

Para el modelado y ensamble en software Cad, se utilizó SolidWorks, donde se grafica las partes de la mano con las medidas promedio de niños de 12 años de edad, que se tomaron del ANEXO B.

3.5.8.1 Modelado de las falanges

Para el diseño de la prótesis de mano se utilizaron los datos de las mediciones de las falanges de cada dedo, incluyendo la medida de la palma y la muñeca como se observa en la Figura 10-3. Luego en un archivo de ensamblaje se procede a configurar cada una de las dimensiones de longitudes y diámetros de la mano en un croquis base que servirá como base para almacenar los datos.

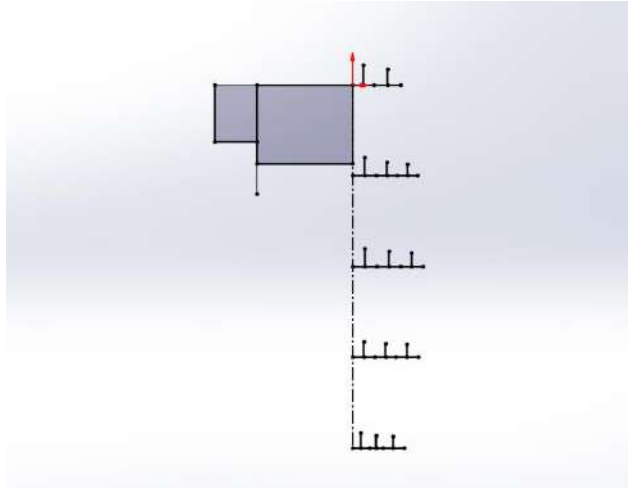


Figura 10-3. Referencia para el modelado de falange
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Entonces, se utiliza un croquis base adecuado para poder asignar cada medida de las líneas para luego vincular a cada objeto de la mano, como por ejemplo las longitudes y diámetros de las falanges. Se asignan nombres a las cotas para que puedan ser identificadas fácilmente, (Figura 11-3).

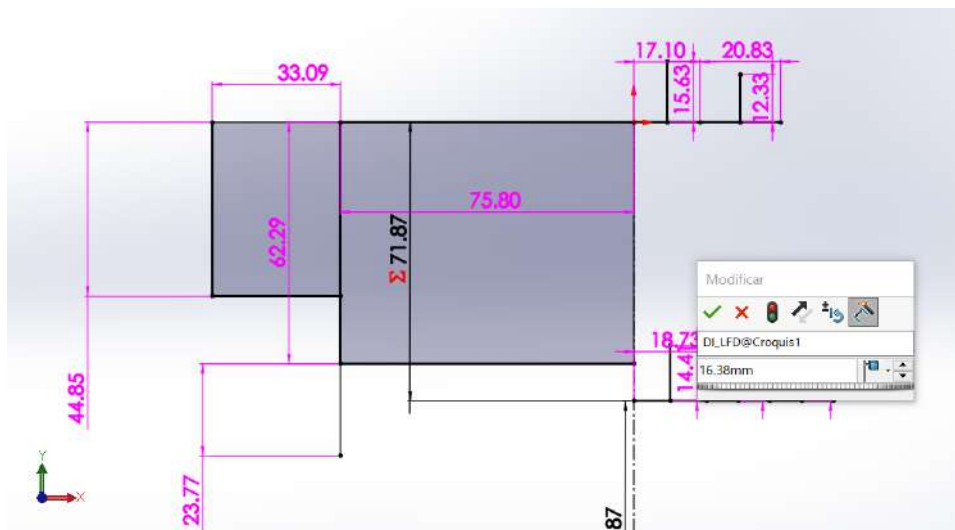


Figura 11-3. Modelado base de falange
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Posteriormente se genera una tabla de diseño en el programa, para asignar las dimensiones de todos los elementos de la prótesis de mano, como se ve en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3. Asignación de dimensiones

EDADES Y GÉNERO	DP_LFP@Croquis1	DP_LFD@Croquis1	DP_DFP@Croquis1	DP_DFD@Croquis1	DI_LFP@Croquis1	DI_LFM@Croquis1	DI_LFD@Croquis1	DI_DFP@Croquis1	DI_DFM@Croquis1	DI_DFD@Croquis1	DM_LFP@Croquis1	DM_LFM@Croquis1	DM_LFD@Croquis1	DM_DFP@Croquis1	DM_DFM@Croquis1	DM_DFD@Croquis1	DA_LFP@Croquis1	DA_LFM@Croquis1	DA_LFD@Croquis1	DA_DFP@Croquis1	DA_DFM@Croquis1	DA_DFD@Croquis1
6M	18.1	22.2	14.5	11.6	15.7	15.3	16	12.8	10.6	7.79	17.4	17.5	17.8	13.2	11.8	8.86	15.3	15.8	18.3	12.2	10.7	9.45
7M	18.9	22.4	15.6	12.3	15.9	15.4	16.2	14.4	10.9	9.27	17.8	17.7	18.6	14	11.9	10.7	15.4	15.9	18.5	12.6	10.8	10.4
8M	19	22.5	15.9	12.7	16	15.6	16.9	14.9	10.9	10.6	17.9	18.1	18.7	14.2	12.3	11.5	15.5	16.3	18.7	13.6	12.1	10.8
9M	21.1	22.6	16	13.5	18.7	16.3	19.5	15	11.3	10.6	18.7	18.4	19.1	14.3	12.7	12	18.9	16.8	20.8	13.7	12.1	11.3
10M	21.4	23.1	16.5	13.8	19.1	16.5	19.6	15.3	13.4	12.4	19	18.6	19.8	14.7	14.9	12.3	19	16.9	21.3	14.5	13.1	11.7
11M	22.8	24.6	19.2	15.8	19.2	16.7	19.9	17.2	14.5	13.8	20.1	19.1	20.4	16.5	15.7	14.2	19.2	17.1	21.5	16.1	14.6	13
6F	16.6	19.1	14.5	11.3	17.5	15	16.1	13.8	10.4	8.6	18.4	18.3	17.6	12.3	11.6	9.26	16.2	16.2	17.3	12.3	9.5	9.7
7F	17.1	20.8	15	12.1	18.7	16.5	16.4	14.2	11.4	9.26	19.4	18.4	17.9	13.2	12.4	11.1	17.5	16.9	17.3	14	10.9	10.7
8F	17.9	21.1	15.5	12.3	20	16.5	18.1	14.3	11.4	10.3	20.4	18.7	19.9	14.1	12.6	11.5	17.7	17.4	17.4	14	11.8	10.9
9F	21	23.2	16.2	12.8	20.7	18.8	18.7	14.6	12.5	10.4	22.2	21	20	14.3	12.6	12	18.7	17.6	17.6	14.1	11.8	11.3
10F	21.5	23.4	16.4	13.2	21.2	19.1	19	14.8	13.3	12.4	23.1	21.5	20.1	14.6	14.6	12.5	18.7	17.6	17.9	14.3	12.9	11.6
11F	22	24.6	18.3	14.6	23.3	20.1	19.9	15.9	13.6	13.2	23.2	21.7	20.4	14.7	14.7	13.9	20	18.4	18.1	15	14	12.3
EDADES Y GÉNERO	DMEÑ_LFP@Croquis1	DMEÑ_LFM@Croquis1	DMEÑ_LFD@Croquis1	DMEÑ_DFP@Croquis1	DMEÑ_DFM@Croquis1	DMEÑ_DFD@Croquis1	ANCHO MANO@Croquis1	LONGITUD PALMA@Croquis1	ANCHO PALMA@Croquis1	GROSOR PALMA@Croquis1	GROSOR MUÑECA@Croquis1	ANCHO MUÑECA@Croquis1	D100@Croquis1	D101@Croquis1	DM00@Croquis1	DM01@Croquis1	DA00@Croquis1	DA01@Croquis1	DMEÑ00@Croquis1	DMEÑ01@Croquis1	DF00@Croquis1	
6M	12	12	16.5	10.9	9.09	7.89	69.1	75.2	59.8	23.8	32.6	41.9	14.7	14.4	16.2	16.3	14.1	14.8	11.4	11.4	16.5	
7M	13	12	16.6	12	9.52	9.27	71	75.5	61.8	24.7	32.7	44.2	14.8	14.3	16.4	16.3	14.2	14.8	12.2	11.4	17.2	
8M	13.5	12.2	17	12.2	9.67	9.7	71.2	76.4	62.3	25.3	32.9	44.7	14.7	14.4	16.4	16.6	14.2	15.1	12.6	11.5	17.3	
9M	13.6	14.3	19.1	12.6	10	9.82	71.8	76.8	62.8	25.9	33.2	45.3	17.3	15.1	17.1	16.8	17.4	15.5	12.7	13.3	19.3	
10M	14.5	14.5	19.3	12.6	11	11	72.7	80.4	63.1	25.9	33.6	45.4	17.4	15.2	17.3	17	17.4	15.6	13.4	13.4	19.5	
11M	14.8	14.8	19.4	15.4	12.9	11.4	88	88.3	74.5	26.6	35.1	50.8	17.4	15.3	18.2	17.3	17.4	15.6	13.6	13.7	21.1	
6F	12.1	11.3	16.3	10.8	9.71	8.02	70.1	75.2	62.1	22.9	32.4	43.6	16.3	14.1	17.1	17.1	15	15.1	11.5	10.8	15.3	
7F	13	11.9	16.6	12	9.82	8.85	71.9	75.8	62.3	23.8	33.1	44.9	17.4	15.3	17.8	17	16.1	15.6	12.2	11.3	15.3	
8F	13.1	12	16.6	12	10.1	9.72	72.1	77.2	62.3	24.5	33.2	44.9	18.5	15.3	18.7	17.2	16.2	16.1	12.3	11.3	16.3	
9F	13.4	12.4	16.9	12.1	10.2	9.86	73.4	77.5	62.4	24.9	33.3	45	19.1	17.4	20.3	19.3	17.1	16.2	12.5	11.6	19	
10F	13.5	12.6	17.4	12.4	10.9	10.5	84.9	88.3	72.1	25.6	33.3	46.9	19.4	17.5	21.2	19.8	17.2	16.2	12.6	11.9	19.6	
11F	14.9	13.2	17.7	14.7	12.7	10.5	86.3	88.5	72.3	26.1	33.4	47.8	21.3	18.4	21.2	19.8	18.2	16.8	13.8	12.3	20	

Realizado por: Almeida Luis, 2021

De esta manera se generan configuraciones para cada grupo de datos. Luego, se procede a generar los sólidos como piezas nuevas dentro del ensamblaje, para mantener los archivos organizados, se seguirán guardando internamente hasta que finalice el proceso de diseño de los sólidos.

Para la generación de cada dedo se toma como referencia una plantilla dibujada en un croquis con las dimensiones vinculadas a los valores de las tablas de diseño, dichas dimensiones se las puede seleccionar del croquis base del ensamblaje donde se realizó la asignación de las dimensiones. Entonces, cada vez que se seleccione una configuración distinta de la tabla de diseño como se observa en la Figura 12-3, las dimensiones cambiarán automáticamente con los valores de la Tabla 5-3.

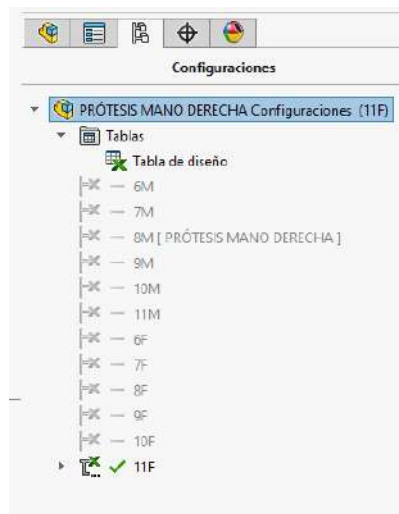


Figura 12-3. Configuración para cada grupo de datos
Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 13-3, se observa la generación el primer sólido, y a continuación, los demás sólidos tomarán como referencia la misma plantilla, algunos serán obtenidos con la operación de partir sólidos.

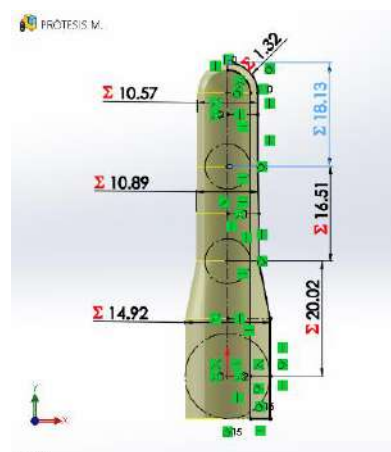


Figura 13-3. Generación de sólidos
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Luego se eliminan algunas de las referencias vinculantes para que puedan moverse libremente, como se observa en la Figura 14-3.

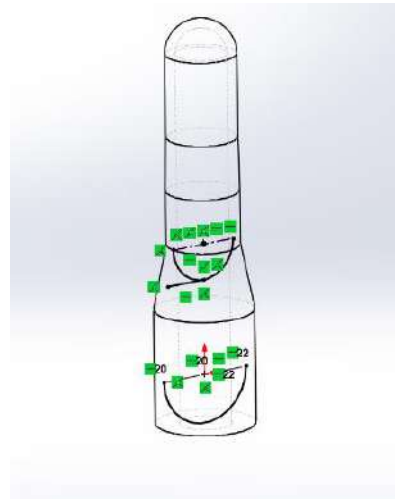


Figura 14-3. Eliminación de referencias vinculantes para el movimiento
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Cuando ya se tiene generada cada falange, se ubican las perforaciones para que los elementos puedan moverse como mecanismo, se ensamblan con relaciones de posición, y se verifica que el ensamble con el movimiento funcione adecuadamente, para cada configuración de la tabla de diseño, (Figura 15-3).

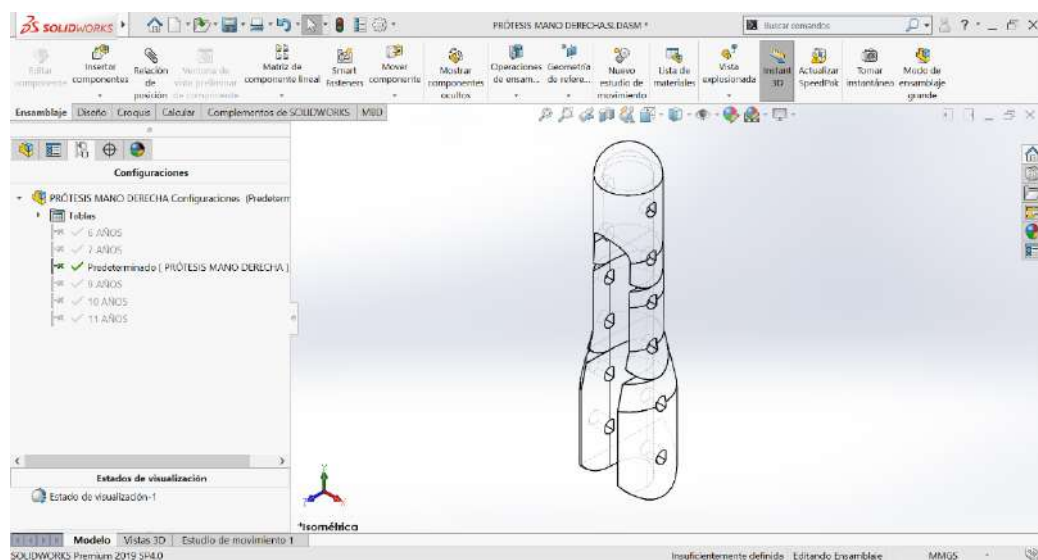


Figura 15-3. Modelado final de falange
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Para la generación de los otros dedos se utiliza la operación de matriz, para obtener otros tres grupos de elementos iguales, pero al finalizar la matriz se disuelve en la operación, cada elemento se hace independiente y se cambia el nombre a cada uno, para poder vincular las demás dimensiones de los otros dedos como se observa en la Figura 16-3.

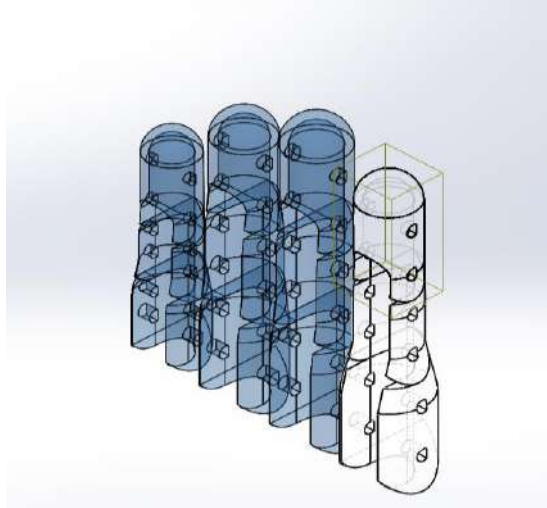


Figura 16-3. Generación de falanges restantes
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.8.2 Modelado de la palma

La palma se hará con la operación de recubrimiento, vinculando las dimensiones del croquis base y la tabla de diseño. Se da un redondeo para que el modelo sea ergonómico, (Figura 17-3).

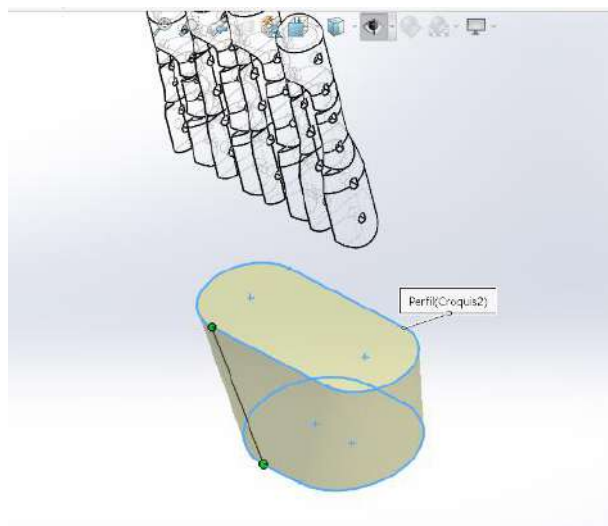


Figura 17-3. Modelado de la palma
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Adicionalmente, se realiza un vaciado para que el interior de la palma permita la colocación de elementos internos para el movimiento de la prótesis y para la colocación de bases o soportes de los dedos, como se ve en la Figura 18-3.

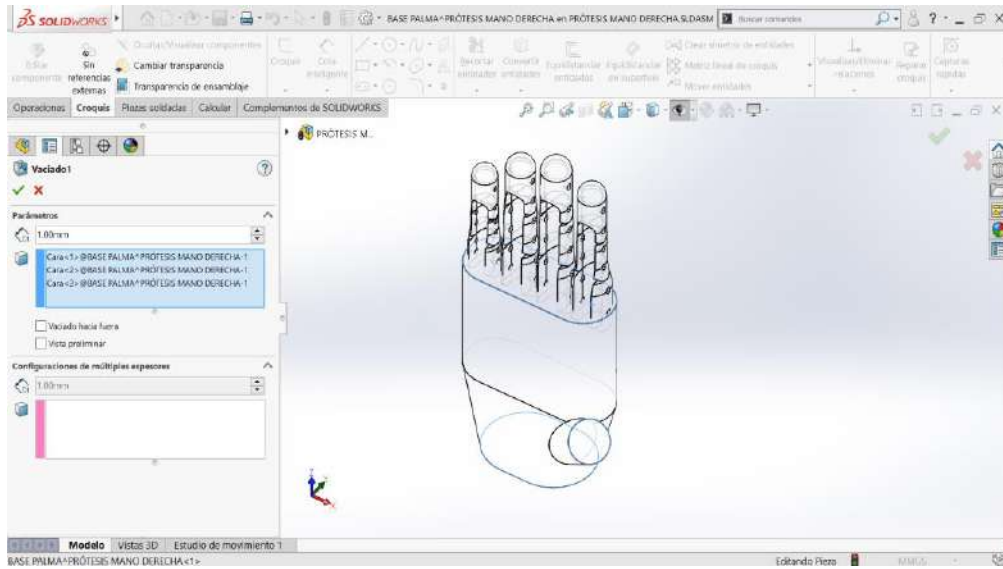


Figura 18-3. Vaciado en el modelo de la palma
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.8.3 *Ensamble del sistema de soporte*

En la Figura 19-3, se indica como se ubican los detalles y piezas adicionales, para que los dedos puedan sostenerse en la palma, y para que cada falange pueda unirse una con otra. Se deja un espacio intermedio para la colocación de pequeños mecanismos para el movimiento de cada falange.

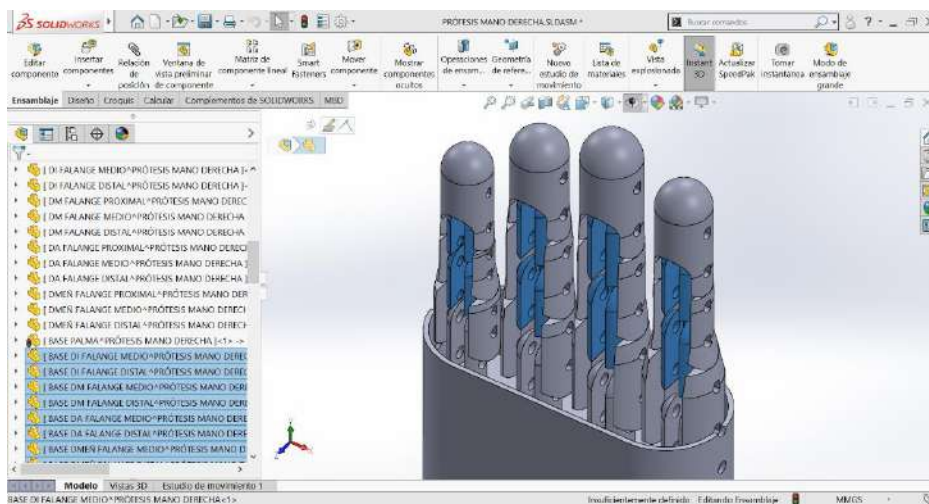


Figura 19-3. Ubicación de detalles y piezas adicionales
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se colocan los pines necesarios para sujetar cada elemento uno con otro, permitiendo formar el mecanismo completo en cada unión de falanges, dedos y bases. Las dimensiones serán relacionadas a los agujeros de cada elemento, y cada vez que se seleccione una configuración diferente de la tabla de diseño, los agujeros cambiarán de lugar automáticamente, (Figura 20-3).

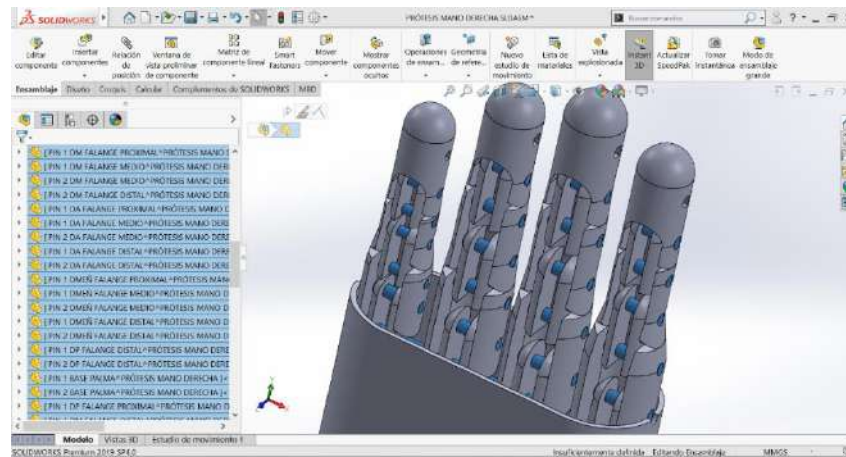


Figura 20-3. Ubicación de pines para sujetar los elementos
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.8.4 Implementación del sistema de actuación

Se adicionan dos actuadores micro servomotores, para el movimiento de los elementos como se observa en la Figura 21-3, tomando en cuenta que se debe colocar un tornillo sin fin en el eje de los motores, este se acopla a una estructura que cubre al servomotor en el caso de los dedos índice, medio, anular y meñique, para el dedo pulgar el eje del servomotor se conecta directamente al mecanismo de transmisión. La función de este sistema es transformar el movimiento rotacional a lineal.

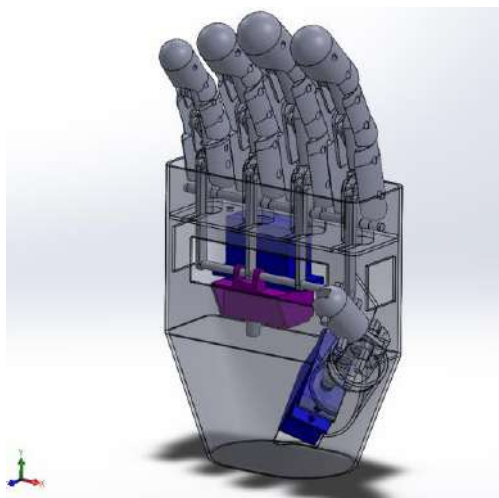


Figura 21-3. Colocación de actuadores
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se debe tomar en cuenta, que cada relación de posición funcione adecuadamente en cada configuración de la tabla de diseño, ya que, al seleccionar una configuración diferente, existen alrededor de 120 piezas que tienen vinculadas sus dimensiones a esa tabla, cambiarán de tamaño y posición automáticamente para cumplir con cada diseño. Por último, se tiene el modelo base del prototipo como se ve en la Figura 22-3.

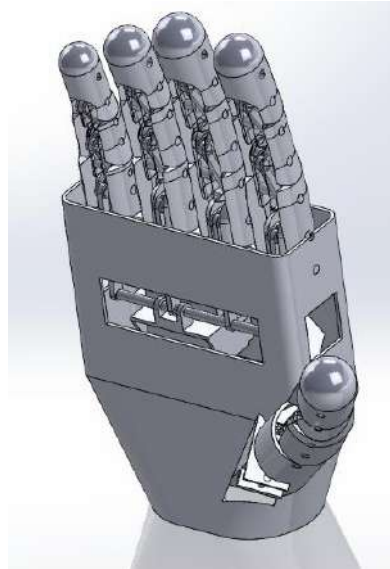
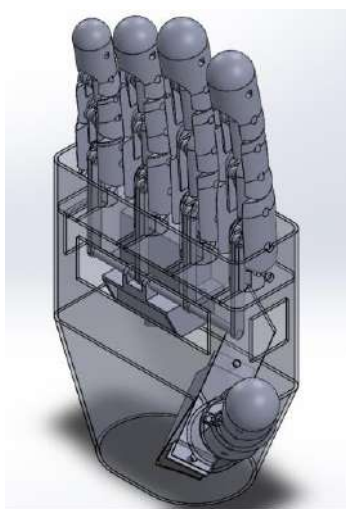
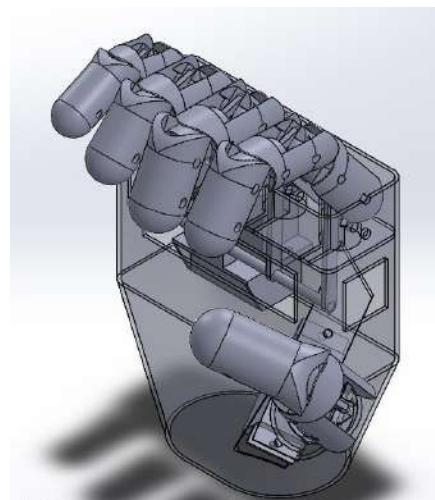


Figura 22-3. Modelado final del prototipo
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se verifica el movimiento de los dedos del prototipo, en la Figura 23-3 (a), se observa la extensión de los cinco dedos, que se puede determinar como la posición inicial, en la Figura 23-3 (b), se puede ver la flexión de los dedos, generando el tipo de agarre cilíndrico.



a)



b)

Figura 23-3. Extensión y flexión de los dedos
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.9 Análisis cinemático y dinámico en Msc Adams View

Para la validación del funcionamiento del prototipo base, y, por ende, de los escalamientos se utiliza el Software especializado Adams View, el cual nos permite realizar una análisis dinámico y cinemático. Este software trabaja en base al principio de dinámica multicuerpo, que permite crear y probar prototipos virtuales de sistemas mecánicos, además incorpora la física real para resolver simultáneamente ecuaciones de cinemática, estática y dinámica.

En primera instancia, se debe guardar las partes del prototipo de SolidWorks, como un archivo de extensión .STEP, para importar en Adams View. En la Figura 24-3, se muestra el prototipo importado al software.

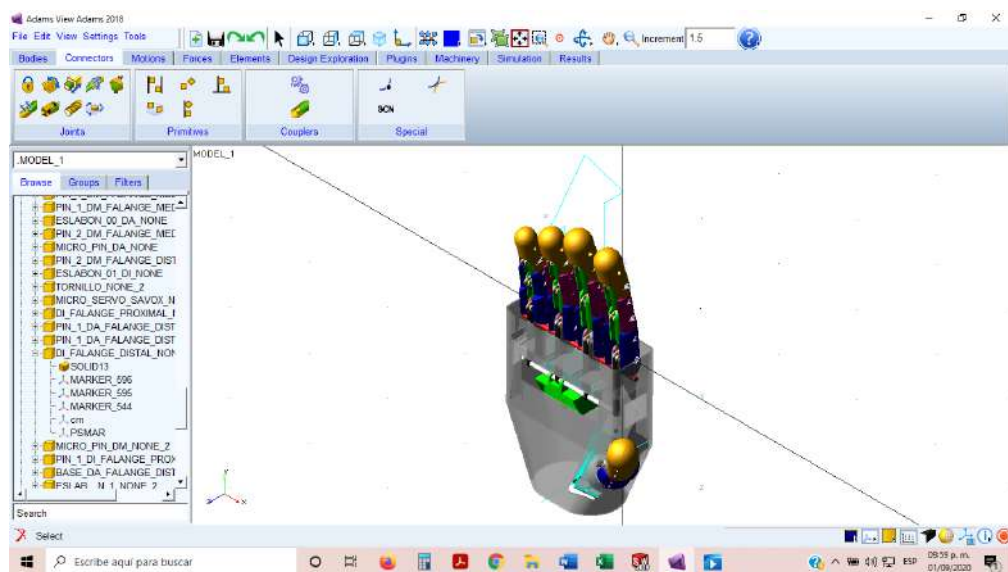


Figura 24-3. Simulación en Adams View
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Posteriormente se debe asignar el tipo de material de las partes del prototipo, que se designó mediante la densidad de PLA que fue de 1240 Kg/m^3 , como se indica en la sección 3.5.11.

Luego, se realiza las conexiones entre los componentes móviles y fijos del prototipo, para lo cual se empleó juntas de revolución y juntas universales. Por último, se asignó un actuador lineal para los cuatro dedos índice, medio, anular y meñique) y otro para el dedo pulgar, con esto se logró obtener el movimiento de extensión como se indica en la Figura 25-3 (a) y el movimiento de flexión en la Figura 25-3 (b) y (c). Con esto se verifica el movimiento de los dedos para obtener un agarrare cilíndrico.

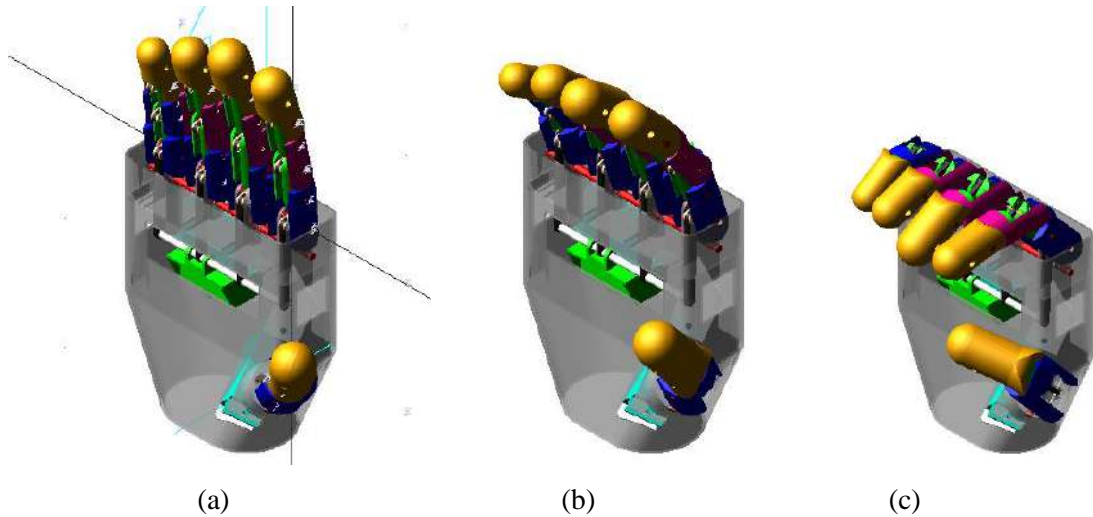


Figura 25-3. Movimiento de los dedos en Adams View
 Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.9.1 Análisis cinemático

En el Gráfico 1-3, se indica el desplazamiento, velocidad y aceleración de un punto de la falange del dedo índice al momento de generar el agarre cilíndrico.

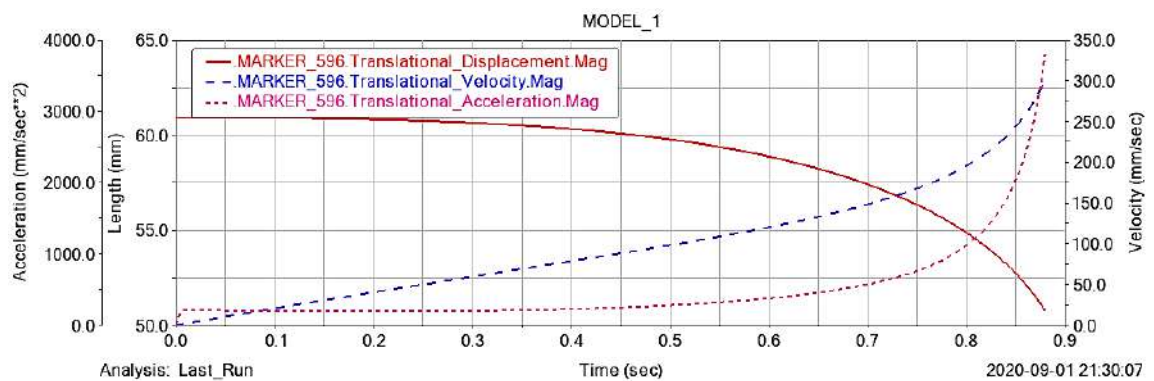


Gráfico 1-3. Desplazamiento, velocidad y aceleración
 Realizado por: Almeida Luis, 2021

En el gráfico de la trayectoria de desplazamiento se observa que el rango es de 60mm, para que la falange distal llegue a su punto máximo de cierre, valor comparado con un trabajo previo realizado por (Portilla Flores, Piña Quintero, Avilés Sánchez, Niño Suárez, & Molina Vilchis, 2010), donde se tiene un valor cercano al obtenido, como se indica en el Gráfico 2-3, comprobando el correcto funcionamiento del mecanismo.

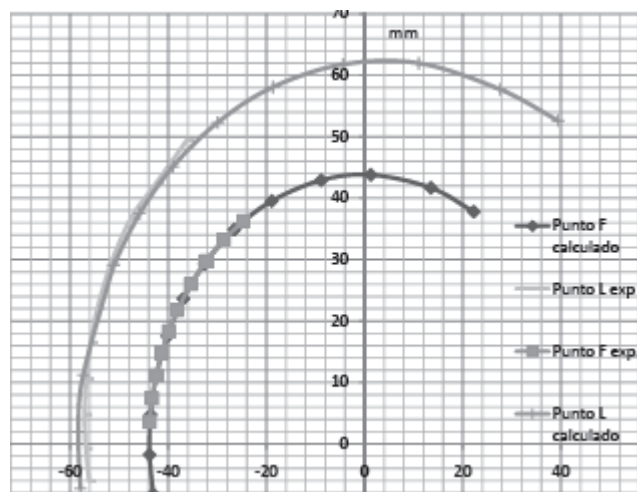


Gráfico 2-3. Resultados teóricos y experimentales del mecanismo actuador del dedo antropomórfico

Fuente: (Portilla Flores, Piña Quintero, Avilés Sánchez, Niño Suárez, & Molina Vilchis, 2010)

3.5.9.2 Análisis dinámico

La potencia necesaria para activar el mecanismo según el análisis en el software Adams View, es de 1.6N/m como se muestra en el Gráfico 3-3, con esto se comprueba que el actuador seleccionado Micro Servo Actuador Savox SH-0253, es el correcto ya que tiene una potencia de 2.2N/m.

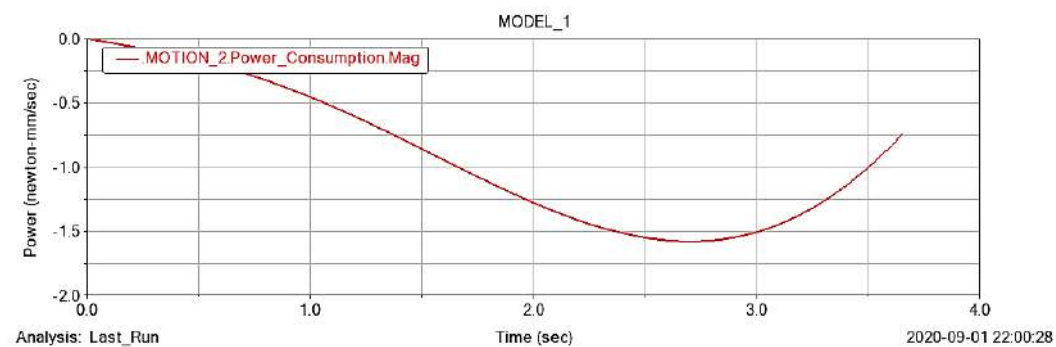


Gráfico 3-3. Potencia del actuador

Realizado por: Almeida Luis, 2021

Por otro lado, la fuerza de agarre del dedo índice en su falange distal, es de 0.49N como se ve en el Gráfico 4-3, si hacemos una relación promedio de los cinco dedos, se tendría que la prótesis puede levantar con una fuerza de 2.5N, lo que correspondería a pesos equivalentes a 0.25Kg o 0.56lb, lo que significa que el prototipo es capaz de sujetar objetos ligeros de uso cotidiano.

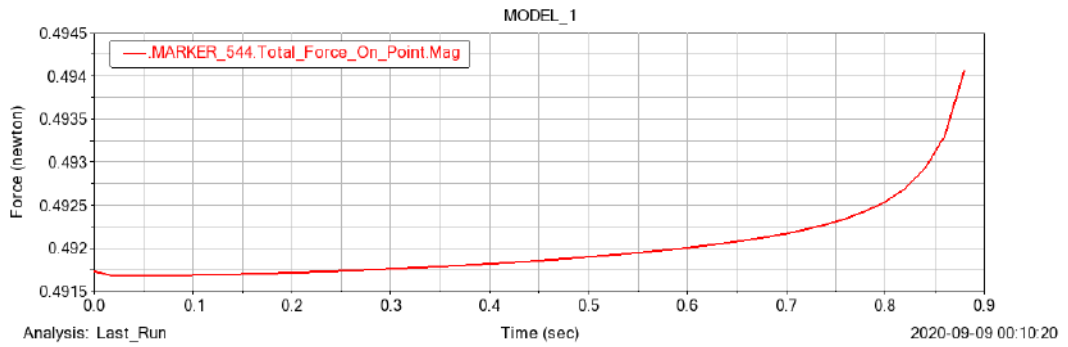


Gráfico 4-3. Fuerza en la falange distal del dedo índice
Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.10 Escalación de 24 prototipos

En esta etapa, el prototipo escalable se utiliza el diseño mecánico base, y se crea 24 prototipos utilizando las medidas promedio de las partes de la mano que se puede observar en el ANEXO B, con el orden que se muestra en la Tabla 6-3. Para este proceso, se utiliza como referencia una plantilla dibujada en un croquis con las dimensiones vinculadas a los valores de las tablas de diseño, dichas dimensiones se las puede seleccionar del croquis base del ensamblaje donde se realizó la asignación de las dimensiones.

Tabla 6-3. Número de prótesis escalable por edad y generó de las niñas y niños.

Género	Edad	Número de prótesis		Número de prótesis
		Mano derecha	Mano izquierda	
Femenino (niñas)	6	1	1	2
	7	1	1	2
	8	1	1	2
	9	1	1	2
	10	1	1	2
	11 y 12	1	1	2
Masculino (niños)	6	1	1	2
	7	1	1	2
	8	1	1	2
	9	1	1	2
	10	1	1	2
	11 y 12	1	1	2
TOTAL				24

Realizado por: Almeida Luis, 2021

3.5.11 Selección del material para el sistema de soporte

Para la impresión 3D se seleccionó el material PLA, que es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico, de fácil disponibilidad y bajo costo en el mercado local. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%. Tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo. El PLA es un polímero versátil que tiene muchas aplicaciones, incluyéndose en la industria textil, en la industria médica para prótesis de extremidades.

En la Tabla 7-3, se muestra los resultados obtenidos de ensayos de energía de impacto Izod, con una probeta PLA impresa en 3D, con una estructura de relleno Tri hexagonal.

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran un promedio de 19.20J/m de absorción de energía de impacto. (Escobar Guachamba, Gavilanes Carrión, & Freire Quintanilla, 2020)

Con este estudio se determina que el material PLA será suficiente para realizar la impresión 3D, de la estructura de la prótesis de mano derecha de un niño de 11 años. La densidad del material PLA es 1.24 g/cm³ o su equivalencia de 1240 Kg/m³

Tabla 7-3. Energía de absorción de impacto de probeta impresa 3D con PLA y estructura de relleno Tri hexagonal

Ancho probeta (mm)	Energía Impacto Izod SI (J/m)
12,7	16,09
12,5	20,11
13	21,3
12,5	21,31
12,5	17,66
12,5	18,7
12,6	19,20

Fuente: (Escobar Guachamba, Gavilanes Carrión, & Freire Quintanilla, 2020).

3.5.12 Impresión en 3D y ensamblaje del sistema de soporte de un prototipo

En la presente sección se explica el desarrollo del proceso de impresión y ensamblaje del sistema de soporte de un prototipo.

3.5.12.1 Impresión

La impresión 3D, se realizó en conjunto con la GIEBI de la ESPOCH, utilizando una impresora 3D de la Institución de Educación Superior. Este tipo de impresión se realiza mediante el aporte de polímero fundido, el objeto tridimensional es creado mediante el aporte de capas sucesivas de material de polímero fundido, con sección circular dependiendo del diámetro del extrusor. Se utilizó el material PLA y la estructura de relleno Tri hexagonal, como se indica en la sección 3.5.11

Para la impresión se generó los archivos .STL, a partir del modelado en Solid Works, que las impresoras 3D, reconocen para su ejecución e impresión. El prototipo de prótesis de mano seleccionado fue de un niño de 11 años de edad, y de la mano derecha. En la Figura 26-3, se muestra un archivo .STL de la base de la palma para imprimir en 3D.

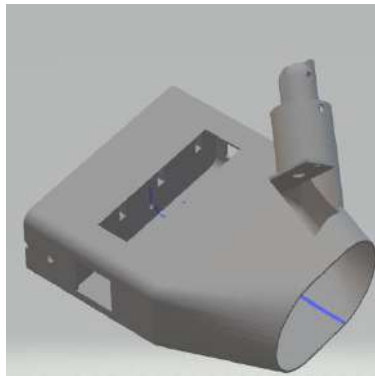


Figura 26-3. Base de la palma para impresión de prototipo de prótesis de mano derecha de un niño de 11 años de edad
Realizado por: Almeida Luis, 2021

La impresión de las piezas se desarrolló en una impresora 3D, como se observa en la Figura 27-3. La marca de la impresora es SeemecCNC modelo Rostockmax V4, que tiene una alta presión de impresión.



Figura 27-3. Impresión de las piezas
Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 28-3, se indica las piezas impresas del sistema de soporte para su posterior ensamblaje.



Figura 28-3. Piezas impresas
Realizado por: Almeida Luis, 2021

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se mostrará los resultados obtenidos de la generación de una base de datos de prototipos de prótesis escalables mediante el diseño mecánico en software CAD-CAE.

4.1 Resultados

A continuación, se mostrará los resultados obtenidos, como la generación de la base de datos de 24 prototipos, además de la obtención de la base de datos para impresión 3D, por otro lado, se analizará los costos de la creación de la base de datos, adicional se presentará el proceso de la impresión 3D de un prototipito, y para finalizar se determinará la validación de la hipótesis.

4.1.1 Base de datos en Solidworks

Con la generación de los 24 prototipos de prótesis de mano para niños de 6 a 12 años de edad se creó una base de datos que consta de los archivos en carpetas digitales de tipo .sldprt, que son los modelados para el ensamblaje de los prototipos finales, como se observa en la Figura 1-4.

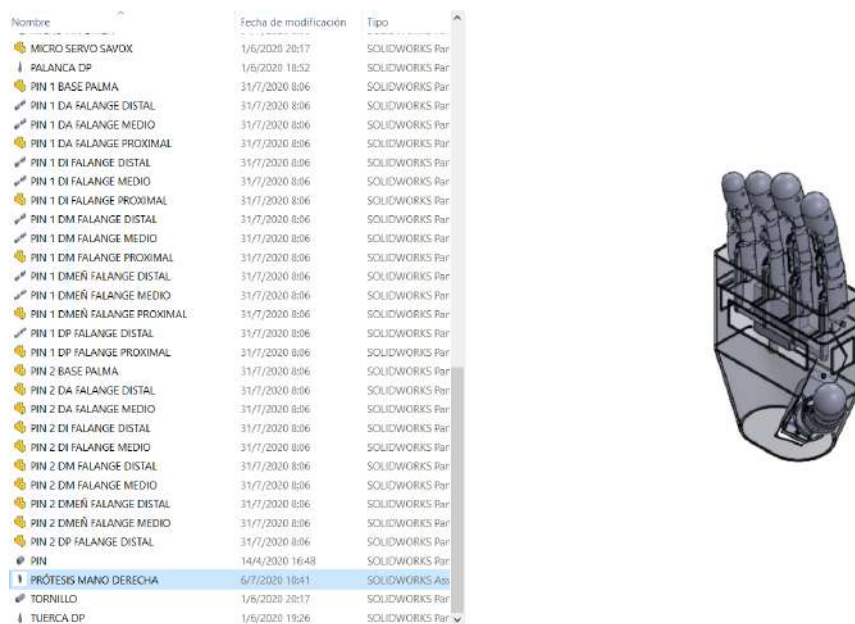


Figura 1-4. Modelados de prototipos
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Por otro lado, se tiene un archivo de SolidWorks con extensión .sldasm, que consta de los prototipos ensamblados, como se puede observar en la Figura 2-4.

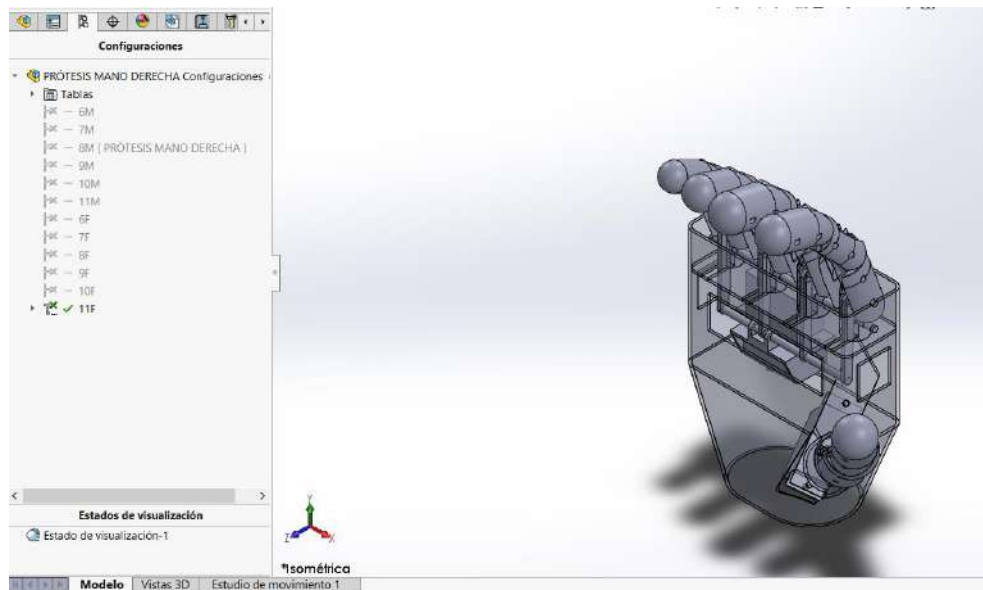


Figura 2-4. Base de datos en Solid Works
Realizado por: Almeida Luis, 2021

4.1.2 Base de datos para impresión 3D

En este punto, se generó los archivos con extensión .stl, a partir de la base de datos en SolidWorks, con esto se puede elegir cualquier prototipo para su impresión en 3D. En la Figura 3-4, se tiene la carpetas con los archivos para la impresión 3D.

Este equipo > Documentos > maestria esPOCH > TESIS > protesIs > PRÓTESIS FINAL > PARA IMPRESIÓN 3D > MANO DERECHA

Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
6F	26/06/2020 05:58 p. m.	Carpeta de archivos	
6M	26/06/2020 06:08 p. m.	Carpeta de archivos	
7F	26/06/2020 05:56 p. m.	Carpeta de archivos	
7M	26/06/2020 06:13 p. m.	Carpeta de archivos	
8F	26/06/2020 05:52 p. m.	Carpeta de archivos	
8M	26/06/2020 06:14 p. m.	Carpeta de archivos	
9F	26/06/2020 05:46 p. m.	Carpeta de archivos	
9M	26/06/2020 06:17 p. m.	Carpeta de archivos	
10F	26/06/2020 05:45 p. m.	Carpeta de archivos	
10M	26/06/2020 06:38 p. m.	Carpeta de archivos	
11F	26/06/2020 05:17 p. m.	Carpeta de archivos	
11M	04/07/2020 08:09 p. m.	Carpeta de archivos	
11M.rar	27/06/2020 08:31 p. m.	WinRAR archive	1,876 KB

Figura 3-4. Base datos de prototipos para impresión 3D
Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 4-4, se muestra las partes para la impresión 3D de prototipo de prótesis para un niño de 11 años edad (masculino), de su mano derecha.

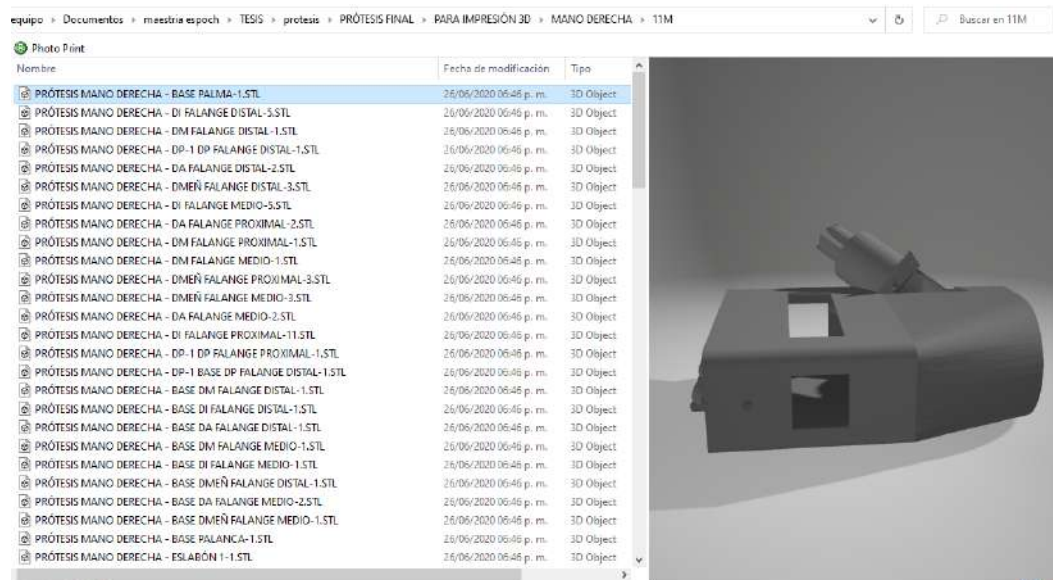


Figura 4-4. Partes para impresión 3D de prótesis de niño de 11 años
Realizado por: Almeida Luis, 2021

4.1.3 Costos de la creación de la base de datos

A continuación, se detalla los costos que intervinieron en el proceso de la ejecución del proyecto, como son el costo de máquinas disponibles, el coste personal, coste del software y coste total de ejecución.

En primer lugar, se tiene el coste de las máquinas disponibles para el desarrollo de los objetivos del proyecto, como es una laptop para instalar y utilizar los softwares necesarios, la impresora para imprimir los avances y el producto final del escrito de la tesis. Para imprimir un prototipo de prótesis, una impresora 3D. El detalle se indica en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4. Coste de máquinas disponibles

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO ADQUIRIDO (DÓLARES)	PRECIO ACTUAL (DÓLARES)	TOTAL (DÓLARES)
1	Laptop	1200	500	500
1	Impresora	200	100	100
1	Impresora 3D	1399	1200	1200
TOTAL				1800

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Tabla 2-4, se indica el coste personal, donde se ha realizado tareas de Ingeniería de Diseño e Ingeniería Mecánica, por otro lado, se toma en cuenta las horas aproximadas de trabajo. Además, un valor aproximado de la movilización que implica este tipo de proyectos.

Tabla 2-4. Coste personal

CANTIDAD	DETALLE	TIEMPO (HORAS)	COSTO (DÓLARES/HORA)	TOTAL DÓLARES
1	Ingeniería de Diseño	500	5	2500,00
1	Ingeniería Mecánica	100	5	500,00
1	Movilización	-	-	200,00
TOTAL				3200,00

Realizado por: Almeida Luis, 2021

Por otro lado, en la Tabla 3-4, se indica la utilización de los diferentes softwares CAD/CAE en el desarrollo de la tesis, tomando en cuenta el precio de las licencias, cuyo valor fue obtenido de las páginas oficiales de los softwares.

Tabla 3-4. Coste del Software

CANTIDAD	DETALLE	VALOR LICENCIA (DÓLARES/AÑO)	TOTAL DÓLARES
1	Microsoft Office (Word, Excel)	150	150
1	SolidWorks	6000	6000
1	MSC Adams	2000	2000
TOTAL			8150,00

Realizado por: Almeida Luis, 2021

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con la adquisición de las licencias de los softwares manejados en el presente proyecto para el uso educativo, al igual que la impresora 3D, por lo tanto, no se tomará en cuenta este valor para el coste total.

Para finalizar, en Tabla 4-4, se muestra el costo total de la ejecución del proyecto.

Tabla 4-4. Coste total de ejecución

CONCEPTO	TOTAL, DÓLARES
Material disponible	1800
Personal	3200
Licencia de Software	-

TOTAL	3800
--------------	------

Realizado por: Almeida Luis, 2021

La propuesta de la realización de una base de datos de prototipos de prótesis de mano, nace de la necesidad de las personas con algún tipo de malformación o amputación de sus manos, además que, al pasar los años, las extremidades crecen y se necesita cambiar las prótesis. En nuestro país se desconoce de proyectos similares a este, por lo tanto, no se puede hacer una comparación del costo, pero el coste total de ejecución del proyecto es de 3800 dólares, que es un valor muy aceptable para el propósito del proyecto.

4.1.4 Impresión 3D de un prototipo

Por otro lado, se realizó la impresión 3D de un prototipo de prótesis para el sexo masculino de edad 11 años, donde se pudo apreciar la estética, y movimiento de las falanges de forma manual.

4.1.4.1 Componentes y dimensiones

La dimensión seleccionada de la base de datos es para un niño de 11 años de edad de la mano derecha. A continuación, se puede observar en la Figura 5-4, los componentes principales del prototipo.

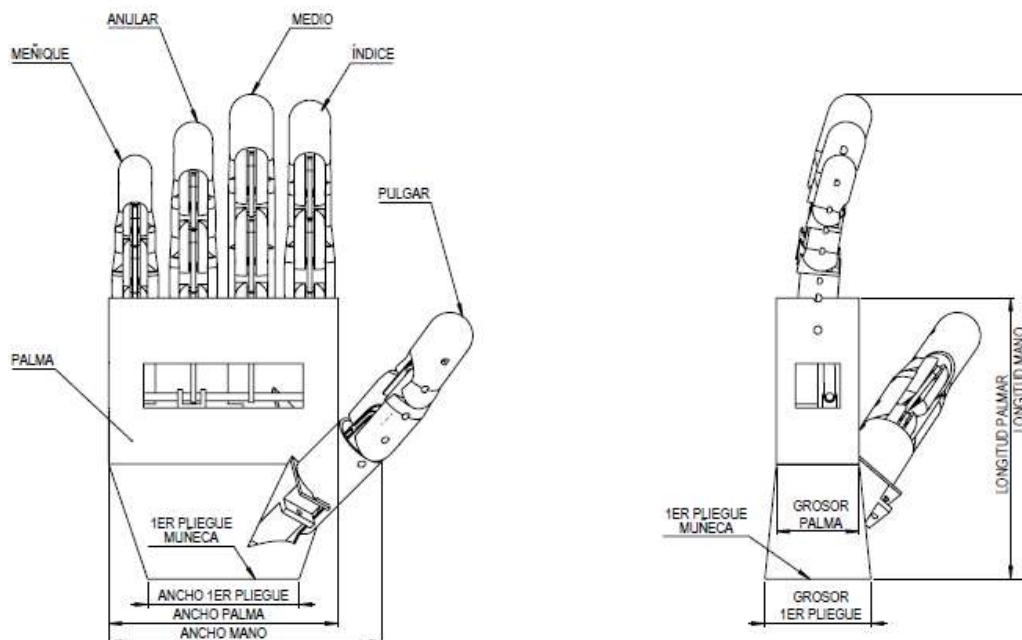


Figura 5-4. Componentes principales del prototipo

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 6-4, se observa los componentes secundarios del prototipo.

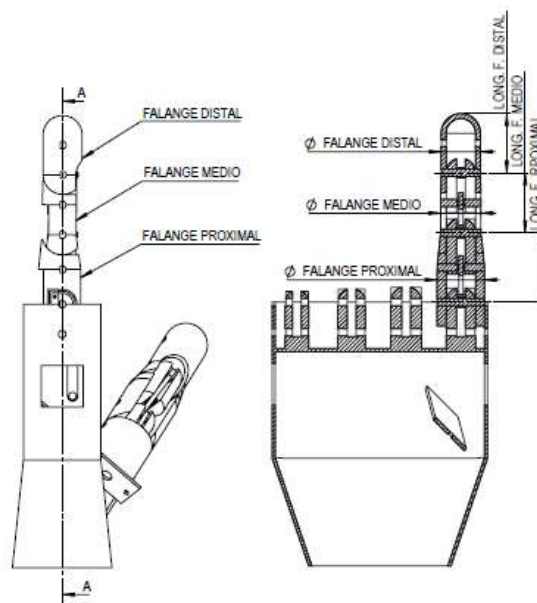


Figura 6-4. Componentes secundarios del prototipo
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Para facilitar el ensamblado de las partes del prototipo se debe realizar el despiece de las piezas en el software, con esto se puede identificar el nombre de cada elemento y su ubicación. Esto se puede ver en la Figura 7-4.

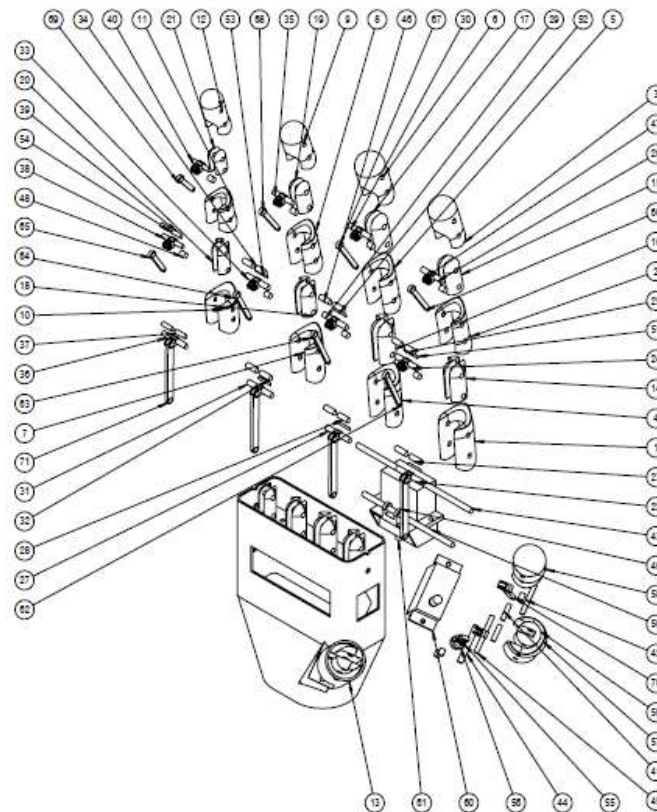


Figura 7-4. Despiece de los componentes del prototipo
Realizado por: Almeida Luis, 2021

Además, es necesario realizar un listado con los detalles de las partes, como son su nombre y el número de piezas que se debe imprimir para el ensamblaje, esto se identifica en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4. Detalle de los componentes del prototipo.

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	DI FALANGE PROXIMAL	1	37	PIN 1 DMEÑ FALANGE MEDIO	1
2	DI FALANGE MEDIO	1	38	PIN 2 DMEÑ FALANGE MEDIO	1
3	DI FALANGE DISTAL	1	39	PIN 1 DMEÑ FALANGE DISTAL	1
4	DM FALANGE PROXIMAL	1	40	PIN 2 DMEÑ FALANGE DISTAL	1
5	DM FALANGE MEDIO	1	41	PIN 1 DP FALANGE DISTAL	1
6	DM FALANGE DISTAL	1	42	PIN 2 DP FALANGE DISTAL	1
7	DA FALANGE PROXIMAL	1	43	PIN 1 BASE PALMA	1
8	DA FALANGE MEDIO	1	44	PIN 2 BASE PALMA	1
9	DA FALANGE DISTAL	1	45	PIN 1 DP FALANGE PROXIMAL	1
10	DMEÑ FALANGE PROXIMA	1	46	PIN 1 DM FALANGE DISTAL	1
11	DMEÑ FALANGE MEDIO	1	47	ESLABÓN 1	14
12	DMEÑ FALANGE DISTAL	1	48	PIN	15
13	BASE PALMA	1	49	BASE PALANCA	1
14	BASE DI FALANGE MEDIO	1	50	EJE PALANCA	1
15	BASE DI FALANGE DISTAL	1	51	MICRO PIN DI	3
16	BASE DM FALANGE MEDIO	1	52	MICRO PIN DM	2
17	BASE DM FALANGE DISTAL	1	53	MICRO PIN DA	2
18	BASE DA FALANGE MEDIO	1	54	MICRO PIN DMEÑ	2
19	BASE DA FALANGE DISTAL	1	55	PALANCA DP	1
20	BASE DMEÑ FALANGE MEDIO	1	56	TUERCA DP	1
21	BASE DMEÑ FALANGE DISTAL	1	57	DP FALANGE PROXIMAL	1
22	PIN 1 DI FALANGE PROXIMAL	1	58	DP FALANGE DISTAL	1
23	PIN 1 DI FALANGE MEDIO	1	59	BASE DP FALANGE DISTAL	1
24	PIN 2 DI FALANGE MEDIO	1	60	MICRO SERVO SAVOX	2
25	PIN 1 DI FALANGE DISTAL	1	61	TORNILLO	2
26	PIN 2 DI FALANGE DISTAL	1	62	ESLABON 00 DI	1

27	PIN 1 DM FALANGE PROXIMAL	1	63	ESLABON 00 DM	1
28	PIN 2 DM FALANGE MEDIO	1	64	ESLABON 00 DA	1
29	PIN 2 DM FALANGE MEDIO	1	65	ESLABON 00 DMEÑ	1
30	PIN 2 DM FALANGE DISTAL	1	66	ESLABON 01 DI	1
31	PIN 1 DA FALANGE PROXIMAL	1	67	ESLABON 01 DM	1
32	PIN 1 DA FALANGE MEDIO	1	68	ESLABON 01 DA	1
33	PIN 2 DA FALANGE MEDIO	1	69	ESLABON 01 DMEÑ	1
34	PIN 1 DA FALANGE DISTAL	1	70	ESLABON 00 DP	1
35	PIN 2 DA FALANGE DISTAL	1	71	ESLABON 00 PALMA	4
36	PIN 1 DMEÑ FALANGE PROXIMAL	1			

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Tabla 6-4, se observa las dimensiones de las partes principales del prototipo que se va a imprimir en 3D.

Tabla 6-4. Dimensiones de las partes principales del prototipo.

EDAD	DEDO PULGAR					DEDO ÍNDICE								DEDO MEDIO							
	LONG. FALANGE PROXIMAL	LONG. FALANGE DISTAL	DIÁM. FALANGE PROXIMAL	DIÁM. FALANGE DISTAL	ESLABON 00	LONG. FALANGE PROXIMAL	LONG. FALANGE MEDIO	LONG. FALANGE DISTAL	DIÁM. FALANGE PROXIMAL	DIÁM. FALANGE MEDIO	DIÁM. FALANGE DISTAL	ESLABON 00	ESLABON 01	LONG. FALANGE PROXIMAL	LONG. FALANGE MEDIO	LONG. FALANGE DISTAL	DIÁM. FALANGE PROXIMAL	DIÁM. FALANGE MEDIO	DIÁM. FALANGE DISTAL	ESLABON 00	ESLABON 01
11	22.79	24.55	19.19	15.76	21.06	19.25	16.74	19.90	17.25	14.50	13.81	17.44	15.25	20.07	19.09	20.44	16.53	15.67	14.18	18.18	17.31

EDAD	DEDO ANULAR						DEDO MEÑIQUE						DIMENSIONES VARIAS									
	LONG. FALANGE	LONG. FALANGE	LONG. FALANGE	DIÁM. FALANGE	DIÁM. FALANGE	DIÁM. FALANGE	ESLABON 00	ESLABON 01	LONG. FALANGE	LONG. FALANGE	LONG. FALANGE	DIÁM. FALANGE	DIÁM. FALANGE	DIÁM. FALANGE	ESLABON 00	ESLABON 01	ANCHO MANO	LONGITUD PALMA	ANCHO PALMA	GROSOR PALMA	GROSOR MUÑECA	ANCHO MUÑECA
11	19.18	17.06	21.48	16.10	14.61	13.03	17.41	15.61	14.75	14.83	19.40	15.43	12.88	11.41	13.60	13.72	87.98	88.32	74.49	26.56	35.12	50.84

Realizado por: Almeida Luis, 2021

4.1.4.2 Ensamblaje

En la Figura 8-4, se indica el resultado final del ensamblaje del sistema de soporte del prototipo, donde se utilizó elementos metálicos como alambre galvanizado para la sujeción de las partes, los que cumplen la función de eslabones opines de sujeción.

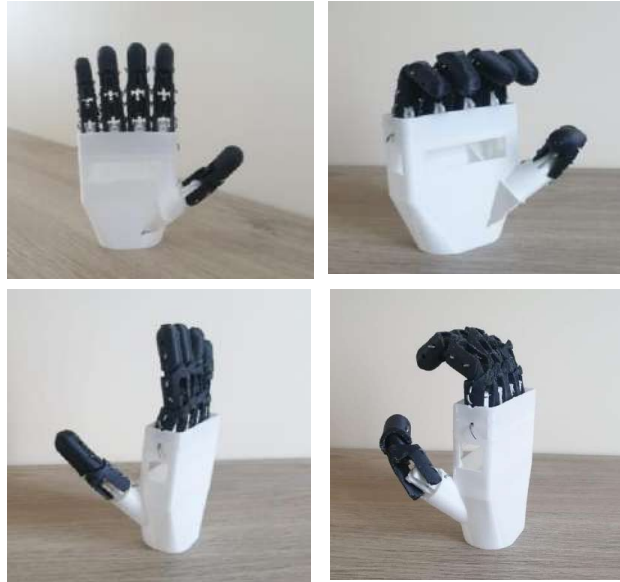


Figura 8-4. Ensamblaje del sistema de soporte
Realizado por: Almeida Luis, 2021

4.1.5 Desempeño del agarre cilíndrico de objetos.

Para determinar si el prototipo de prótesis de mano desarrollado cumple con el objetivo del agarre cilíndrico, se realizó un estudio estadístico basado en el agarre de un objeto cilíndrico de 50mm de diámetro, 105mm de altura y 0.02Kg. Donde se ubica diferentes pesos, y se observa en qué punto el agarre del objeto es efectivo o fallido. Los pesos son un grupo de monedas de 5ctvs de dólar, cuyo peso por unidad es 5g; agrupando 10 monedas de 5ctvs tenemos una masa de 50g equivalente a 0.05Kg. En la Figura 9-4, se observa el objeto cilíndrico y las masas utilizadas para las pruebas.



Figura 9-4. Objeto cilíndrico y masas de prueba
Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Tabla 7-4, se indica la agrupación de objetos y las masas de prueba.

Tabla 7-4. Objeto y masas de pruebas.

Objetos	Masas de prueba
1.- Objeto cilíndrico vacío	0.02Kg
2.- Objeto cilíndrico + 1 grupo de monedas	0.07Kg
3.- Objeto cilíndrico + 2 grupo de monedas	0.12Kg
4.- Objeto cilíndrico + 3 grupo de monedas	0.17Kg
5.- Objeto cilíndrico + 4 grupo de monedas	0.22Kg
6.- Objeto cilíndrico + 5 grupo de monedas	0.27Kg

Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se realizó 10 pruebas de agarre cilíndrico con cada una de las masas de prueba, empezando con el objeto cilíndrico vacío de 0.02Kg, hasta 0.27Kg. En la Figura 10-4, se indica un ejemplo de prueba de agarre cilíndrico.



Figura 10-4. Pruebas de agarre cilíndrico

Realizado por: Almeida Luis, 2021

Se realizó 60 pruebas, con estos datos se determinó el promedio de agarres efectivos y fallidos, la varianza y la desviación estándar, que servirá para la comprobación de la funcionalidad del prototipo, obteniendo los resultados de la Tabla 8-4.

Tabla 8-4. Resultados de pruebas de agarre de diferentes masas.

Masa (Kg)	0.02	0.07	0.12	0.17	0.22	0.27	Total	Promedio	Varianza	Desviación estándar
Agarres efectivos	9	8	8	7	7	3	42	7.00	22.00	4.69
Agarres fallidos	1	2	2	3	3	7	18	3.00	31.00	5.56
Total	10	10	10	10	10	10	60			

Realizado por: Almeida Luis, 2021

En la Figura 11-4, se muestra los resultados tabulados en un gráfico de barras, de los resultados obtenidos de las pruebas de agarre cilíndrico con diferentes masas, observando, que con la masa de 0.02Kg, el agarre efectivo es de 9 veces, mientras que va aumentando la masa el agarre efectivo va disminuyendo, como en el caso de 0.27 Kg, el agarre efectivo es de 3 veces.

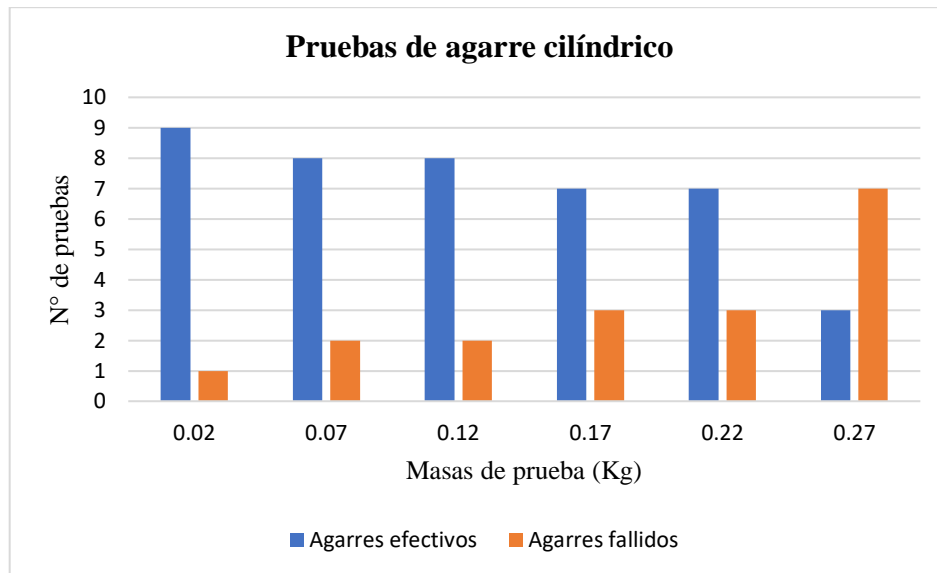


Figura 11-4. Resultados de pruebas de agarre cilíndrico
 Realizado por: Almeida Luis, 2021

Cabe recalcar que según el análisis en software Cad, el prototipo puede soportar hasta 0.25Kg de peso, pero para observar el comportamiento del prototipo se utilizó hasta una masa de 0.27Kg.

4.1.6 Validación de hipótesis.

Con los datos obtenidos en la sección 4.1.5, se desarrollará la validación de la siguiente hipótesis: El promedio de agarre cilíndrico positivo debe ser mayor a 8 pruebas efectivas para que el prototipo sea funcional.

El método para comprobar la hipótesis, es la aplicación de Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa, con el siguiente proceso:

En primer lugar, se debe determinar la hipótesis alternativa (H_1) y la Hipótesis Nula (H_0). Luego se debe especificar la significación. Posteriormente se debe calcular los valores críticos y de prueba, definiendo las zonas de aceptación y rechazo de la hipótesis nula (H_0). Por último, se debe tomar la decisión y determinar la conclusión de la hipótesis.

1.- Hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1).

H_0 : La probabilidad de que el promedio agarres efectivos sea $u = 8$.

H_1 : La probabilidad de que el promedio agarres efectivos sea $u > 8$.

2.- Valor de significación: $\alpha=5\%$, es decir una confianza del 95%

3.- Valores críticos y de prueba.

Valores críticos (Z_c).

Si la muestra $n \geq 30$ se trabaja con Z_c .

La muestra es $n = 70$ agarres cilíndricos.

$Z_c = -1.64$ según las Tablas Z.

El valor de prueba (Z_p), se determina con la Ecuación (2).

$$Z_p = \frac{\bar{X} - u}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

Ecuación (2)

Promedio de agarres cilíndricos efectivos de la muestra, es de $\bar{X} = 6.29$.

La desviación estándar de la muestra es $\sigma = 6.59$.

$$Z_p = \frac{7 - 8}{\frac{4.69}{\sqrt{60}}}$$

$$Z_p = -1.65$$

Si $Z_p < Z_c$ se rechaza la H_0

Si $Z_p > Z_c$ se acepta la H_0

Se obtuvo que $Z_p = -1.65$ y $Z_c = -1.46$

4.- Decisión y conclusión

Decisión: Se rechaza la H_0 debido a que Z_p es menor a Z_c

Conclusión: Se puede afirmar la H_1 , indicando que se tiene un alto grado de afectividad en el agarre cilíndrico con masas hasta de 0.22Kg.

Con esta validación de hipótesis, se puede determinar que el análisis en software con el desempeño del prototipo de forma manual se valida, con este resultado se establece que los 24 prototipos de prótesis son funcionales ya que el proceso de diseño es el mismo en todos los casos.

Por lo tanto, la hipótesis general que es: el diseño mecánico de prótesis escalables de mano para niños permite la generación de una base de datos, se ha validado. Cabe recalcar que el propósito del proyecto de titulación es establecer los 24 diseños en Software Cad, y la parte de la manufactura con impresión 3D, es un complemento al trabajo.

4.1.7 Guía de ensamble

En el ANEXO E, se adjunta una guía de ensamble, donde se indica la forma de armar el prototipo, con la conexión de las partes como, base de la palma, ejes, falanges, pines, pasadores, uniones.

4.2 Discusión

A continuación, se analizará los resultados finales del proyecto con el propósito inicial de la investigación, para valorar así la justificación del aporte del proyecto.

Los prototipos de prótesis de mano para niños de 6 a 12 años de edad, diseñados mecánicamente en software Cad, si permitió generar una base de datos. Esto se logró seleccionando un modelo de soporte específico, posteriormente seleccionando el mecanismo para el movimiento de los dedos, donde se emuló la flexión y extensión de los dedos; mediante la flexión se generó el tipo de agarre cilíndrico, que es un movimiento básico para el desenvolvimiento diario de los niños y niñas.

El diseño de la investigación será de tipo cuasi experimental, ya que se realizará el diseño mediante software para comprobar la hipótesis y para una posterior implementación completa del prototipo de prótesis, en tesis de grado, postgrado o proyectos en el GIEBI. El método utilizado Stage Gate para el desarrollo de la investigación consiste en gestionar las diferentes etapas que sigue un proceso de desarrollo de un producto. Se utilizó para identificar la fase de descubrimiento, donde la idea de la generación diseños de prótesis de mano escalable para niños de 6 a 12 años de edad, surgió de la necesidad de crear una base de datos, para investigaciones en el grupo GIEBI. Luego en la fase de alcance identificó que se podría comercializar los diseños, como proyecto futuro, presentando un servicio de calidad, puntualidad y eficiencia. En la fase de desarrollo se realiza el prototipo de la investigación que se verifica con la simulación mediante software especializado. Para la fase de pruebas y validación se la desarrolla mediante software CAD y con la ayuda de profesionales en este campo, el GIEBI de la Espoch. En la fase de caso de negocio se debe conocer los costos de la implementación, esta etapa se la puede considerar cuando la investigación esté terminada por completo. Por último, en la fase de lanzamiento, para

trabajos futuros, la investigación o estudio total se la puede lanzar o promocionar a nivel local y posteriormente a nivel internacional.

Por otro lado, en cuanto a la utilidad de los prototipos, se realizó una verificación de funcionalidad del prototipo base, utilizando el software CAD-CAE. Además, con la impresión de un prototipo se observó la funcionabilidad del movimiento de las falanges de forma manual, se identificó la correcta apariencia, que se asemeja a una mano humana. Sin embargo, la utilidad de toda la base de datos será muy importante para la realización de proyectos futuros donde se implemente el sistema de control de movimiento.

4.3 Propuesta

En esta sección se muestra un análisis del posible desarrollo de prototipos adicionales escalables, para ampliar la base de datos. Por otro lado, la generación de otros tipos de agarre de los dedos. Además de la integración de la parte electrónica y de control del prototipo.

El mecanismo utilizado para la transmisión de movimiento fue diseñado para la ejecución del agarre tipo cilíndrico, que consiste en la flexión de los cinco dedos al mismo tiempo, sin embargo, se podría crear otro tipo de agarre a partir del mecanismo implementado, lo cual sería factible para la aplicación y uso en varias tareas cotidianas.

Debido a que en el presente proyecto se trabajó en el diseño mecánico de las prótesis en software CAD/CAE, se debe desarrollar la integración de la parte electrónica y de control para complementar el sistema. Debido a que la selección de los actuadores fueron MircoServoMotores, se puede implementar un sistema de control con tarjetas controladoras, de código abierto como Arduino, las cuales son de fácil acceso y adquisición en el mercado local.

Se plantea continuar con el diseño de más prototipos para ampliar la base de datos, con esto cubrir la demanda de los usuarios.

CONCLUSIONES

- Se realizó un estudio del estado del arte de trabajos enfocados a prototipos de prótesis de mano, que permitió el desarrollo correcto del proyecto. Se utilizó el movimiento de flexión y extensión para lograr el tipo de agarre cilíndrico de los prototipos. La adquisición de los promedios de las dimensiones de las partes principales de manos de niños y niñas de 6 a 12 años de edad, se realizó en una Unidad Educativa.
- Para el modelado del sistema de soporte base, se utilizó un diseño antropomórfico preestablecido semejante a la mano humana, el mecanismo de transmisión de movimiento utilizado fue de dedo antropomórfico, que está integrado por dos mecanismos cruzados de cuatro barras acoplados entre ellos. Se ensambló el prototipo de prótesis base en el software SolidWorks.
- Se realizó el análisis cinemático y dinámico en el software Msc Adams, ya que trabaja en base al principio de dinámica multicuerpo, obteniendo como resultado la comprobación del movimiento de las falanges, la selección correcta del mecanismo de transmisión y la selección de los actuadores. Para activar el mecanismo de transmisión de movimiento se utilizó dos micro servomotores, uno para los dedos índice, medio, anular y meñique, y el segundo para el dedo pulgar.
- Con las medidas obtenidas de las dimensiones de las partes de las manos, se generó un promedio de medición, con lo que se creó el escalamiento de 24 prótesis, utilizando el software Solidworks. El material seleccionado para la impresión 3D del sistema de soporte de un prototipo fue PLA, con una estructura de relleno Tri hexagonal para la impresión, se imprimió y ensambló el sistema de soporte de un prototipo para niño de 11 años de edad, donde se evidenció el funcionamiento correcto del diseño antropomórfico.
- La hipótesis establecida fue validada, ya que se diseñó mecánicamente 24 prototipos de prótesis de mano escalable para niños de 6 a 12 años utilizando Software CAD, lo que permitió la generación de una base de datos.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación, para dar solución a la problemática de la falta de acceso a prótesis en el país.
- Identificar materiales más resistentes en la construcción de la prótesis, y en los actuadores mecánicos para ampliar sus aplicaciones.
- Aumentar los tipos de agarre de la mano, para ampliar las aplicaciones en las que pueden ser utilizados los prototipos.
- Implementar el sistema de control, desarrollando una interfaz capaz de aprovechar los movimientos musculares para ejecutar movimientos más complejos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ampudia Castro, M. (17 de Febrero de 2015). PLA. Material, interés y consejos de impresión. Recuperado el 22 de Enero de 2020, de <http://www.dima3d.com/pla-material-interes-y-consejos-de-impresion-3/>
- Artecolorvisual. (2018). Filamento PLA. Argentina. Obtenido de <https://artecolorvisual.com/producto/filamento-pla-silhouette/>
- Ayats Soler, M. (Abril de 2017). Diseño de una prótesis de mano adaptable para niños. Recuperado el 01 de Febrero de 2020
- Binvignat, O., Almagia, A., & Olave, E. (02 de 03 de 2012). Aspectos Biométricos de la Mano de Individuos Chilenos. *Scielo*, 8. Recuperado el 10 de enero de 2020, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-95022012000200040&lng=es&nrm=iso
- Cartagena, L. (18 de marzo de 2019). Software CAD para profesionales. Recuperado el 13 de marzo de 2020, de <https://www.3dnatives.com/es/mejores-sofware-cad-programa-180320192/#!>
- CONADIS. (02 de abril de 2019). Estadísticas de Discapacidad. Quito, Pichincha, Ecuador. Recuperado el 02 de junio de 2019, de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Dautel, G., & Barbary, S. (2010). Técnicas quirúrgicas ortopedia y traumatología - Malformaciones congénitas de los dedos largos de la mano. Recuperado el 12 de julio de 2019
- Desenfunda. (28 de Octubre de 2018). Descubre todas las ventajas del titanio. Recuperado el 15 de Enero de 2020, de <https://www.desenfunda.com/blog/todas-las-ventajas-del-titanio/>
- EIS. (2018). PLA. Recuperado el 23 de Enero de 2020, de <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>
- Escobar Guachamba, M. Á., Gavilanes Carrión, J. J., & Freire Quintanilla, M. H. (06 de 02 de 2020). Evaluación de la capacidad de absorción de energía de impacto y dureza en

probetas impresas en 3D de PLA y ABS con estructura cúbica y tri hexagonal. 17. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Recuperado el 20 de junio de 2020

Fernandez, P. (01 de octubre de 2017). *NEURO-APRENDIZAJE: La Relación entre el Cerebro y el Aprendizaje*. Recuperado el 10 de abril de 2019, de <http://hoy.com.do/neuro-aprendizaje-la-relacion-entre-el-cerebro-y-el-aprendizaje/>

Fillauer. (2019). *Pediatric Solutions*. Recuperado el 15 de noviembre de 2019, de https://fillauer.com/products/?fwp_filter_one=pediatrics

Gómez, F. (Abril de 2013). *Grabcad*. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de <https://grabcad.com/library/protesis-de-mano>

Guacho Rivera, D. D. (diciembre de 2018). IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS CON CONTROL MUSCULAR PARA MEJORA DEL MOVIMIENTO Y AGARRE DE OBJETOS, APLICADA A PERSONAS CON MUÑÓN O MALFORMACIÓN EN LOS DEDOS DE LA MANO. 98. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Recuperado el 02 de marzo de 2019

Kitsdefibra. (2020). Fibra de Carbono/Kevlar. Recuperado el 22 de Enero de 2020, de <http://www.kitsdefibra.com/fibra-de-carbono-kevlar.html>

KraussMaffei. (25 de Julio de 2013). Celda de producción para componentes con refuerzo de fibra de carbono. Recuperado el 21 de Enero de 2020, de Celda de producción para componentes con refuerzo de fibra de carbono

Levsinson. (2020). Descripciones y aplicaciones Nylamid. México. Recuperado el 23 de Enero de 2020, de <https://www.aceroslevinson.com/plasticos/nylamid/>

Loaiza Bernal, J. L. (2012). DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE MANO BIOINSPIRADA CON CINCO GRADOS DE LIBERTAD. 187. Bogotá, Colombia. Recuperado el 10 de marzo de 2019

López Morillo, M. J. (2018). *DISEÑO DE PRÓTESIS DE MANO SERVOACTUADA Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPO CON TÉCNICAS DE IMPRESIÓN 3D*. Mendoza, Argentina. Recuperado el 02 de marzo de 2019

- MECASINC. (2018). <https://www.mecanizadossinc.com/aluminio-aleaciones-se-mecanizan/>. Recuperado el 20 de Febrero de 2020, de <https://www.mecanizadossinc.com/aluminio-aleaciones-se-mecanizan/>
- Medina Torres, L. (2018). IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE MANO USANDO EL MÉTODO BCI NO INVASIVO A TRAVÉS DE ESTÍMULOS ENDÓGENOS. Riobamba, Chimborazo, Riobamba. Recuperado el 20 de Febrero de 2020
- Motion, M. (2019). *Micro Actuador Lineal Micro Pen 12V 20N 20mm de Morai Motion*. Recuperado el 25 de febrero de 2020, de <https://www.robotshop.com/us/es/micro-actuador-lineal-micro-pen-12v-100n-60mm-morai-motion.html>
- Mscsoftware. (2019). Adams Student Edition. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <https://www.mscsoftware.com/page/adams-student-edition>
- OMS. (noviembre de 2017). 10 datos sobre la discapacidad. Recuperado el 28 de junio de 2019, de <https://www.who.int/features/factfiles/disability/es/>
- Ottobock. (2014). Prótesis de mano Michelangelo. España. Obtenido de <https://www.ottobock.es/protesica/miembro-superior/sistemas-de-brazo-y-mano/axon-bus-con-mano-michelangelo/>
- Ottobockus. (2019). *Electrohand 2000 for children*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2019, de <https://www.ottobockus.com/prosthetics/upper-limb-prosthetics/solution-overview/electrohand-2000-for-children/>
- PCE-IBERICA. (s.f.). *PCE-Instrument*. Recuperado el 24 de enero de 2020, de <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores/calibres-digitales.htm>
- Portilla Flores, E., Piña Quintero, R., Avilés Sánchez, O., Niño Suárez, P., & Molina Vilchis, M. (31 de agosto de 2010). Diseño del mecanismo actuador de un dedo robot. México, México, México. Recuperado el 23 de febrero de 2020
- Quinayas Burgos, C. (2010). Diseño Y Construcción De Una Prótesis Robotica De Mano. Popayan, Colombia. Recuperado el 10 de julio de 2019

- Rodríguez, L. (20 de Octubre de 2019). *Materiales de Laboratorio*. Recuperado el 25 de Enero de 2020, de <https://materialeslaboratorio.com/calibrador-digital/>
- Rojas Garbanzo, M. (2014). *MANUAL DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS*. Costa Rica. Recuperado el 23 de Enero de 2020, de <https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/8632/MANUAL%20ANTROPOMETRIA.pdf>
- Rouviere, H., & Delmas, A. (2005). *Anatomía humana descriptiva, topográfica y funcional*. Elsevier. Recuperado el 11 de julio de 2019
- Serpa. (2014). Aeromodelismo. Recuperado el Febrero de 2020, de <https://aeromodelisoserpa.es/savox/14095-savox-digital-servo-sc-0253mg.html>
- Solidworks. (2019). Descubra nuestras soluciones SOLIDWORKS. Recuperado el 10 de julio de 2019, de https://discover.solidworks.com/es/solidworks-products?mktid=8113&gclid=CjwKCAjwnMTqBRAzEiwAEF3ndvexHsqPeytE0KcxMiGuskQ5qQQIHW89U5Wz99h19jWVVM_RRi0LNhoCtW8QAvD_BwE
- Sospedra Griñó, B. (2015). *Diseño mecánico de prótesis de mano multidedo antropomórfica infractuada*. Castellón, España. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019
- Tierra Llanga, A. M. (2017). DESARROLLO DE UNA PRÓTESIS MIOELÉCTRICA DE BRAZO DE BAJO COSTO, PARA UN NIÑO DE UN AÑO DE EDAD CON EL DEFECTO CONGÉNITO DE BRIDA AMNIÓTICA. 118. Riobamba, Ecuador. Recuperado el 20 de marzo de 2019
- VICEPRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. (2011). Desarrollo de prótesis. Recuperado el 28 de junio de 2019, de <https://www.vicepresidencia.gob.ec/el-programa-manuela-espejo-incrementa-seguros-y-entrega-ortesis-y-protesis-a-personas-con-discapacidad/>
- XABES. (2019). UN PADRE DEJA SU TRABAJO PARA FABRICARLE UNA PRÓTESIS A SU HIJO. Obtenido de <http://xabes.com/2017/04/10/ambionics-la-protesis-para-chicos/>

ANEXOS

ANEXO A. Datos de medición de partes de la mano

DIÁMETRO de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MEÑIQUE en MUJERES expresado en mm.																														
			DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE				DEDO MEDIO				DEDO ANULAR				DEDO MEÑIQUE											
			FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL	
EDADES	#NIÑOS	EDAD(AÑOS Y MESES)	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.
> 6 < 8	1	6	14.57	15.73	10.88	13.19	11.23	14.03	11.17	9.60	6.04	10.82	13.91	14.55	14.28	9.81	9.98	9.30	13.28	9.74	9.30	12.45	9.98	8.19	8.02	10.96	10.56	9.06	9.02	8.33
	2	6	14.78	13.36	11.99	11.29	15.58	12.21	8.19	12.97	10.13	7.60	15.40	14.41	12.58	10.45	9.49	8.50	13.51	11.45	11.06	9.71	9.32	7.70	9.50	11.30	9.65	10.11	9.53	6.87
	3	6	15.48	13.05	10.18	13.44	13.02	11.54	11.90	11.45	10.96	8.27	11.36	14.73	8.06	14.79	8.90	8.67	14.01	12.21	7.75	9.50	9.56	10.80	12.99	12.13	10.51	9.61	9.04	9.19
	4	6	14.76	15.90	10.28	9.43	14.89	15.57	12.54	12.03	7.64	8.36	13.92	13.20	9.28	14.78	10.37	9.18	9.85	11.66	7.10	9.98	10.46	7.92	8.62	10.33	11.24	7.97	6.36	6.18
	5	6	13.87	15.95	12.14	13.64	13.28	13.09	11.55	9.89	10.09	7.25	14.53	10.58	14.05	10.50	8.64	10.25	10.14	14.94	10.11	8.52	7.57	9.20	13.89	11.77	11.43	7.37	6.85	8.61
	6	6	14.43	15.16	12.96	12.19	15.70	13.56	7.26	11.11	10.83	10.32	14.25	13.76	11.62	13.16	9.20	10.46	9.47	11.53	9.82	10.54	7.67	9.28	9.10	12.00	7.75	8.19	7.53	7.72
	7	6	14.96	15.55	11.83	13.41	13.84	12.99	10.11	12.78	9.19	10.65	10.38	10.20	11.32	13.30	9.26	9.27	10.74	12.62	8.26	12.12	7.72	11.29	11.99	9.58	10.93	10.75	7.06	8.72
	8	6	14.83	15.48	10.72	9.58	13.89	13.40	10.89	13.52	8.15	8.52	10.27	15.13	11.98	14.34	10.99	7.30	11.02	10.95	7.62	8.81	11.04	9.99	9.05	12.03	7.40	7.92	9.16	9.64
	9	6	15.85	14.77	9.30	11.71	13.31	14.56	7.50	7.53	6.82	7.50	13.12	12.17	12.57	10.15	10.63	8.43	10.26	10.12	12.39	9.15	8.34	11.97	12.78	9.37	8.05	9.93	7.30	9.01
	10	6	13.52	13.16	9.71	11.31	12.89	13.96	9.19	12.47	7.04	8.72	10.99	10.54	13.48	12.09	7.55	7.45	14.51	13.97	11.74	9.94	11.78	10.20	13.13	10.32	7.69	11.65	8.51	9.88
	11	6	14.06	13.23	12.67	10.86	13.16	14.60	13.82	10.99	6.35	10.74	10.28	14.94	14.17	14.61	10.60	10.47	12.57	11.05	11.71	10.54	11.20	7.35	9.43	12.33	9.94	9.57	8.01	6.18
	12	6	15.45	14.64	10.76	10.32	13.64	14.58	11.23	12.88	7.34	9.65	10.88	15.35	9.58	11.25	8.25	8.64	14.54	13.26	11.30	10.69	10.51	8.28	8.27	10.96	11.07	10.52	8.15	9.74
	13	6	13.44	14.44	13.31	11.07	15.67	12.83	9.26	11.33	9.96	7.96	10.76	13.70	10.89	11.26	7.85	10.14	13.16	14.31	7.83	9.91	10.05	9.43	13.97	9.93	9.39	11.69	8.22	6.11
	14	6	14.41	13.74	10.65	12.39	13.37	14.99	10.63	7.00	10.55	7.04	14.97	10.65	10.10	14.38	7.18	8.82	14.12	11.61	7.22	7.61	11.48	10.05	11.87	12.49	9.89	9.05	9.44	6.89
	15	6	13.49	15.11	11.82	11.67	14.16	14.31	10.97	8.90	7.84	7.56	10.01	12.38	9.65	10.16	9.95	9.84	12.90	10.85	9.23	7.24	8.81	7.22	8.74	10.77	10.19	11.50	6.12	7.00
		PROMEDIO	14.53	14.62	11.28	11.70	13.84	13.75	10.41	10.96	8.60	8.73	12.34	13.09	11.57	12.34	9.26	9.11	12.27	12.02	9.50	9.78	9.70	9.26	10.76	11.08	9.71	9.66	8.02	8.00
	16	7	17.03	17.33	14.33	15.54	17.02	17.49	14.57	13.84	10.81	11.33	17.61	17.39	15.08	14.08	12.58	12.57	17.39	16.06	14.17	13.56	11.65	11.68	14.40	14.11	12.37	11.84	10.64	10.29
	17	7	16.60	15.57	14.53	15.15	16.26	15.14	12.78	13.01	11.08	11.00	15.70	15.66	13.43	13.67	12.08	12.13	14.88	15.90	12.32	12.85	12.07	11.40	13.60	14.03	12.19	12.13	10.96	10.57
	18	7	14.96	14.17	12.94	14.62	16.27	15.05	13.17	13.21	11.35	11.59	15.88	14.55	14.16	13.56	11.93	11.53	14.19	14.10	12.58	12.36	11.71	10.99	13.63	12.42	11.00	10.83	9.92	8.97
	19	7	14.75	14.71	14.17	12.74	15.29	14.54	12.57	12.27	11.01	10.46	14.51	14.07	12.57	12.18	11.42	11.92	12.70	13.69	11.93	11.15	10.91	10.88	11.33	12.54	10.31	10.64	9.85	9.41
	20	7	14.79	15.11	9.68	12.64	11.21	13.89	13.52	10.04	9.32	7.75	16.04	10.00	15.80	8.52	11.64	10.79	16.35	11.71	13.57	11.48	11.33	8.80	9.14	10.12	12.32	10.76	10.00	6.68
	21	7	14.62	15.57	14.36	13.81	11.74	15.90	13.12	9.94	8.16	8.18	11.80	16.94	8.77	9.64	10.10	11.32	15.15	11.50	9.45	12.27	7.90	9.75	9.02	9.75	7.16	11.77	6.35	7.79
	22	7	15.45	15.19	10.61	14.81	14.21	16.65	14.28	12.47	10.52	10.16	11.12	16.65	9.13	12.43	12.14	7.82	16.89	13.98	8.24	13.32	12.49	10.78	13.91	13.68	12.73	7.64	9.33	10.82
	23	7	14.99	16.38	9.46	13.22	14.26	16.39	12.38	7.04	9.69	10.40	10.07	11.57	13.72	13.33	9.77	7.75	17.46	12.29	12.87	9.73	8.06	9.03	14.58	10.44	8.92	11.93	8.80	7.22
	24	7	15.67	15.57	11.86	12.61	16.66	12.05	8.05	13.83	9.98	6.60	11.59	10.95	10.12	10.60	12.84	7.95	13.63	16.56	10.06	14.52	8.34	9.83	13.08	12.65	10.93	9.32	10.94	10.15
	25	7	15.49	14.65	14.86	9.00	14.45	13.05	13.42	11.83	6.48	9.82	15.45	13.66	13.62	10.56	8.68	12.12	16.89	15.09	11.36	8.82	12.56	10.16	10.00	14.33	9.07	8.33	7.74	7.85
	26	7	16.93	16.51	11.23	12.49	12.99	14.43	9.43	9.84	8.97	8.07	16.55	11.90	11.60	11.64	10.02	9.92	15.44	12.33	7.63	13.37	11.69	7.65	9.64	10.07	8.37	10.22	6.65	6.26
	27	7	14.17	16.69	14.86	14.77	13.93	12.46	11.90	12.11	8.28	8.37	13.76	12.19	9.84	15.10	12.84	8.05	10.22	13.41	10.81	12.37	12.84	10.51	13.98	10.32	7.08	10.14	9.76	9.33
	28	7	16.94	16.02	11.55	9.86	13.63	13.40	10.88	14.17	7.82	9.93	16.47	15.03	15.79	9.08	9.28	8.73	10.61	12.28	12.13	9.50	11.22	7.17	9.53	11.10	11.96	9.79	9.49	9.36
	29	7	15.34	14.94	9.11	12.50	14.90	15.15	14.48	13.99	8.57	8.30	12.97	10.76	13.81	10.27	9.62	12.53	11.65	11.77	8.24	14.67	7.41	12.38	9.95	10.87	7.82	9.10	6.39	6.86

6	10	16.45	16.49	15.19	11.29	14.28	14.60	12.72	12.44	10.36	12.43	15.45	13.25	14.32	14.98	12.97	12.81	13.18	14.93	10.41	12.59	10.93	11.12	11.02	12.52	11.45	10.82	10.15	11.29	
7	10	16.39	16.24	13.02	11.53	16.22	12.92	14.73	12.38	10.68	12.06	16.75	16.93	16.03	13.66	12.60	12.68	15.43	12.94	10.50	11.45	11.69	10.72	14.75	12.42	10.05	11.28	10.43	10.67	
8	10	16.32	16.83	14.27	13.71	15.55	13.16	15.95	14.82	11.60	10.16	12.95	16.80	16.91	12.43	12.46	12.89	12.87	16.00	11.89	12.94	10.11	10.48	10.41	12.74	10.05	11.08	10.60	10.59	
9	10	16.33	16.96	13.14	14.27	15.46	15.33	10.90	11.93	13.92	11.27	15.01	12.28	14.34	16.57	12.86	12.27	15.39	16.28	10.55	12.90	10.68	10.66	11.63	11.10	10.23	8.12	10.56	11.72	
10	10	16.61	16.78	13.41	13.58	12.35	13.84	13.99	12.62	12.86	10.48	15.75	16.82	16.51	12.29	12.19	12.09	12.32	11.18	11.40	10.30	12.61	12.81	12.89	10.76	11.02	8.92	11.94	10.51	
11	10	16.45	16.21	13.54	12.26	13.01	14.55	13.14	11.70	10.56	13.69	13.76	12.85	15.59	13.82	12.94	12.86	16.05	15.77	12.11	10.32	12.58	10.56	11.30	13.86	9.12	8.47	11.89	11.04	
12	10	16.89	16.08	11.60	15.95	14.02	14.99	14.39	14.59	13.65	14.37	16.65	12.72	12.95	12.90	12.80	12.22	17.08	14.03	13.58	12.49	11.64	10.17	13.29	11.53	11.86	9.49	11.95	10.64	
13	10	16.94	16.21	13.90	12.69	14.36	15.24	11.67	10.72	12.57	12.81	12.24	14.27	13.50	16.68	12.48	12.89	14.09	17.94	12.25	12.79	11.06	10.21	13.84	12.04	8.89	9.63	10.00	11.80	
14	10	16.54	16.46	11.29	15.44	13.35	13.59	13.27	14.78	11.29	14.70	16.28	14.71	16.94	16.96	12.23	12.16	12.13	14.23	10.04	11.94	13.00	11.54	13.78	14.13	9.43	8.52	11.79	11.75	
15	10	17.00	16.01	12.38	12.36	13.60	15.27	13.23	15.81	14.47	11.57	12.70	12.57	12.87	12.33	12.46	12.90	10.92	11.24	14.52	11.01	12.61	10.26	12.94	12.52	9.96	9.66	10.06	11.41	
		PROMEDIO	16.37	16.23	13.22	13.18	14.58	14.28	13.26	13.12	12.36	12.20	14.75	14.31	14.63	13.95	12.46	12.42	14.00	14.29	11.75	11.95	11.61	11.07	12.42	12.42	10.09	9.69	10.51	10.73
16	11	17.58	18.11	13.74	13.09	16.24	15.17	14.33	14.48	11.26	12.62	16.47	12.67	13.98	14.26	12.45	14.37	15.41	13.93	12.91	13.51	11.62	13.52	13.78	15.59	11.22	13.66	10.56	11.62	
17	11	19.07	17.31	16.60	13.14	18.46	15.02	14.55	14.13	12.45	13.14	18.30	12.09	16.03	15.77	14.31	13.86	16.81	15.81	14.25	13.32	12.99	11.88	15.63	15.53	13.24	11.78	11.72	9.83	
18	11	18.06	17.88	15.35	13.11	17.22	17.30	14.33	14.19	12.28	13.17	16.32	15.70	13.83	13.78	13.30	14.00	16.12	13.99	13.52	14.72	11.98	13.97	13.95	15.88	11.97	13.34	9.94	9.63	
19	11	17.76	18.69	16.71	13.47	15.42	14.49	12.49	13.33	12.79	14.09	16.08	12.56	14.15	15.16	13.35	13.38	15.81	16.30	13.86	13.13	11.19	12.45	13.91	15.53	13.10	13.23	9.34	10.48	
20	11	18.50	19.50	12.33	13.77	15.59	17.73	13.12	13.98	13.58	13.28	13.90	15.76	14.85	15.54	13.90	13.00	12.90	15.07	13.31	14.79	11.47	12.90	14.42	15.23	11.34	13.79	11.51	11.43	
21	11	18.86	17.48	16.13	16.96	16.49	16.11	13.43	13.55	12.05	13.03	12.10	15.90	13.15	14.54	13.69	13.31	12.41	12.37	14.26	13.75	11.82	12.20	14.28	13.29	12.50	13.22	10.12	9.44	
22	11	18.06	18.42	13.77	13.55	14.97	15.25	12.22	12.96	12.56	12.22	16.67	15.10	14.86	15.00	13.36	14.21	17.14	16.51	14.78	13.45	13.43	12.68	15.02	15.39	12.23	13.42	10.35	11.03	
23	11	17.16	18.88	14.50	16.59	14.66	17.03	14.56	12.59	12.24	14.74	15.05	13.65	13.93	13.49	14.02	13.81	17.60	14.67	14.05	14.37	12.61	11.01	14.52	14.69	13.13	11.38	11.74	11.39	
24	11	17.04	19.76	13.61	16.05	17.74	14.19	13.88	12.89	14.26	13.77	12.56	14.87	14.26	16.00	14.54	14.35	12.78	12.39	13.53	14.13	11.64	12.27	14.09	15.67	13.82	13.79	11.68	10.95	
25	11	17.07	18.76	14.48	15.41	16.86	16.98	13.25	14.28	12.00	14.84	12.50	16.84	16.21	13.27	13.47	14.04	14.26	17.56	14.21	14.97	12.89	11.48	14.16	14.43	12.24	11.31	10.05	9.47	
26	11	18.76	17.64	15.48	14.22	16.84	15.47	12.03	14.04	13.22	12.48	12.89	16.63	15.42	16.13	14.73	14.11	17.90	15.67	13.97	13.66	11.95	11.39	14.52	15.78	12.57	12.69	9.84	11.97	
27	11	17.64	18.45	12.22	14.54	14.51	14.58	12.41	14.59	13.87	14.80	12.36	16.29	16.14	14.21	14.12	13.37	12.87	15.28	13.74	13.66	12.95	11.98	13.42	15.17	11.54	12.29	11.31	9.47	
28	12	18.74	19.87	14.61	14.92	16.77	17.21	14.08	12.15	12.64	14.97	14.21	12.00	16.14	13.88	13.32	13.99	16.61	15.19	13.70	13.96	12.73	12.13	13.14	14.75	13.48	12.78	10.21	9.88	
29	12	19.50	17.93	14.57	14.56	14.30	16.16	14.47	12.02	13.11	13.97	14.40	12.39	14.02	13.99	14.72	14.50	15.70	15.10	14.13	14.69	13.43	11.65	15.19	15.07	13.50	12.26	9.27	9.67	
30	12	18.27	17.87	14.94	16.47	14.20	14.45	14.57	13.60	13.16	12.61	16.00	14.81	15.08	13.89	14.43	14.44	12.15	14.13	14.87	14.17	11.47	13.31	13.56	14.79	13.06	13.57	9.44	11.30	
		PROMEDIO	18.29	16.52	14.63	15.34	15.91	14.70	13.55	13.14	13.17	14.12	14.57	14.64	14.70	14.22	13.88	14.51	15.01	14.44	13.98	13.15	12.30	13.28	14.68	13.86	12.72	11.65	10.49	10.50

DIÁMETRO de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MEÑIQUE en HOMBRES expresado en mm.																														
EDADES	#NIÑOS	EDAD	DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE				DEDO MEDIO				DEDO ANULAR				DEDO MEÑIQUE											
			FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL							
			MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.		
> 6 < 8	1	6	15.00	15.53	9.02	10.09	12.99	15.65	7.52	13.69	8.66	8.89	12.08	13.32	11.47	8.62	10.16	10.23	13.62	11.17	12.30	12.23	7.30	9.82	13.27	10.29	7.56	11.43	9.55	8.84
	2	6	14.57	13.44	11.89	12.50	12.37	12.91	13.58	10.53	7.23	9.12	12.78	12.59	13.37	13.26	10.35	8.32	13.98	14.03	12.42	12.99	7.94	11.51	11.37	9.11	8.27	9.16	8.92	6.23

16	11	19.07	18.44	15.99	15.76	18.55	15.39	16.24	13.44	14.09	13.48	18.09	12.29	16.10	15.04	14.05	13.54	17.38	17.69	15.01	14.31	13.77	13.19	17.43	13.98	14.06	11.58	13.68	11.45
17	11	20.51	18.00	17.48	12.88	18.90	15.18	15.53	14.78	12.97	14.98	18.84	14.13	15.82	16.99	14.53	14.85	18.56	15.79	14.57	13.62	14.19	12.52	16.64	13.38	13.18	13.36	12.39	10.95
18	11	16.93	18.58	14.65	14.86	12.90	14.69	14.74	13.08	13.18	13.91	18.93	12.98	15.98	15.27	14.27	13.97	17.30	13.16	14.27	13.90	13.45	13.16	14.24	13.18	12.25	12.25	11.19	9.79
19	11	18.77	18.42	14.89	16.72	17.32	14.72	15.07	12.15	12.89	12.46	15.95	12.14	14.96	16.21	13.59	13.39	15.56	14.59	14.16	14.56	12.52	13.23	14.93	13.99	12.71	11.17	10.73	10.71
20	11	19.88	18.35	16.74	14.99	15.36	17.90	12.15	14.30	12.64	13.97	12.12	16.26	15.53	15.02	13.26	13.19	15.57	13.86	14.36	13.69	13.57	13.52	14.55	14.16	11.61	13.31	10.46	9.83
21	11	19.49	18.94	16.10	12.29	14.27	14.28	13.02	14.76	13.31	14.34	14.12	13.29	13.98	16.10	13.79	13.23	12.14	15.71	14.40	13.85	11.03	12.16	15.15	14.81	12.78	11.76	9.38	10.56
22	11	17.55	19.43	16.33	12.58	16.93	15.42	14.62	13.96	12.78	13.28	16.18	12.24	15.22	16.46	13.59	14.78	17.08	15.25	13.86	13.31	12.03	12.94	15.30	15.79	11.90	13.61	10.49	10.05
23	11	18.88	18.28	12.98	16.66	14.21	15.14	14.17	12.25	14.71	13.66	14.04	14.37	13.60	16.56	13.49	14.35	14.44	16.58	14.28	14.53	12.43	13.73	15.58	14.22	12.61	11.17	11.21	11.47
24	11	18.85	17.08	13.80	15.85	17.92	16.92	12.49	13.81	14.39	13.03	15.06	14.21	14.03	13.33	14.73	13.02	15.19	17.25	13.11	14.35	11.62	13.87	16.00	15.75	13.94	11.17	11.47	9.55
25	11	18.32	19.68	16.02	12.15	17.22	17.80	12.16	13.02	14.05	13.03	13.65	14.96	13.33	13.33	13.74	13.21	14.59	16.00	14.45	13.52	13.92	12.01	13.23	15.08	11.83	14.00	9.80	11.93
26	11	19.00	18.04	15.90	12.51	14.94	16.87	14.01	12.18	12.05	14.31	13.16	15.67	16.28	14.90	13.07	14.58	13.14	16.57	14.50	13.79	12.14	11.77	13.68	15.53	11.13	13.27	10.99	10.26
27	11	19.79	19.04	12.29	14.28	17.93	17.15	12.42	14.43	13.90	13.42	16.61	15.72	16.42	16.77	14.47	13.57	14.24	14.72	14.95	13.50	11.15	11.19	14.86	15.42	11.50	12.61	11.55	9.64
28	12	21.61	19.32	17.92	16.40	22.45	14.84	18.40	12.54	14.51	14.39	21.54	16.88	18.48	15.60	16.30	13.18	20.40	16.63	16.33	13.98	15.25	14.00	17.40	13.59	14.95	13.18	12.89	9.51
29	12	18.26	19.14	17.44	16.78	17.79	17.87	14.66	12.07	17.54	14.64	17.78	16.60	16.34	15.73	15.01	13.96	16.62	14.92	14.91	13.06	13.62	13.65	14.94	14.76	13.42	13.40	12.25	11.96
30	12	20.88	18.11	17.84	12.28	22.01	14.67	17.75	14.28	14.15	13.90	21.94	13.85	19.01	15.74	14.85	14.34	19.34	12.53	15.92	13.03	14.83	13.49	17.50	14.36	15.37	12.37	12.64	11.06
PROMEDIO		19.19	18.59	15.76	14.47	17.25	15.92	14.50	13.40	13.81	13.79	16.53	14.37	15.67	15.54	14.18	13.81	16.10	15.42	14.61	13.80	13.03	12.96	15.43	14.53	12.88	12.55	11.41	10.58

Longitudes de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MENIQUE en MUJERES expresado en mm.																													
EADAES	#NIÑOS	EDAD	DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE				DEDO MEDIO				DEDO ANULAR				DEDO MENIQUE										
			FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL						
			MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	
1	6	20.54	20.34	25.88	20.93	22.30	22.37	16.03	16.71	17.75	17.71	20.79	18.18	19.47	19.71	18.06	20.45	22.08	17.92	16.84	15.08	18.81	16.41	11.31	15.47	9.59	9.04	15.09	17.91
2	6	17.60	18.77	22.46	21.34	22.74	14.16	17.57	16.87	17.03	15.88	19.26	20.71	17.57	16.91	19.07	20.07	20.59	22.38	17.58	16.46	17.90	17.32	12.76	14.65	11.21	11.05	16.26	17.44
3	6	18.26	17.11	18.46	15.60	15.72	15.47	16.08	17.01	17.66	15.25	21.60	17.95	16.74	17.67	15.47	16.69	21.82	22.87	18.37	16.10	17.12	17.38	12.86	11.75	9.13	13.33	15.88	17.20
4	6	19.88	14.28	22.44	18.99	16.64	15.16	16.60	16.69	17.25	16.40	19.75	20.85	18.41	20.06	19.06	17.86	17.92	16.10	16.82	16.02	15.27	15.12	14.75	11.24	11.29	12.91	16.90	15.95
5	6	14.45	16.70	13.37	13.31	15.09	17.45	17.00	16.67	15.81	15.76	16.90	21.35	17.80	19.63	20.68	20.54	17.15	23.52	17.50	16.36	18.46	17.24	11.25	15.74	10.52	10.84	14.64	16.14
6	6	17.16	16.42	20.48	19.95	21.77	15.83	17.32	16.25	15.24	16.62	22.74	21.52	20.98	16.59	19.53	18.14	20.97	15.97	17.79	17.71	17.19	16.86	15.28	11.71	10.96	11.48	16.08	17.87
7	6	13.29	15.31	20.80	23.06	21.80	14.10	15.17	17.69	16.68	16.43	19.88	21.18	20.17	17.47	15.69	19.59	16.78	22.03	17.34	16.07	18.32	17.61	11.40	13.51	12.12	11.12	16.44	18.68
8	6	13.14	18.68	22.32	15.17	18.83	18.13	15.61	17.48	14.13	17.71	18.70	22.47	17.00	16.63	18.16	18.40	16.61	17.60	17.28	16.72	17.27	17.20	14.53	11.64	10.36	10.89	18.77	15.43
9	6	15.47	18.27	24.54	17.75	23.45	17.35	15.92	15.17	18.00	14.69	17.64	19.19	16.89	16.25	18.88	20.26	23.00	17.03	18.37	17.81	15.77	18.56	12.53	14.34	12.63	13.96	14.31	16.32
10	6	16.72	16.41	25.25	13.79	21.18	24.76	15.70	16.11	14.64	14.31	20.95	17.22	16.66	19.44	16.39	16.37	19.16	20.35	18.77	17.03	15.57	15.82	11.19	14.89	11.32	11.90	16.11	14.88

	11	6	17.07	16.75	17.51	23.36	19.26	23.04	17.18	16.43	17.56	15.53	16.38	16.99	19.93	18.39	15.38	20.47	18.92	19.52	17.18	15.19	16.29	16.25	14.40	13.89	12.36	9.55	18.82	15.54
	12	6	16.61	20.20	17.40	17.49	18.06	21.90	16.98	17.81	15.50	15.78	19.98	16.76	20.41	19.20	15.97	18.30	22.78	19.80	17.13	18.29	18.70	18.44	14.44	11.05	9.60	10.40	17.22	16.54
	13	6	17.95	18.79	17.96	17.80	24.70	22.72	17.79	16.66	15.22	17.70	16.11	18.65	17.27	18.60	16.33	17.20	20.57	19.37	17.04	17.33	17.49	18.53	12.71	13.11	10.07	13.54	14.80	16.29
	14	6	16.85	14.59	21.05	18.19	14.05	17.75	15.75	16.71	14.56	14.28	21.89	18.41	18.90	18.52	16.07	17.04	23.91	16.67	16.12	15.93	18.11	18.95	15.01	11.38	10.15	9.12	17.33	14.85
	15	6	13.71	19.06	22.49	15.30	24.70	22.86	16.90	17.52	14.92	17.61	18.47	18.98	17.71	20.76	19.39	15.17	17.20	19.60	16.90	17.76	18.05	16.01	12.54	13.54	13.70	11.72	15.44	14.95
	PROMEDIO		16.58	17.45	20.83	18.14	20.02	18.87	16.51	16.79	16.13	16.11	19.40	19.36	18.39	17.61	18.44	19.96	19.38	17.40	16.66	17.35	17.18	13.13	13.19	11.00	11.39	16.27	16.40	
	16	7	13.44	16.35	19.38	22.72	14.50	13.94	17.97	17.61	17.54	15.70	20.95	18.33	20.20	17.12	18.23	15.98	20.67	23.48	15.36	17.33	17.83	16.34	13.15	15.18	11.16	12.68	17.01	14.67
	17	7	20.35	20.72	25.76	24.46	16.09	18.84	15.46	14.90	18.01	18.96	18.94	17.74	17.6	19.02	21.3	20.98	17.27	17.05	16.94	17.28	20.08	20.42	14.99	12.17	11.3	11.64	18.42	18.73
	18	7	15.77	20.30	24.15	26.82	15.65	22.68	16.52	18.37	16.75	17.81	16.96	17.81	15.95	16.33	18.21	17.68	15.54	14.20	13.75	14.11	19.37	17.44	12.83	11.50	7.56	8.39	15.70	14.30
	19	7	20.12	18.74	23.20	20.34	25.52	23.05	15.86	17.13	14.13	15.24	27.04	23.95	20.15	18.40	15.97	16.37	24.65	25.15	18.87	17.47	16.60	16.57	18.73	15.03	13.05	13.02	15.39	14.52
	20	7	17.83	19.18	21.25	21.17	23.50	23.93	17.76	16.47	17.23	15.14	26.03	24.94	18.28	20.42	17.73	17.67	22.14	19.94	20.26	18.63	16.15	18.25	15.35	16.01	14.40	13.62	14.99	14.90
	21	7	17.21	17.58	18.42	18.18	14.98	13.62	15.55	15.31	15.62	14.41	18.71	22.74	18.71	19.47	18.80	16.31	18.72	22.14	15.18	16.24	16.10	15.14	11.93	11.84	10.13	13.33	16.82	18.63
	22	7	16.25	17.80	20.99	21.90	23.63	24.42	16.79	16.45	16.87	15.38	21.09	22.13	20.49	20.38	19.60	20.73	17.00	18.98	18.33	15.13	17.92	15.04	11.57	15.06	10.34	13.81	18.18	18.77
	23	7	18.38	17.27	25.76	16.16	24.85	21.15	17.16	17.43	15.46	15.39	16.64	22.79	17.97	17.81	16.86	19.98	20.34	16.02	17.71	16.55	18.16	17.58	11.28	14.92	13.24	13.42	16.63	14.49
	24	7	17.98	18.86	20.31	25.01	19.86	18.63	16.68	15.30	17.27	17.94	22.81	21.93	19.26	19.66	15.50	16.47	16.96	21.02	15.82	16.09	19.00	15.70	12.71	13.17	13.68	10.41	16.90	16.52
	25	7	16.53	17.80	15.31	23.85	17.30	15.23	16.32	17.65	14.07	17.65	19.11	20.09	16.72	19.76	18.31	17.36	19.02	19.15	18.45	17.10	16.49	16.29	12.57	14.34	11.66	12.51	14.36	17.01
	26	7	18.25	19.84	21.95	18.88	16.28	13.14	15.73	17.03	17.22	17.35	21.24	16.90	17.35	16.88	20.02	16.49	18.69	22.56	15.39	16.67	15.45	17.01	14.33	15.90	13.06	11.11	17.27	16.23
	27	7	15.32	13.69	20.09	13.83	13.36	18.19	16.29	15.25	16.02	16.52	20.09	18.94	18.53	20.49	16.88	19.40	15.38	21.66	17.06	15.31	17.97	16.50	13.01	15.68	10.38	13.25	18.65	17.74
	28	7	13.46	20.43	21.12	17.55	19.86	16.99	16.94	15.63	17.09	15.76	20.60	19.99	16.95	18.06	15.67	19.81	18.19	23.68	17.60	17.37	18.39	16.94	15.54	12.77	12.86	9.97	18.14	17.51
	29	7	17.26	15.91	21.68	16.29	19.42	14.61	15.49	15.18	16.66	17.39	16.10	19.65	16.29	17.96	18.06	18.26	20.68	21.42	15.88	16.40	16.86	15.66	12.38	13.11	10.29	9.98	14.10	18.33
	30	7	18.33	20.79	16.64	17.31	16.11	17.65	16.23	17.23	15.73	14.74	19.11	22.45	20.45	20.61	16.69	18.91	15.67	21.26	16.18	16.62	17.98	16.93	12.21	12.06	11.43	9.21	15.85	17.08
	PROMEDIO		17.10	18.35	21.07	20.30	18.73	18.40	16.45	16.46	16.38	16.36	20.36	20.69	18.33	18.82	17.86	18.16	18.73	20.51	16.85	16.55	17.62	16.79	13.51	13.92	11.64	11.76	16.56	16.63
> 8 < 10	1	8	17.51	17.96	21.36	21.06	17.78	16.89	14.06	14.02	17.87	19.08	18.98	17.59	17.81	17.09	21.24	20.06	17.91	16.09	16.45	15.58	18.79	19.94	13.24	13.65	10.54	10.63	17.05	17.16
	2	8	16.24	18.27	20.76	16.50	15.70	20.15	15.97	14.43	17.41	18.77	18.86	17.60	19.99	17.55	20.39	18.01	17.86	16.15	15.22	15.07	18.10	15.63	12.21	11.31	10.81	10.49	15.02	16.12
	3	8	18.85	19.99	19.70	19.09	15.17	16.45	15.96	15.05	19.08	19.16	19.74	17.54	17.94	18.82	19.30	20.79	16.22	16.03	16.70	16.73	16.09	15.07	11.35	11.47	10.57	10.38	16.17	16.48
	4	8	16.44	19.70	18.09	19.25	15.11	17.22	15.29	14.85	17.10	17.51	18.94	19.62	20.35	20.21	20.40	20.21	15.52	16.80	16.37	16.68	17.34	15.65	11.22	11.47	9.42	10.55	16.42	15.61
	5	8	17.45	17.19	20.78	17.08	17.96	18.50	14.54	14.31	18.65	19.12	17.67	18.30	17.51	19.06	20.64	18.53	15.22	16.52	15.75	15.83	17.32	17.56	12.53	12.45	10.30	9.85	16.89	17.24
	6	8	18.16	19.01	19.17	21.51	20.88	19.26	14.36	15.56	17.90	18.46	18.32	17.08	19.51	19.03	20.97	20.51	15.38	15.85	16.18	16.35	16.78	18.73	12.62	12.29	11.18	9.20	17.21	16.73
	7	8	16.10	16.36	17.55	19.66	15.60	17.01	14.86	15.46	17.45	17.53	18.15	17.16	18.83	18.59	18.88	18.30	15.47	17.31	16.97	16.84	15.24	15.67	12.26	12.47	9.90	11.02	15.32	15.56
	8	8	17.52	20.92	16.91	16.87	18.43	17.25	15.32	14.88	18.87	18.73	17.38	17.48	19.39	19.93	19.74	19.74	15.22	16.20	16.91	15.66	17.65	18.23	12.96	12.79	10.31	10.37	17.49	16.17
	9	8	19.39	17.44	20.76	20.11	15.15	17.24	14.14	14.50	17.14	17.88	17.88	19.07	18.38	20.23	20.78	20.01	17.74	17.83	16.37	15.07	16.04	18.47	11.49	11.06	10.47	11.55	15.74	17.39
	10	8	20.96	18.33	19.57	21.07	15.83	16.10	15.08	14.52	18.23	18.64	18.70	18.84	17.49	18.00	19.40	20.90	17.69	15.04	15.58	16.02	18.67	16.82	11.02	12.41	11.00	11.17	17.39	17.14
	11	8	16.06	16.66	16.02	19.81	20.64	19.31	14.16	14.28	17.24	19.76	17.34	20.00	19.04	18.21	18.96	20.38	15.43	15.22	16.60	15.14	17.28	15.86	12.19	11.05	9.70	11.50	17.95	17.98

	12	8	17.98	20.32	17.09	18.60	20.84	20.78	15.52	15.39	18.09	17.58	18.71	18.44	17.86	17.70	18.74	20.26	15.69	15.08	15.45	15.82	16.59	16.95	11.65	11.09	9.31	9.14	16.39	16.98
	13	8	19.27	20.26	19.47	19.58	16.77	19.52	15.62	14.84	19.53	17.91	18.98	18.11	19.36	18.34	20.87	20.72	16.69	17.72	16.52	16.14	17.03	15.86	12.45	12.24	10.67	11.44	15.50	15.30
	14	8	18.35	19.01	19.91	16.35	19.19	16.25	14.89	15.49	19.29	17.02	17.82	19.51	18.02	18.40	19.81	20.10	15.04	17.56	15.69	16.01	18.92	17.12	12.56	12.07	9.33	10.98	17.50	17.43
	PROMEDIO		17.88	18.67	19.08	19.04	17.50	18.00	14.98	14.83	18.13	18.37	18.39	18.31	18.68	18.65	20.01	19.89	16.22	16.39	16.20	15.92	17.27	16.97	12.13	11.99	10.25	10.59	16.57	16.66
	15	9	17.47	17.80	22.85	19.93	15.19	16.35	14.56	14.13	18.55	17.16	18.11	17.73	16.49	16.62	18.83	19.41	16.93	13.82	16.40	16.54	18.64	18.45	12.59	10.33	11.66	10.93	16.16	16.40
	16	9	19.46	18.06	24.57	20.69	16.23	16.00	15.21	14.45	18.62	19.23	19.10	18.27	17.32	17.64	19.13	18.17	16.52	13.90	16.16	16.57	18.37	18.36	12.97	12.14	9.59	10.52	17.14	17.00
	17	9	22.40	20.09	24.14	22.93	17.32	26.90	20.98	21.36	18.86	17.83	19.52	17.68	23.68	22.32	19.79	18.65	17.99	19.96	15.57	17.15	16.16	19.23	11.37	13.73	10.70	9.36	16.11	17.61
	18	9	19.12	21.34	26.80	23.93	26.45	24.36	21.57	21.48	18.62	18.98	26.23	19.96	24.32	19.60	20.16	20.06	16.76	17.74	18.28	18.22	17.06	15.77	11.43	11.34	12.61	13.91	16.15	17.81
	19	9	22.81	23.92	23.07	26.21	18.74	25.43	21.90	21.30	19.82	18.30	24.88	21.34	23.83	19.97	21.32	20.06	16.57	16.71	16.50	18.20	16.86	20.12	12.85	15.13	12.66	12.76	15.94	19.95
	20	9	25.32	19.52	24.76	21.06	23.47	23.82	18.09	21.86	17.29	21.48	18.67	23.00	22.66	23.73	21.31	18.42	16.43	19.14	18.18	19.98	20.01	15.77	14.07	14.78	12.59	11.16	16.49	17.74
	21	9	22.06	22.79	22.54	18.99	18.20	21.84	17.58	18.34	19.57	19.97	23.67	19.44	22.98	20.26	18.04	18.31	18.85	17.17	15.78	18.77	20.40	17.07	13.25	11.80	10.07	11.80	18.46	16.43
	22	9	18.63	24.13	21.41	25.59	24.95	25.79	19.68	17.67	17.35	20.93	26.46	23.95	19.57	20.77	20.24	21.37	15.77	17.14	16.67	15.06	17.29	15.10	11.84	11.25	13.75	10.27	18.91	19.98
	23	9	22.51	20.33	25.71	18.04	24.35	22.53	22.48	22.38	19.60	17.61	26.80	18.73	24.79	19.81	20.01	19.43	17.37	16.55	19.27	18.72	16.74	16.23	13.63	11.70	10.82	10.25	15.07	19.06
	24	9	20.07	20.07	18.57	26.44	18.41	22.46	18.47	19.62	20.07	20.02	18.98	24.10	20.96	20.03	21.55	20.01	18.89	17.04	17.51	15.89	16.94	18.01	11.39	15.68	13.95	10.75	15.85	15.56
	25	9	18.53	18.29	22.18	26.06	25.69	26.82	17.60	20.03	20.79	21.40	21.33	24.77	18.46	18.66	21.97	19.75	18.20	19.26	19.68	17.16	20.72	18.94	14.26	11.01	9.35	13.68	17.71	17.40
	26	9	24.20	20.00	22.45	24.33	17.31	19.17	19.60	17.87	20.76	21.72	21.82	26.43	20.73	18.51	20.35	20.78	19.42	18.88	18.93	16.32	15.80	19.30	14.34	12.87	10.15	13.71	15.04	19.03
	27	9	25.24	19.16	22.46	19.51	26.45	26.42	17.07	19.15	17.63	20.67	21.92	20.34	21.28	22.08	19.39	19.09	15.08	18.65	15.99	16.65	19.57	20.62	13.61	13.00	11.10	9.45	16.80	15.11
	28	9	19.55	17.82	24.13	17.35	23.11	20.47	17.28	18.01	18.20	18.88	27.42	24.00	23.58	19.76	19.79	19.43	18.83	17.14	19.22	16.83	19.37	19.50	12.54	15.13	10.73	10.54	18.44	15.23
	29	9	19.58	19.61	26.83	24.88	25.61	20.15	20.70	22.93	19.51	17.01	18.11	18.38	20.45	21.93	19.90	20.77	18.38	18.11	18.71	16.66	15.63	18.61	13.74	12.00	13.52	11.67	19.55	16.37
	30	9	18.64	20.87	21.52	22.44	18.42	25.04	22.09	19.98	19.28	18.24	21.55	20.30	23.67	20.35	19.77	18.06	17.52	18.81	18.67	19.71	16.71	16.37	13.84	11.90	9.41	10.59	16.20	16.87
	PROMEDIO		20.97	20.24	23.37	22.40	21.24	22.72	19.05	19.41	19.03	19.34	22.16	21.15	21.55	20.13	20.10	19.49	17.47	17.50	17.60	17.40	17.89	17.97	12.98	12.74	11.42	11.33	16.88	17.35
> 10 <= 12	1	10	22.04	24.73	21.90	26.43	17.96	17.86	18.25	19.86	21.68	17.87	21.90	20.90	22.52	19.36	18.88	19.08	19.22	16.97	18.20	16.00	17.78	19.07	13.11	15.71	9.99	9.84	19.98	19.91
	2	10	24.56	21.48	24.03	17.10	22.01	27.18	21.48	22.09	17.15	18.73	23.10	18.19	23.83	22.61	20.07	19.97	15.12	17.19	18.94	19.24	19.88	17.79	15.61	15.26	11.50	13.92	15.04	15.04
	3	10	21.79	22.09	23.34	21.87	25.39	21.94	22.40	17.31	21.50	17.04	19.49	19.68	23.27	19.68	21.21	18.99	15.28	16.08	15.29	15.70	15.92	17.32	12.04	13.94	11.23	9.93	16.86	17.12
	4	10	19.89	23.76	24.13	21.82	22.06	24.89	22.69	22.74	18.23	20.68	20.17	26.66	19.69	23.41	21.36	21.29	15.41	18.71	18.50	19.01	17.50	20.11	12.63	14.68	13.64	13.13	16.23	19.50
	5	10	19.94	17.74	20.09	23.50	19.64	24.74	17.61	22.60	18.90	21.16	26.58	26.43	21.33	24.32	18.95	19.07	19.00	15.00	16.14	17.50	17.85	18.94	11.05	13.36	10.09	10.31	17.84	16.44
	6	10	23.89	22.42	22.67	18.67	25.14	22.28	17.85	21.67	18.11	20.06	19.68	20.56	19.82	20.42	18.25	18.82	17.63	15.12	19.21	18.98	20.80	18.84	14.47	14.57	10.46	10.40	19.64	18.28
	7	10	23.27	18.74	26.51	23.28	18.96	17.20	22.35	17.59	19.02	17.10	21.85	26.48	21.01	17.12	18.92	19.09	18.37	18.68	17.47	18.30	19.33	18.98	14.84	11.55	11.00	10.60	16.97	16.14
	8	10	24.06	25.80	25.92	17.32	22.46	25.96	20.38	21.34	17.61	19.92	24.35	20.20	20.95	22.98	18.66	21.77	18.36	18.08	18.37	17.56	15.54	15.35	13.08	13.29	10.88	10.68	19.89	18.11
	9	10	20.70	24.16	25.03	25.26	21.79	24.86	22.27	19.48	18.76	21.66	25.54	17.48	22.85	19.32	20.01	21.37	16.78	15.85	15.65	18.87	15.22	16.47	11.95	14.29	12.22	10.96	19.34	18.33
	10	10	19.25	17.93	25.79	23.88	27.85	27.87	18.01	22.82	17.12	20.76	24.16	24.06	24.72	19.52	21.22	18.69	15.50	18.39	19.26	19.23	16.46	19.85	12.44	15.34	9.32	13.49	16.69	15.99
	11	10	21.29	19.60	25.37	25.74	26.05	21.28	19.32	18.76	17.56	17.85	21.63	19.65	19.14	21.55	21.23	19.20	18.78	17.78	17.01	16.70	19.86	17.43	15.03	12.85	11.29	13.92	15.21	18.07
	12	10	21.25	25.61	20.41	23.57	27.52	17.00	17.44	21.51	20.20	17.60	27.74	19.36	17.85	18.36	20.52	18.23	17.06	19.46	15.12	19.63	17.60	16.94	14.04	11.25	11.14	12.16	16.01	17.56

13	10	24.61	17.03	18.01	18.19	26.98	17.30	19.78	20.68	18.94	20.02	20.20	22.00	21.98	18.69	19.56	20.45	19.78	19.08	19.85	16.70	15.54	17.63	12.79	15.02	11.93	10.93	15.37	18.27
14	10	24.41	25.63	18.55	23.88	25.49	24.69	22.92	21.12	17.58	19.83	26.65	23.55	23.75	20.83	19.53	18.23	19.08	19.24	17.44	16.06	15.14	16.21	12.18	13.78	9.99	13.57	15.71	17.82
15	10	19.10	19.02	26.58	17.64	19.53	22.18	18.75	22.65	18.39	17.37	23.21	25.60	22.27	24.32	20.73	21.81	19.87	16.70	16.85	16.25	15.06	18.43	15.71	12.93	9.48	11.72	19.61	17.13
PROMEDIO		22.00	21.72	23.22	21.88	23.26	22.48	20.10	20.81	18.72	19.18	23.08	22.05	21.67	20.83	19.94	19.74	17.68	17.49	17.55	17.72	17.30	17.96	13.40	13.85	10.94	11.70	17.36	17.58
16	11	24.51	28.53	26.74	25.73	31.37	35.71	22.88	22.45	20.97	20.14	33.39	34.33	26.12	28.86	21.86	21.82	28.91	25.83	25.76	21.98	13.50	18.03	22.48	19.71	13.64	13.97	16.80	17.23
17	11	18.27	20.65	24.61	22.67	17.60	19.12	13.53	13.34	17.81	17.29	21.15	18.80	14.15	13.86	18.66	17.11	15.78	15.21	12.60	13.47	18.20	16.29	10.05	10.48	7.28	7.05	14.82	15.18
18	11	25.80	26.30	19.84	26.87	21.84	21.27	19.34	18.48	23.42	22.23	25.06	25.44	21.15	18.70	24.70	23.67	19.72	21.85	19.75	21.76	24.77	24.77	16.96	16.14	14.35	14.05	20.77	21.02
19	11	23.96	20.91	23.84	21.11	21.51	17.07	18.73	18.58	18.29	20.63	25.05	17.68	19.68	19.56	18.79	19.60	15.20	17.71	16.59	17.88	16.52	20.74	14.27	15.72	11.71	10.33	17.37	17.97
20	11	20.65	20.14	27.24	28.74	26.90	17.49	17.50	17.88	20.90	17.17	26.32	21.79	20.60	21.12	18.11	21.06	17.30	18.83	16.99	15.15	16.03	15.40	12.33	13.53	12.83	9.75	17.02	19.47
21	11	19.52	19.63	23.69	19.71	20.53	22.85	22.51	17.73	18.60	19.25	24.33	18.01	22.44	22.02	21.27	21.27	16.53	17.37	17.15	15.72	18.86	15.48	14.38	13.53	9.36	11.17	15.89	15.03
22	11	23.91	24.09	26.49	17.42	20.76	21.58	20.61	22.83	21.10	21.15	19.32	26.29	21.70	18.47	19.44	18.71	19.64	16.58	16.27	18.57	16.29	20.70	14.72	11.28	11.52	10.53	15.50	19.27
23	11	20.57	18.25	20.64	18.28	23.46	26.76	17.46	19.50	17.61	18.24	21.99	26.28	22.56	23.87	18.29	19.59	17.49	18.17	17.96	16.58	17.85	20.76	16.00	11.04	9.33	11.39	15.99	15.75
24	11	18.41	22.10	22.65	27.31	17.83	25.71	17.63	22.58	21.47	21.29	20.64	21.22	21.45	17.98	19.93	19.65	17.92	15.12	16.30	17.07	15.72	19.25	11.78	11.90	11.56	9.37	16.77	16.96
25	11	17.37	17.79	26.36	23.37	17.35	21.26	22.97	18.03	19.36	20.68	26.98	27.58	22.48	23.32	19.16	18.65	17.70	17.44	19.25	15.38	18.26	17.99	15.67	12.42	13.82	13.55	19.05	17.41
26	11	19.03	25.74	17.32	27.29	24.71	18.94	18.02	21.20	17.72	20.14	17.14	18.34	21.99	17.18	21.84	21.63	19.13	19.59	19.28	17.00	15.12	20.52	15.82	13.26	13.89	13.57	19.51	16.24
27	11	22.50	18.15	25.88	18.79	17.07	27.16	22.18	21.44	19.85	17.69	21.94	17.27	22.15	22.24	18.46	18.92	15.93	18.58	19.12	15.98	18.28	16.81	12.77	12.59	13.69	12.54	15.09	17.11
28	12	23.52	21.23	27.67	26.10	17.88	22.86	17.12	18.67	19.80	21.58	23.46	25.47	19.73	21.63	21.77	21.39	20.83	18.84	19.51	18.80	21.10	16.37	17.32	11.42	13.10	11.73	19.27	19.31
29	12	25.05	19.09	27.28	20.73	16.83	24.43	15.96	22.12	21.18	19.56	22.57	20.39	20.29	17.00	21.51	19.82	19.86	19.33	19.21	15.18	21.11	19.46	16.26	12.89	11.56	13.51	20.90	16.15
30	12	18.89	22.45	28.86	25.14	14.94	24.26	15.60	18.31	20.62	17.44	19.21	23.77	18.23	23.04	21.48	21.36	18.07	16.83	19.57	15.62	20.56	20.07	12.20	12.98	14.88	12.32	20.48	17.66
PROMEDIO		21.46	21.67	24.61	23.28	20.71	23.10	18.80	19.54	19.91	19.63	23.24	22.84	20.98	20.59	20.35	20.28	18.67	18.49	18.35	17.08	18.14	18.84	14.87	13.26	12.17	11.66	17.68	17.45

Longitudes de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MEÑIQUE en HOMBRES expresado en mm.																														
			DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE				DEDO MEDIO				DEDO ANULAR				DEDO MEÑIQUE											
			FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL	
EDADES	#NIÑOS	EDAD	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.
> 6 < 8	1	6	18.97	17.96	20.53	21.94	17.91	15.28	16.88	15.00	18.71	16.28	18.58	18.35	18.35	16.27	18.33	20.72	15.18	15.99	15.42	16.04	17.50	19.92	10.27	13.96	15.84	15.87	15.19	16.72
	2	6	16.18	16.73	22.30	23.17	16.66	13.27	14.21	16.86	15.81	14.71	17.87	16.67	17.03	16.93	19.78	19.39	14.33	15.48	16.03	16.59	18.00	19.67	12.15	14.53	14.50	14.15	15.83	15.20
	3	6	19.23	16.64	23.68	20.61	15.27	15.70	15.57	14.45	17.53	16.95	17.51	18.18	18.30	18.34	18.15	16.96	14.50	15.98	15.39	16.27	18.93	17.60	12.08	12.04	11.34	14.02	15.05	17.86
	4	6	20.01	20.78	23.74	23.45	17.24	17.91	15.35	15.54	17.20	18.69	18.14	18.61	18.06	17.24	16.81	18.97	15.71	15.63	15.08	16.29	19.03	17.88	12.85	12.03	13.21	14.68	15.31	17.27
	5	6	19.03	19.85	23.92	23.40	15.75	15.96	14.61	16.04	15.51	17.64	16.41	17.08	18.66	17.33	16.30	19.88	15.75	15.38	16.01	16.37	18.78	19.46	12.98	14.76	14.17	12.52	17.25	17.75
	6	6	16.82	18.32	22.82	23.91	16.87	15.00	17.00	15.10	14.22	16.16	17.01	17.64	18.15	16.66	16.98	19.25	14.48	16.42	16.26	15.10	19.32	17.43	13.31	14.48	14.69	14.22	16.74	18.32

7	6	18.75	16.77	21.91	23.50	13.25	17.41	15.45	14.54	15.46	18.93	18.86	18.57	18.85	17.68	20.47	18.13	16.56	14.09	15.75	16.47	18.19	18.21	12.02	10.64	12.00	12.23	16.02	16.63	
8	6	19.48	17.69	21.73	22.33	13.92	17.70	15.26	14.08	14.72	18.86	17.51	17.63	16.89	18.12	18.05	16.81	14.75	14.17	16.87	16.78	18.44	19.59	14.64	10.55	13.43	13.63	18.17	18.73	
9	6	20.28	16.35	21.03	23.97	16.41	13.43	14.18	15.35	15.94	15.56	16.83	17.87	18.61	17.35	17.36	19.58	16.34	14.76	15.74	15.28	18.27	17.52	14.26	11.55	11.46	13.26	17.13	16.54	
10	6	20.94	17.93	22.41	21.24	14.34	17.96	14.70	14.41	15.41	18.95	17.04	16.59	18.91	17.14	16.40	18.74	14.35	14.57	16.14	16.64	17.22	17.84	12.66	13.31	15.60	12.99	16.24	19.00	
11	6	20.70	19.71	20.01	22.19	17.84	14.82	15.43	15.13	18.20	16.83	17.22	18.38	18.96	18.19	16.75	20.71	15.83	15.58	16.39	16.07	19.47	19.37	11.87	11.95	15.06	13.84	18.70	16.35	
12	6	19.46	19.10	22.48	20.09	13.99	16.13	14.86	14.29	17.10	18.05	16.01	18.71	17.98	18.08	17.56	20.26	15.91	14.40	15.56	16.08	17.86	18.10	13.51	10.56	11.56	14.51	17.30	17.14	
13	6	20.43	20.21	23.86	21.90	17.80	17.14	15.68	16.95	14.32	18.88	16.38	16.95	16.50	18.38	20.21	18.85	16.62	15.41	15.76	15.89	19.38	18.77	13.51	12.27	15.32	15.28	16.80	16.67	
14	6	17.36	16.03	20.36	21.65	16.41	15.77	16.31	14.60	14.86	15.15	17.34	16.74	18.01	16.86	16.12	16.57	16.96	16.41	15.78	16.06	17.52	18.99	14.63	14.42	15.91	11.82	17.50	18.44	
15	6	16.13	19.29	22.58	21.02	16.20	17.04	14.22	16.24	15.24	16.04	17.77	16.99	17.99	18.19	17.37	19.28	15.12	14.36	15.18	16.19	19.81	19.14	13.56	11.74	13.34	15.03	15.79	17.64	
	PROMEDIO	18.92	18.22	22.22	22.29	15.99	16.03	15.31	15.24	16.02	17.18	17.37	17.66	18.08	17.52	17.78	18.94	15.49	15.24	15.82	16.14	18.51	18.63	12.95	12.59	13.83	13.87	16.60	17.35	
16	7	18.08	17.90	23.77	23.50	18.56	15.00	14.82	13.71	17.17	18.42	16.71	16.79	17.65	18.26	20.03	20.31	14.64	14.44	15.07	15.83	19.11	20.33	14.50	12.50	11.17	10.87	16.52	16.47	
17	7	21.78	18.67	22.44	22.02	16.19	17.05	14.24	14.47	14.92	16.60	19.17	18.76	16.12	16.45	16.93	18.60	16.18	14.67	15.59	13.90	17.00	19.60	12.72	13.01	11.46	12.15	15.56	15.56	
18	7	21.12	20.96	23.95	22.59	13.13	14.24	16.22	15.69	19.51	19.25	19.01	16.14	17.37	18.67	20.56	19.96	15.51	15.46	17.14	15.97	20.75	20.01	13.45	10.15	15.45	13.12	18.52	18.27	
19	7	18.06	16.66	23.28	22.61	16.11	17.01	16.02	16.17	15.57	14.56	16.10	18.97	16.03	17.27	19.93	19.49	16.58	14.84	15.94	16.36	19.27	17.08	14.97	11.47	11.65	15.74	16.00	15.04	
20	7	16.28	16.92	23.95	22.98	17.29	16.98	15.12	15.17	18.88	15.47	16.52	17.18	17.24	16.24	16.58	19.78	16.29	16.73	15.82	16.58	17.99	18.92	14.86	10.26	15.17	15.40	15.15	16.70	
21	7	20.47	18.99	22.69	22.10	16.96	16.27	16.23	15.73	15.97	14.60	16.44	18.51	18.77	17.10	17.15	16.76	16.46	15.02	16.06	16.62	17.07	18.59	13.80	12.98	14.97	11.72	16.59	17.81	
22	7	16.35	20.66	23.81	20.42	15.06	14.49	14.13	16.32	16.47	18.51	17.96	17.73	17.22	18.14	20.95	17.07	15.42	16.02	15.35	16.07	17.98	19.48	14.00	13.79	14.77	12.97	18.38	16.09	
23	7	20.12	21.00	21.78	22.61	13.30	16.45	16.91	15.01	16.07	14.95	18.55	18.32	17.35	16.20	16.52	18.61	15.46	14.47	15.93	16.64	19.25	18.40	13.70	12.41	13.48	14.98	16.62	17.24	
24	7	17.78	20.97	22.19	23.55	16.78	14.58	16.51	16.22	18.46	18.22	18.77	16.36	16.96	18.11	20.46	16.89	15.94	16.14	16.13	15.65	17.10	18.38	14.45	14.19	14.85	13.67	15.67	17.18	
25	7	20.60	16.34	20.92	23.36	13.55	15.28	14.33	15.96	17.08	17.63	18.26	16.88	18.66	17.86	16.40	19.90	14.30	14.11	16.05	16.16	18.72	17.10	10.37	12.48	15.90	15.18	15.93	17.12	
26	7	19.23	16.42	21.07	20.62	14.21	16.81	16.60	14.69	14.08	16.68	18.06	16.98	17.75	16.48	19.17	20.16	16.61	15.19	16.35	15.57	17.43	19.23	12.59	14.76	14.13	11.37	15.32	15.37	
27	7	17.86	16.61	22.54	22.16	17.00	14.61	15.86	15.97	15.85	16.19	18.81	17.10	18.17	18.70	18.96	20.10	14.15	15.53	15.51	15.40	19.71	17.21	12.10	13.58	11.39	14.61	18.71	15.06	
28	7	18.80	20.30	22.66	22.79	15.84	17.71	15.49	16.15	17.34	16.76	18.75	16.02	16.18	18.00	18.49	19.59	14.07	15.62	16.49	15.76	17.57	18.70	14.32	12.74	11.61	15.28	15.84	15.26	
29	7	18.62	17.26	20.07	20.24	13.55	17.49	16.09	15.67	19.00	14.54	18.07	17.20	18.93	18.68	16.69	17.34	14.50	16.94	15.97	15.26	17.04	18.20	12.75	10.09	13.40	14.55	18.19	17.47	
30	7	20.14	20.29	23.24	20.11	18.00	15.25	15.04	16.19	17.05	16.59	17.50	17.59	17.84	17.14	19.90	16.25	15.15	14.55	15.43	16.57	18.52	19.16	13.21	14.42	12.53	12.18	15.09	17.87	
	PROMEDIO	19.02	18.66	22.56	22.11	15.70	15.95	15.57	15.54	16.89	16.60	17.91	17.37	17.48	17.55	18.58	18.72	15.42	15.32	15.92	15.89	18.30	18.69	13.45	12.59	13.46	13.59	16.54	16.57	
> 8 < 10	1	8	25.03	24.16	27.82	25.77	17.92	18.51	14.66	15.51	19.49	18.19	21.63	22.01	18.97	18.14	19.66	19.30	17.11	19.21	15.77	16.26	20.34	20.35	13.92	12.89	11.63	10.69	18.41	17.57
	2	8	19.76	18.74	24.56	21.53	17.93	17.30	14.82	12.90	19.20	18.83	19.53	18.09	16.88	17.82	20.73	21.04	15.18	15.48	15.42	17.26	19.39	19.76	13.26	13.70	11.28	10.58	19.53	17.50
	3	8	17.33	20.48	22.95	22.38	14.57	16.08	16.25	16.84	16.33	17.71	16.68	18.44	16.94	16.79	18.79	18.78	14.07	14.71	16.30	15.32	17.62	19.55	12.66	12.38	15.38	14.95	17.00	18.52
	4	8	17.21	19.17	20.50	20.54	16.17	16.07	16.23	16.18	14.26	15.70	18.68	16.34	18.41	17.56	17.45	16.84	14.75	16.20	15.95	16.14	18.92	19.43	10.49	14.63	13.42	14.12	17.67	16.03
	5	8	18.74	20.30	22.09	20.80	14.06	13.05	14.81	16.16	17.36	17.57	18.54	17.92	16.79	18.72	20.51	16.04	14.43	14.97	16.65	16.25	18.02	19.44	11.47	10.00	11.96	14.47	15.95	18.91
	6	8	17.25	17.19	21.60	21.93	14.74	16.09	16.31	15.01	14.65	14.29	16.59	17.09	16.79	18.75	16.94	16.07	14.75	15.74	16.19	16.32	18.75	19.87	11.18	13.43	14.19	13.27	15.99	15.19
	7	8	16.61	16.20	22.72	22.81	15.24	13.88	15.90	16.55	14.06	15.84	16.00	17.26	18.12	17.69	18.83	16.05	15.27	14.13	16.64	15.98	19.14	18.88	12.20	12.95	13.11	14.70	15.53	16.43

8	8	17.41	17.93	20.08	23.72	13.83	15.21	15.73	16.83	17.28	15.20	16.11	17.12	18.76	16.34	19.15	17.60	16.47	16.03	16.99	16.32	17.55	17.42	10.35	12.39	15.65	11.69	16.95	18.92	
9	8	18.43	18.95	20.85	21.81	13.60	16.44	15.17	15.43	14.60	18.91	16.28	17.97	17.94	16.48	18.03	17.32	15.47	16.24	16.42	15.88	18.33	17.83	11.99	13.60	11.18	14.21	17.51	18.36	
10	8	16.55	17.50	21.56	20.13	17.65	14.40	14.71	14.55	17.95	14.45	17.73	18.86	17.14	16.68	20.72	16.50	14.10	15.36	16.99	15.78	19.95	19.14	10.23	12.25	11.24	15.67	16.34	16.19	
11	8	17.27	19.95	22.63	23.16	17.48	15.74	15.14	14.72	14.03	17.48	18.90	17.54	17.76	17.23	16.28	17.60	16.71	15.79	16.40	16.14	19.32	18.40	11.95	14.15	13.71	11.87	16.05	18.54	
12	8	16.39	20.27	22.17	23.16	17.32	16.65	16.26	15.80	17.30	18.42	17.42	16.23	16.75	16.68	17.36	16.72	15.59	16.83	15.90	15.73	17.50	19.53	13.58	12.05	14.57	14.27	16.47	15.31	
13	8	18.12	20.51	20.75	22.09	15.61	16.82	14.39	14.19	15.47	18.62	17.84	17.80	18.37	16.04	19.70	20.91	14.92	15.75	16.66	16.36	17.71	18.32	10.16	12.92	13.15	12.82	16.12	18.59	
14	8	17.46	16.19	22.74	23.00	16.55	14.44	14.68	16.47	15.11	16.21	17.11	18.36	17.60	18.73	17.15	16.94	14.86	14.39	15.61	16.51	19.20	18.87	14.95	13.35	15.13	13.58	18.15	15.71	
		PROMEDIO	18.11	19.11	22.36	22.35	15.91	15.76	15.36	15.51	16.22	16.96	17.79	17.93	17.66	17.40	18.66	17.69	15.26	15.77	16.28	16.16	18.70	19.06	12.03	12.91	13.26	13.35	16.98	17.27
15	9	18.57	22.20	28.88	24.67	18.32	18.76	17.50	17.00	19.62	20.02	18.00	18.02	17.60	18.17	21.45	20.03	20.09	20.37	17.98	16.66	21.66	18.01	12.95	15.52	11.02	10.76	19.00	18.84	
16	9	22.25	20.53	19.87	20.51	20.00	19.60	17.43	17.48	18.96	21.04	20.18	18.62	17.51	18.84	17.81	19.24	19.02	20.46	17.21	16.17	18.14	20.85	12.78	15.91	11.58	10.31	17.66	18.02	
17	9	20.79	23.58	18.72	28.77	19.58	18.56	17.83	16.22	18.84	19.39	18.25	17.34	17.75	18.37	20.86	18.39	20.53	19.94	16.65	16.38	21.42	21.73	15.71	15.30	11.13	11.65	18.57	19.08	
18	9	19.93	24.27	19.21	22.76	18.40	18.53	17.69	15.83	19.39	18.17	19.62	18.53	19.19	17.60	18.97	20.98	20.66	20.01	16.70	17.22	22.24	18.48	13.89	12.72	10.51	10.72	19.13	18.31	
19	9	18.38	21.67	23.42	27.98	19.50	19.40	15.47	15.08	19.59	17.39	20.05	19.70	19.81	19.87	19.94	20.92	18.05	19.77	17.57	16.69	18.47	21.03	13.37	15.53	10.24	10.62	20.73	17.82	
20	9	22.55	20.49	22.80	28.46	19.16	19.41	17.86	16.05	17.04	18.82	18.20	17.12	19.60	18.73	21.60	18.70	19.65	20.42	16.99	16.34	18.33	20.50	12.32	14.30	11.24	11.36	17.63	20.83	
21	9	21.96	19.00	27.74	28.55	19.46	19.19	15.49	15.75	21.33	17.79	17.84	19.30	17.35	19.16	21.90	20.04	19.50	17.23	16.37	16.79	21.98	19.93	12.58	13.57	10.26	11.96	18.10	19.21	
22	9	24.09	24.64	27.33	21.22	18.31	18.69	15.85	17.65	19.05	21.11	19.53	18.55	17.77	19.97	19.20	17.10	18.65	20.16	17.32	17.74	23.83	21.95	12.45	13.93	11.03	11.17	20.76	18.69	
23	9	20.10	23.89	27.20	18.97	18.89	18.35	16.80	15.57	20.85	20.77	17.75	20.13	17.79	19.74	18.51	19.86	18.92	20.46	16.30	16.66	19.75	23.29	14.92	15.01	11.13	10.81	19.25	20.47	
24	9	24.81	22.17	24.11	23.80	18.93	19.10	16.86	17.37	18.91	17.57	20.14	20.84	18.18	19.09	18.86	21.78	17.57	20.75	17.82	17.13	22.69	18.96	12.30	13.73	10.67	10.10	18.95	20.29	
25	9	20.96	23.76	27.31	20.09	18.80	18.90	17.62	15.53	18.89	21.70	17.25	19.08	18.52	19.92	21.87	22.00	17.15	18.38	17.44	16.24	20.12	22.21	16.17	14.84	11.44	10.13	20.63	19.45	
26	9	18.03	24.77	24.23	25.60	19.08	18.19	15.94	15.27	20.31	17.52	20.83	17.88	17.59	19.47	18.89	21.97	18.04	17.03	16.82	16.62	18.40	22.65	16.09	16.88	10.45	11.74	19.03	19.26	
27	9	21.91	19.50	18.57	18.18	18.77	18.77	15.01	17.55	20.76	20.27	19.52	17.28	18.20	19.06	20.56	19.91	19.71	20.15	17.55	16.09	22.26	21.23	12.39	12.80	11.00	10.05	20.05	17.76	
28	9	19.44	21.65	18.19	23.03	18.37	18.74	17.75	17.49	21.79	17.36	18.83	17.58	19.56	19.72	20.88	21.07	18.15	19.29	16.48	16.64	18.21	21.89	13.69	15.13	11.60	11.94	18.94	17.83	
29	9	20.72	24.50	20.98	24.92	19.87	18.42	15.65	15.64	18.73	17.00	19.81	18.52	20.00	18.25	17.29	21.60	19.57	20.45	16.99	17.03	23.91	23.02	12.05	15.79	11.33	11.44	19.17	17.50	
30	9	23.00	22.86	21.75	24.54	19.62	19.76	17.04	15.76	19.28	18.86	17.82	19.90	17.57	19.53	18.99	21.99	19.14	20.71	16.80	16.38	21.36	22.82	13.75	12.06	11.45	11.40	20.53	20.31	
		PROMEDIO	21.09	22.47	23.14	23.88	19.07	18.90	16.74	16.33	19.58	19.05	18.98	18.65	18.37	19.09	19.85	20.35	19.03	19.72	17.06	16.67	20.80	21.16	13.59	14.56	11.01	11.01	19.26	18.98
> 10 <= 12	1	10	20.59	24.35	28.64	27.83	19.64	18.07	15.11	16.38	17.66	17.08	18.28	20.43	18.29	19.30	17.17	20.28	19.86	19.36	16.56	16.32	19.48	21.63	14.38	14.53	10.90	10.04	18.58	19.70
	2	10	18.60	23.35	19.84	19.56	18.20	18.16	15.87	17.94	19.10	21.85	20.61	19.18	18.78	18.33	17.06	18.02	20.81	18.47	16.05	17.18	21.03	18.16	13.95	12.90	10.63	11.00	19.30	18.62
	3	10	18.06	18.39	18.57	20.76	18.09	18.38	15.24	16.37	19.98	21.40	19.41	20.90	17.11	17.03	17.19	20.26	19.34	19.31	16.36	16.96	23.03	22.81	16.44	13.23	11.07	10.87	20.14	19.23
	4	10	20.27	19.85	26.64	18.98	18.95	19.62	16.88	15.21	19.48	17.60	18.77	19.22	19.95	17.48	20.89	18.10	19.81	17.54	16.59	16.15	21.39	21.17	13.31	16.92	10.34	10.53	19.51	18.62
	5	10	24.66	20.19	26.27	25.38	19.55	19.79	16.03	16.29	20.22	17.95	18.13	19.51	18.13	18.82	20.30	20.35	18.19	20.88	17.21	16.55	21.52	23.41	14.28	15.80	10.34	10.82	19.83	20.15
	6	10	24.66	22.67	20.57	19.73	18.11	18.35	17.75	15.79	19.28	19.69	17.75	17.39	18.47	17.66	18.00	19.71	18.27	19.76	16.20	17.61	21.66	18.35	16.40	16.50	10.33	11.13	18.29	18.09
	7	10	19.62	20.85	19.09	19.42	18.41	18.45	16.43	17.11	18.33	19.15	20.33	18.81	19.73	19.07	21.19	20.47	19.31	18.20	16.50	17.45	20.56	22.97	15.32	13.82	11.05	10.51	19.30	18.02
	8	10	22.24	20.92	20.12	19.82	18.54	18.19	17.64	15.39	21.09	17.56	17.50	17.57	18.09	19.95	17.64	17.38	20.91	20.15	16.02	16.45	20.20	23.21	14.12	13.95	11.84	11.63	19.68	18.53

9	10	18.70	21.11	27.37	26.70	19.33	18.68	15.26	15.55	19.08	21.93	17.52	19.00	18.34	18.35	18.46	18.78	18.92	19.05	16.99	18.00	18.73	20.64	14.86	16.11	10.18	10.07	19.09	17.66
10	10	18.25	18.67	27.19	19.00	18.14	18.25	17.64	17.49	20.92	18.51	19.19	19.09	18.70	17.32	21.53	17.58	17.24	18.89	16.60	17.30	22.43	21.95	13.68	13.20	10.59	11.96	17.74	20.58
11	10	22.91	18.75	24.94	23.21	18.60	19.43	16.71	15.93	21.05	21.86	19.43	17.32	19.12	17.18	17.01	20.99	18.95	18.20	16.88	16.29	22.26	23.56	16.74	12.26	10.52	11.03	17.85	18.00
12	10	24.33	21.43	21.46	27.11	18.48	19.19	17.09	17.00	20.36	19.14	17.92	20.23	18.47	19.35	17.69	19.10	19.56	17.19	17.78	16.00	23.09	21.18	15.38	15.12	11.53	11.47	19.12	19.59
13	10	24.29	18.76	18.72	26.18	18.30	19.17	15.21	16.26	17.55	18.97	17.37	17.24	17.20	19.10	20.48	20.35	19.67	18.27	17.07	17.49	23.30	22.42	13.03	13.13	11.84	11.83	20.77	17.27
14	10	24.91	19.90	19.93	25.93	19.38	18.75	15.76	16.54	18.87	17.04	17.13	17.80	18.99	19.80	21.97	17.24	19.80	19.35	17.51	17.73	20.67	23.58	13.04	12.90	11.37	10.01	19.43	19.92
15	10	19.50	21.58	18.83	23.19	19.06	18.63	15.46	15.04	19.13	20.37	20.45	18.47	19.93	18.21	20.18	19.93	17.00	19.98	17.61	17.30	20.15	19.10	16.36	16.88	11.66	10.44	18.57	17.32
	PROMEDIO	21.44	20.72	22.55	22.85	18.72	18.74	16.27	16.29	19.47	19.34	18.65	18.81	18.62	18.46	19.12	19.24	19.18	18.97	16.80	16.99	21.30	21.61	14.75	14.48	10.95	10.89	19.15	18.75
16	11	25.20	24.11	28.87	18.16	19.62	19.00	16.67	15.09	21.76	18.89	20.96	17.37	19.23	18.30	21.69	20.46	20.15	19.46	17.81	16.95	24.56	18.02	16.56	12.26	11.26	11.42	20.17	17.56
17	11	23.51	23.70	30.96	25.44	19.79	19.19	16.57	16.98	22.43	17.78	22.97	19.31	19.63	18.09	24.31	18.15	20.22	18.74	20.18	16.17	23.28	21.41	16.34	16.17	12.52	10.21	20.39	18.31
18	11	22.93	21.17	26.33	28.99	18.65	19.58	15.57	16.15	20.68	19.78	21.93	19.30	19.45	19.52	22.64	17.90	19.63	17.60	17.82	17.74	22.18	18.02	13.37	14.57	12.63	10.14	20.18	19.72
19	11	21.11	19.45	24.71	22.40	16.54	19.92	14.22	17.97	19.02	17.88	16.59	18.25	15.22	18.21	19.54	18.10	15.66	20.48	15.17	17.31	19.62	23.10	13.95	12.20	11.75	10.38	17.75	17.78
20	11	23.46	23.64	23.68	22.65	18.31	18.09	15.76	17.07	19.77	21.56	20.69	17.69	18.60	19.76	19.72	20.25	20.32	17.47	16.13	16.65	18.43	21.14	13.71	13.41	10.35	11.16	20.64	18.13
21	11	20.70	23.31	28.09	19.44	19.90	19.49	16.29	17.89	21.82	19.12	17.74	18.02	17.20	19.82	21.67	19.48	19.42	19.04	16.01	17.05	21.58	23.41	14.51	16.73	10.49	11.62	19.41	18.21
22	11	18.03	21.55	25.66	23.77	18.94	18.52	15.50	16.70	20.58	20.35	20.42	18.11	18.01	18.37	21.25	17.66	20.97	17.01	16.50	16.83	22.40	19.41	14.87	15.34	11.53	11.35	17.69	18.75
23	11	23.28	23.86	20.77	18.07	18.59	18.29	17.55	16.70	21.42	17.27	18.05	17.44	18.92	18.24	21.53	20.35	17.31	17.70	18.00	16.75	19.96	22.03	13.07	12.63	10.91	11.89	20.59	17.76
24	11	22.76	21.91	24.79	20.61	19.14	19.89	15.21	16.62	17.78	20.83	20.08	20.50	18.61	17.02	18.11	17.98	19.63	19.75	17.78	16.68	20.37	21.93	16.54	12.57	11.14	10.47	20.49	20.79
25	11	19.60	24.50	19.00	25.77	19.47	18.35	16.01	15.24	19.64	17.90	20.96	17.28	19.78	19.56	17.91	19.68	18.88	19.69	16.79	16.35	23.99	22.78	12.52	16.07	11.24	10.61	20.90	19.51
26	11	20.43	22.77	19.64	22.61	18.03	18.08	15.25	16.81	17.54	18.39	19.37	18.74	19.74	19.67	18.56	20.33	19.87	17.86	16.19	17.16	18.72	23.78	14.02	13.92	11.03	10.74	19.00	17.99
27	11	24.07	20.16	19.15	27.57	19.57	18.86	15.49	16.19	18.78	21.55	19.31	18.78	17.94	19.04	18.79	20.24	20.11	18.13	16.23	16.69	19.99	23.79	13.47	15.43	11.37	11.63	19.25	20.25
28	12	29.38	26.13	31.37	27.43	20.38	18.71	18.25	18.23	22.87	21.79	20.23	24.25	20.83	21.69	24.67	20.46	18.27	19.05	19.48	17.55	23.66	21.46	14.52	14.05	12.86	10.46	21.81	19.15
29	12	20.02	27.67	30.82	21.77	22.91	20.37	19.84	17.76	22.29	19.74	26.69	23.82	21.46	20.69	23.15	21.17	21.37	18.86	17.88	17.18	22.11	22.36	16.90	15.29	12.84	10.31	20.36	19.82
30	12	21.20	24.22	30.94	27.06	20.39	20.86	16.91	15.71	20.64	17.24	24.18	22.99	20.87	19.27	23.57	23.86	15.24	20.51	11.61	17.23	20.78	20.18	13.64	16.87	10.30	10.09	19.54	19.98
	PROMEDIO	22.79	24.43	24.55	21.40	19.25	17.74	16.54	18.60	19.90	20.01	20.07	19.24	19.09	20.15	20.44	19.44	18.95	17.83	16.93	19.20	21.48	18.03	14.52	12.99	11.16	15.36	19.40	18.91

MEDIDA DE LONGITUDES-ANCHURA DE LA MANO, LONGITUD-ANCHO-GROSOR DE LA PALMA, GROSOR EN EL PRIMER PLIEGUE DE LA MUÑECA DE NIÑAS EXPRESADO EN MM																
E	N	E	LONGITUD MANO		ANCHO MANO		LONGITUD DE LA PALMA		ANCHO DE LA PALMA		GROSOR DE LA PALMA		GROSOR EN EL 1ER PLIEGUE DE LA MUÑECA		ANCHO EN EL 1ER PLIEGUE DE LA MUÑECA	
			DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.
> 6 < 8	1	6	138.42	140.82	69.02	68.61	80.72	75.70	64.10	64.03	24.37	24.98	33.25	35.92	41.94	43.21
	2	6	123.34	135.11	66.01	69.25	81.93	78.29	63.11	61.94	24.27	25.92	34.56	32.03	43.27	43.60
	3	6	124.47	123.06	67.76	68.97	69.45	78.08	62.56	60.01	27.09	26.90	30.58	31.00	41.35	46.62
	4	6	126.02	124.58	67.28	70.56	70.43	80.17	60.52	61.99	26.63	23.89	33.99	31.30	44.76	42.60
	5	6	126.71	120.94	76.00	69.19	80.16	78.87	63.95	61.75	26.99	23.13	31.66	33.00	40.78	41.29
	6	6	131.10	135.87	72.89	75.70	69.80	70.27	60.25	61.51	27.24	23.08	35.47	33.53	44.12	44.95
	7	6	132.30	122.26	67.85	69.42	69.55	73.95	63.68	61.11	24.78	25.77	32.62	35.43	45.61	44.26
	8	6	132.50	120.31	77.82	70.99	84.65	69.74	61.85	60.65	23.73	23.18	30.84	35.71	46.57	40.42
	9	6	135.73	144.60	65.77	66.58	79.21	82.71	61.94	61.77	26.78	24.49	32.27	35.56	44.72	43.95
	10	6	137.01	123.65	65.95	75.89	74.59	84.14	62.50	60.05	27.78	27.80	33.22	32.94	47.18	42.65
	11	6	137.37	121.88	67.55	76.78	83.44	79.46	60.80	62.72	26.10	27.63	34.46	32.74	47.61	43.60
	12	6	137.60	135.70	70.78	75.93	83.08	71.52	60.83	60.32	27.82	25.50	32.54	33.93	46.80	45.76
	13	6	138.09	136.84	70.70	71.85	82.04	72.58	61.64	64.63	26.92	26.44	34.41	35.47	46.78	42.73
	14	6	138.96	130.90	72.61	68.78	83.78	72.37	64.65	61.17	24.85	24.39	35.56	33.54	45.78	46.62
	15	6	141.41	120.02	74.16	76.54	69.61	84.72	61.94	64.36	25.49	27.16	35.93	30.88	45.55	40.43
	PROMEDIO		133.40	129.10	70.14	71.67	77.50	76.84	62.29	61.87	26.06	25.35	33.42	33.53	44.85	43.51
	16	7	144.12	134.07	77.57	70.15	84.49	78.74	64.65	64.84	27.12	30.30	34.52	36.03	48.69	47.65
	17	7	120.11	116.88	68.79	68.91	69.97	66.04	63.68	65.14	23.57	22.70	30.63	29.90	42.61	42.37
	18	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81
	19	7	121.43	130.24	67.36	73.29	70.61	82.68	61.65	62.42	25.62	25.12	33.52	35.78	44.68	45.55
	20	7	121.76	122.84	76.47	73.53	77.81	69.07	62.95	62.22	23.11	24.13	32.02	35.21	40.27	40.91
	21	7	127.49	142.39	76.97	77.22	74.45	82.06	61.60	61.74	26.37	27.50	35.65	32.37	42.59	40.54
	22	7	127.85	126.74	70.89	65.47	75.83	72.44	61.40	59.37	23.10	22.92	33.55	34.33	43.54	44.18
	23	7	134.21	139.39	75.20	77.59	74.01	78.58	62.20	62.84	24.19	25.46	32.41	30.50	41.37	45.39
	24	7	134.30	126.41	68.85	76.48	73.52	80.12	61.96	62.90	27.25	27.46	33.20	31.56	45.97	44.43

	25	7	134.48	133.81	76.18	68.02	70.40	82.96	63.97	63.90	25.97	25.65	30.45	31.03	42.57	43.53	
	26	7	134.65	124.41	74.79	67.59	84.99	73.57	64.83	60.39	23.69	23.75	31.17	31.60	40.69	41.68	
	27	7	137.09	121.21	75.77	65.40	70.51	83.83	60.38	63.40	24.67	27.89	35.49	30.92	46.25	44.67	
	28	7	137.45	122.46	68.99	66.60	74.72	72.78	60.43	64.17	23.36	24.58	35.74	35.97	47.41	45.53	
	29	7	142.91	124.70	67.51	74.59	83.06	75.03	62.75	63.83	27.47	25.61	34.34	35.49	42.04	42.90	
	30	7	143.18	122.13	65.02	72.13	72.59	77.50	61.05	64.45	25.38	26.90	31.55	34.16	43.94	47.42	
			PROMEDIO	132.08	127.37	71.87	70.63	75.16	76.52	62.10	61.40	24.95	25.38	33.09	33.00	43.58	43.84
> 8 < 10	1	8	131.63	129.57	75.17	66.22	78.04	73.65	58.86	61.25	28.94	29.81	37.26	34.48	47.00	48.34	
	2	8	122.48	142.44	67.93	77.62	72.97	80.56	61.92	61.12	23.48	24.08	33.65	34.17	44.16	44.61	
	3	8	126.30	142.34	74.57	74.51	77.42	70.25	64.16	60.13	27.21	24.52	32.43	32.72	47.90	41.58	
	4	8	127.58	126.49	74.56	67.55	81.46	71.89	60.96	63.11	23.23	24.02	32.38	34.73	44.22	41.63	
	5	8	129.77	129.82	73.09	69.66	73.49	72.80	64.63	61.25	24.83	24.64	34.19	31.75	42.55	40.00	
	6	8	130.50	128.20	77.11	67.53	71.71	78.83	62.88	64.40	26.25	23.14	32.57	32.29	45.41	40.39	
	7	8	132.04	123.76	71.60	68.00	70.33	70.20	63.13	63.05	26.64	23.12	31.43	35.44	42.15	43.20	
	8	8	133.22	141.07	68.40	67.01	79.67	75.06	62.47	61.36	23.64	25.29	35.26	35.82	44.68	42.64	
	9	8	133.65	123.42	68.69	77.88	70.63	80.21	61.09	63.26	27.87	25.03	30.10	34.70	41.28	41.24	
	10	8	136.02	127.10	65.05	68.13	84.46	82.63	61.16	63.93	25.25	25.02	34.21	35.73	44.44	46.53	
	11	8	136.45	120.82	71.28	71.57	79.44	79.74	64.80	61.93	25.10	23.49	35.01	33.55	47.47	43.12	
	12	8	138.04	129.23	77.16	74.64	80.27	77.16	62.86	61.41	24.74	24.00	30.01	31.78	44.98	47.83	
	13	8	140.12	142.51	73.44	70.16	71.78	73.47	61.37	64.44	23.98	25.83	34.11	31.65	44.58	44.44	
	14	8	144.96	142.75	71.83	72.96	69.53	77.36	62.53	60.68	26.97	25.48	33.28	34.52	47.76	43.93	
			PROMEDIO	133.05	132.11	72.13	70.96	75.80	75.99	62.34	62.24	25.58	24.82	33.28	33.81	44.90	43.53
	15	9	130.11	132.49	77.92	76.64	82.30	73.86	60.52	61.65	26.50	25.62	35.37	32.87	46.06	42.96	
	16	9	130.16	130.42	70.03	70.59	82.23	82.06	60.43	63.52	23.24	26.88	34.44	34.51	44.01	41.12	
	17	9	131.66	129.58	68.60	67.89	78.54	71.85	62.40	61.37	22.18	21.08	31.88	29.83	44.65	43.02	
	18	9	132.09	133.89	76.06	76.70	83.24	72.80	62.60	62.38	23.32	25.25	32.92	31.20	47.03	43.45	
	19	9	132.10	131.16	67.61	70.65	81.59	77.22	63.94	62.89	26.14	23.34	33.40	33.42	43.38	47.45	
	20	9	132.13	139.16	75.76	74.96	70.55	84.00	64.43	64.30	26.05	27.75	31.32	30.61	46.73	42.30	
	21	9	133.85	132.58	74.89	67.05	77.07	70.82	64.28	66.06	23.50	23.84	33.17	32.30	45.20	45.00	
	22	9	136.10	136.00	76.74	66.10	69.88	77.18	63.41	61.03	25.40	26.67	35.99	33.21	44.07	40.19	
	23	9	136.66	144.44	77.19	67.23	83.01	80.68	60.96	61.32	23.61	24.11	34.16	31.97	44.79	43.17	
	24	9	136.67	134.13	67.16	68.40	74.92	70.01	64.61	62.59	26.36	24.17	34.65	32.15	46.06	45.24	
	25	9	137.07	141.31	70.80	68.19	78.52	74.34	62.02	62.49	23.45	26.26	35.72	30.62	42.87	46.36	

	26	9	137.28	134.26	75.32	69.19	77.71	70.71	61.56	62.66	25.62	23.17	33.44	32.82	43.01	46.56		
	27	9	137.35	139.22	71.24	76.14	76.86	77.58	61.33	64.49	25.13	24.45	30.39	35.15	41.82	40.37		
	28	9	139.95	134.77	75.36	72.09	75.12	73.09	60.12	63.49	25.33	25.09	33.50	34.88	46.70	42.54		
	29	9	141.98	137.83	77.59	68.75	70.61	75.69	64.60	61.42	23.38	25.81	31.78	35.06	46.25	42.66		
	30	9	143.86	135.25	72.60	74.05	73.25	77.08	61.51	61.58	23.31	24.14	30.58	34.26	47.10	40.85		
			PROMEDIO	135.56	135.41	73.43	70.91	77.21	75.56	62.42	62.70	24.53	24.85	33.29	32.80	44.98	43.33	
> 10 <= 12	1	10	156.53	153.53	89.23	89.02	90.61	90.03	70.38	71.68	20.86	24.19	33.57	31.17	45.82	46.01		
	2	10	144.88	156.88	88.44	81.32	81.46	89.25	71.53	71.79	34.23	20.26	36.20	34.19	49.94	48.50		
	3	10	146.79	158.98	84.92	82.74	84.91	87.94	69.52	70.95	25.52	23.93	35.55	34.12	49.50	46.65		
	4	10	151.22	153.28	81.10	81.98	90.75	86.87	73.32	72.23	22.18	24.08	34.74	30.16	48.83	45.82		
	5	10	151.78	150.27	89.03	82.78	90.92	86.72	74.64	71.46	21.16	21.88	31.76	32.20	46.42	47.72		
	6	10	152.06	153.22	89.85	80.05	88.03	89.70	73.31	70.67	20.28	21.51	33.24	34.74	46.75	48.12		
	7	10	153.26	156.08	81.76	89.70	88.52	88.36	72.05	73.57	23.04	22.02	32.30	34.19	47.06	46.17		
	8	10	153.88	158.44	83.31	85.64	89.86	86.52	71.79	71.02	23.11	21.99	33.39	31.61	45.86	48.44		
	9	10	154.07	155.68	83.77	84.00	86.99	84.01	71.54	70.64	20.22	20.81	33.21	34.17	47.11	47.87		
	10	10	154.30	155.88	89.85	83.98	88.50	87.74	75.03	71.11	28.15	21.36	36.99	33.84	53.98	46.55		
	11	10	154.70	157.48	89.38	83.19	90.26	86.87	71.34	72.71	24.29	20.88	30.11	31.52	46.97	45.68		
	12	10	154.94	154.45	81.62	80.61	90.48	86.39	72.80	72.62	23.65	21.73	32.32	32.22	46.21	46.85		
	13	10	156.24	156.26	89.50	80.65	86.39	87.85	73.49	74.70	22.96	21.61	31.02	33.73	48.48	48.85		
	14	10	156.45	155.38	84.48	80.59	87.15	87.46	70.01	71.96	23.14	24.47	30.60	32.55	45.19	47.32		
	15	10	156.81	153.83	87.73	83.54	89.16	86.53	73.81	73.72	23.81	22.60	33.00	33.75	48.42	48.23		
				PROMEDIO	153.19	155.31	86.26	83.32	88.27	87.48	72.30	72.06	23.77	22.22	33.20	32.94	47.77	47.25
		16	11	157.20	155.46	88.92	80.96	86.68	89.34	73.54	73.52	24.15	20.37	32.06	33.14	46.03	46.58	
		17	11	157.68	156.33	80.52	80.65	90.12	88.72	70.51	74.90	21.99	23.61	30.55	33.70	46.06	45.26	
		18	11	158.12	154.97	84.00	81.69	88.39	90.65	74.11	73.66	21.44	24.45	32.91	33.35	47.49	46.98	
		19	11	158.14	155.10	85.22	85.03	87.33	86.49	72.52	73.34	24.22	23.24	31.08	30.70	47.28	48.05	
		20	11	158.67	156.62	84.00	85.53	90.23	87.81	70.40	74.15	21.59	24.91	31.82	31.21	45.42	46.40	
		21	11	158.70	150.49	86.65	88.91	88.96	87.56	73.33	74.80	20.36	21.73	32.12	30.17	47.65	45.84	
		22	11	158.80	159.22	85.27	82.29	88.92	89.39	71.47	70.34	20.93	22.74	32.29	33.55	45.34	48.65	
		23	11	158.89	151.15	83.98	82.78	86.70	90.26	72.77	74.56	23.41	20.16	31.40	32.96	45.83	46.30	
		24	11	158.98	152.20	82.49	86.04	90.45	89.61	72.66	73.39	20.95	22.29	34.20	31.53	46.05	47.99	
		25	11	159.10	154.12	86.32	89.78	87.81	90.57	70.47	74.53	24.30	24.34	33.38	30.01	46.00	47.93	
	26	11	159.56	155.75	87.83	88.15	88.90	90.65	73.87	74.49	28.07	23.61	37.48	32.34	50.80	47.61		

	27	11	159.68	156.17	87.79	86.45	87.08	87.08	72.02	73.94	24.92	23.38	30.41	30.35	46.97	46.20
	28	12	159.76	154.83	85.74	80.56	87.91	86.00	70.94	72.75	24.96	24.17	30.74	31.25	46.17	46.80
	29	12	159.90	159.88	81.83	87.73	87.61	89.93	70.77	74.48	21.49	22.49	30.42	34.28	48.55	46.42
	30	12	160.96	160.52	83.49	82.35	89.70	89.02	71.87	69.99	20.09	22.40	35.38	33.12	47.26	48.74
	PROMEDIO		158.94	155.52	84.94	84.59	88.45	88.87	72.08	73.52	22.86	22.93	32.42	32.11	46.86	47.05

MEDIDA DE LONGITUDES-ANCHURA DE LA MANO, LONGITUD-ANCHO-GROSOR DE LA PALMA, GROSOR EN EL PRIMER PLIEGUE DE LA MUÑECA DE NIÑOS EXPRESADO EN MM																	
EIDADES	#NIÑOS	EDAD	LONGITUD MANO		ANCHO MANO		LONGITUD DE LA PALMA		ANCHO DE LA PALMA		GROSOR DE LA PALMA		GROSOR EN EL 1ER PLIEGUE DE LA MUÑECA		ANCHO EN EL 1ER PLIEGUE DE LA MUÑECA		
			DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	
> 6 < 8	1	6	126.86	135.06	73.20	76.70	70.17	72.30	64.66	62.84	26.25	26.01	30.28	32.68	41.35	44.67	
	2	6	120.56	129.92	67.75	74.96	71.53	83.00	60.20	60.13	26.16	25.62	32.84	32.32	45.19	42.83	
	3	6	123.35	123.32	76.04	77.69	83.26	82.64	60.54	64.30	23.18	23.62	34.53	35.89	47.47	43.35	
	4	6	123.92	128.59	74.11	66.33	70.66	77.11	62.52	63.83	23.93	24.50	34.28	30.22	45.05	45.97	
	5	6	125.07	135.30	67.55	76.05	72.35	76.98	64.52	63.52	23.65	24.63	32.71	33.33	47.07	47.47	
	6	6	125.36	127.63	71.36	66.26	69.28	69.71	63.03	64.59	25.55	26.61	34.06	34.28	43.38	45.63	
	7	6	127.12	140.78	77.46	74.49	69.43	72.70	62.46	63.26	23.16	23.27	32.48	30.27	45.74	42.84	
	8	6	127.89	133.25	70.47	76.90	69.92	74.18	61.71	64.78	25.13	23.40	34.70	30.61	43.23	42.85	
	9	6	128.19	129.42	75.50	74.43	83.85	73.06	62.51	63.69	25.43	27.71	31.61	30.27	46.86	46.09	
	10	6	132.36	137.67	68.08	71.66	79.33	71.75	61.35	64.27	25.94	26.51	33.71	30.09	45.66	46.17	
	11	6	133.96	142.63	69.37	73.82	78.28	82.57	64.53	61.96	26.11	25.58	34.63	33.87	45.10	45.34	
	12	6	138.26	141.60	76.23	71.35	74.92	81.09	60.44	63.76	25.76	24.80	34.07	35.43	45.31	41.10	
	13	6	138.33	124.95	65.71	71.18	80.34	80.84	64.35	63.29	24.49	26.31	31.58	32.22	44.66	47.70	
	14	6	139.80	126.04	66.55	67.78	75.10	78.96	61.04	63.93	26.61	24.35	31.33	32.82	41.38	45.06	
	15	6	142.16	123.74	77.58	67.22	83.79	73.52	60.22	60.25	27.65	26.22	34.88	31.90	43.14	40.89	
		PROMEDIO		130.21	131.99	71.80	72.45	75.48	76.69	62.27	63.23	25.27	25.28	33.18	32.41	44.71	44.53
	16	7	127.71	134.02	77.33	73.58	72.94	74.52	67.66	64.75	27.67	24.96	34.97	34.11	45.89	46.08	
	17	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
18	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81		

	19	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	20	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	21	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	22	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	23	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	24	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	25	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	26	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	27	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	28	7	120.15	122.83	67.68	62.50	70.39	72.36	57.99	39.46	23.33	20.67	32.13	30.13	41.03	40.81	
	29	7	127.50	127.98	71.82	69.75	73.56	71.27	65.70	64.66	23.14	24.11	34.00	34.14	45.43	44.14	
	30	7	131.82	137.33	75.81	74.24	76.86	77.62	67.89	64.45	25.84	24.07	34.52	33.60	44.32	45.41	
			PROMEDIO	121.92	124.89	69.14	64.50	71.20	72.78	59.81	44.49	23.77	21.41	32.60	30.89	41.87	41.69
> 8 < 10	1	8	142.87	141.86	80.49	77.21	81.08	78.47	68.82	66.42	29.91	24.74	36.74	35.38	51.25	47.88	
	2	8	121.34	122.35	73.46	67.11	82.70	84.37	63.64	62.60	27.75	23.13	32.09	31.04	42.09	41.82	
	3	8	122.89	131.84	67.30	71.83	69.91	79.01	62.57	62.75	24.62	25.99	31.34	32.04	44.03	47.42	
	4	8	126.40	137.21	73.88	65.72	82.88	81.82	60.98	64.24	24.48	24.42	31.03	30.15	45.79	42.46	
	5	8	126.45	135.68	74.67	65.40	82.65	81.70	62.35	61.15	26.57	27.63	32.29	34.61	46.04	42.63	
	6	8	129.29	127.88	74.12	75.34	75.56	71.84	60.95	63.19	27.18	27.75	30.93	31.88	45.47	45.37	
	7	8	129.94	124.64	66.05	66.83	77.41	76.20	61.06	63.25	25.80	24.12	33.52	32.33	41.33	44.68	
	8	8	132.31	144.83	70.63	76.87	82.96	73.26	61.01	62.41	26.39	26.20	31.38	31.52	47.85	46.25	
	9	8	133.25	124.04	65.66	74.61	84.37	70.77	64.48	60.41	24.35	25.69	31.77	34.94	46.60	40.00	
	10	8	133.86	143.46	69.94	66.13	84.29	79.34	64.87	60.20	26.53	23.76	31.45	31.44	46.94	43.24	
	11	8	135.76	130.69	72.82	67.89	81.71	70.39	62.95	64.58	26.93	25.92	30.20	33.82	47.85	46.42	
	12	8	137.44	139.56	78.96	70.27	78.18	77.84	66.76	70.43	29.28	26.78	36.81	35.59	43.98	45.01	
	13	8	139.48	122.61	73.53	67.62	80.58	71.79	62.26	61.15	26.26	25.02	35.99	33.67	43.61	47.40	
	14	8	141.55	132.42	75.69	68.30	81.14	84.66	60.66	63.58	25.82	24.56	32.57	32.17	40.76	44.17	
			PROMEDIO	132.35	132.79	72.66	70.08	80.39	77.25	63.10	63.31	26.56	25.41	32.72	32.90	45.26	44.63
	15	9	120.07	139.04	65.83	76.00	77.28	80.86	64.07	62.36	27.85	27.94	34.37	33.12	47.19	42.12	
	16	9	121.62	142.52	72.97	72.39	71.93	81.58	63.33	60.92	26.02	26.22	35.87	35.95	47.85	41.93	
	17	9	125.28	123.18	65.85	70.68	72.81	72.33	62.59	62.34	24.46	25.03	33.56	33.05	47.54	47.29	
	18	9	127.47	120.25	73.31	76.97	74.62	82.58	64.75	64.14	25.79	27.67	31.04	32.99	42.95	40.52	
	19	9	131.30	137.44	73.03	69.97	81.96	79.04	61.71	60.57	27.61	24.32	31.60	30.07	45.21	43.35	

	20	9	131.30	134.99	76.47	67.17	76.80	75.48	60.34	62.54	24.86	27.23	33.54	34.51	47.37	47.01	
	21	9	132.05	139.57	71.21	66.48	81.14	80.55	61.88	61.49	25.50	26.82	32.44	33.81	40.21	42.25	
	22	9	133.86	136.50	74.23	77.77	80.19	79.56	62.43	60.78	25.94	25.90	35.19	35.21	44.34	44.67	
	23	9	134.02	127.96	69.45	72.76	73.06	74.79	62.84	60.58	26.92	25.72	32.55	32.66	47.70	45.95	
	24	9	138.19	130.87	73.54	66.84	79.04	70.65	61.39	63.72	23.56	25.70	30.63	32.23	43.73	40.40	
	25	9	138.63	143.67	65.29	76.28	85.00	80.11	64.21	61.52	23.47	23.30	34.70	33.03	46.24	46.95	
	26	9	140.11	135.29	75.03	68.37	69.40	75.58	64.66	64.45	27.48	26.35	34.66	31.89	44.73	41.94	
	27	9	141.56	121.52	71.05	67.14	70.13	81.71	64.98	62.93	23.82	25.06	35.09	33.33	46.34	40.23	
	28	9	141.59	139.79	66.02	71.07	81.07	72.43	61.59	61.58	26.69	23.69	35.68	31.93	43.72	47.61	
	29	9	143.08	136.94	70.34	74.35	75.44	74.23	61.02	62.99	27.34	26.27	31.80	31.62	43.38	47.04	
	30	9	143.34	128.45	75.84	70.00	71.94	79.53	62.94	62.31	26.76	26.51	34.41	33.87	47.34	43.24	
			PROMEDIO	133.97	133.62	71.22	71.52	76.36	77.56	62.80	62.20	25.88	25.86	33.57	33.08	45.37	43.91
> 10 <=	1	10	144.20	132.29	67.42	74.22	80.73	81.09	60.27	62.16	26.63	26.10	34.37	31.93	47.97	44.96	
12	2	10	121.58	131.56	66.38	75.00	69.33	70.39	60.10	60.09	25.94	24.20	31.90	31.22	45.88	40.96	
	3	10	123.99	125.58	73.86	69.46	69.49	82.98	61.03	61.68	24.88	25.07	33.38	33.47	40.16	40.44	
	4	10	125.00	128.35	65.59	67.66	78.51	84.19	61.50	62.00	25.60	24.10	31.98	33.40	44.87	44.62	
	5	10	126.63	137.47	67.44	69.98	75.02	81.96	60.11	64.33	23.15	27.99	35.56	32.80	42.66	42.31	
	6	10	128.78	125.64	69.67	65.62	81.43	84.29	63.05	63.54	25.36	23.76	34.09	33.46	43.76	44.62	
	7	10	130.37	133.36	69.71	70.90	84.71	80.77	62.04	61.85	23.60	23.48	30.62	33.02	45.22	40.25	
	8	10	130.96	122.06	71.98	70.26	73.96	81.80	64.19	61.68	24.12	23.47	30.03	35.43	45.48	41.53	
	9	10	131.39	132.77	73.80	77.24	83.61	73.78	60.79	62.19	23.64	26.48	32.68	32.36	40.86	46.32	
	10	10	134.17	143.98	70.64	73.73	74.52	73.03	62.53	61.96	24.65	26.89	33.38	35.69	43.24	44.46	
	11	10	134.49	138.19	77.69	66.82	74.58	71.85	60.77	63.81	24.42	27.03	33.93	35.40	46.12	46.46	
	12	10	134.78	137.43	74.81	76.25	70.20	70.53	60.41	62.57	23.21	26.90	31.25	32.49	43.81	43.61	
	13	10	140.25	122.34	74.46	65.07	84.23	84.58	64.82	60.28	27.45	23.12	33.87	31.47	46.49	46.06	
	14	10	141.37	120.04	74.30	77.55	73.10	69.35	61.08	64.30	24.03	27.95	32.03	35.32	45.61	42.61	
	15	10	142.73	122.81	66.63	76.32	77.95	79.12	63.77	60.27	24.22	24.36	34.19	34.23	41.56	46.94	
			PROMEDIO	132.71	130.26	70.96	71.74	76.76	77.98	61.76	62.18	24.73	25.39	32.88	33.45	44.25	43.74
	16	11	147.63	122.71	86.04	72.03	85.02	78.41	76.47	60.53	29.35	26.64	37.20	31.43	53.45	43.90	
	17	11	137.42	131.89	84.39	67.80	79.57	72.51	71.43	63.62	28.39	27.94	35.73	35.60	50.46	42.29	
	18	11	149.50	122.04	87.30	73.15	83.03	69.20	76.90	61.75	27.86	27.59	35.21	33.44	51.92	43.48	
	19	11	150.14	132.14	86.60	77.76	86.93	81.48	71.44	60.08	21.77	26.17	30.49	33.35	46.37	41.47	
	20	11	152.64	129.40	89.12	77.95	86.35	79.75	71.26	61.25	21.80	24.65	31.79	30.63	47.13	40.15	

21	11	153.06	138.03	89.08	74.72	88.39	79.25	71.05	62.47	23.97	25.90	33.03	31.66	48.38	42.07	
22	11	154.05	135.46	84.71	68.94	90.77	75.31	73.54	63.69	20.60	23.28	33.61	35.40	45.82	46.81	
23	11	154.55	124.80	84.67	69.68	91.17	84.29	78.97	62.38	32.39	26.18	41.31	34.39	57.37	46.83	
24	11	157.38	132.89	84.34	70.28	90.81	75.47	72.10	60.75	22.42	24.59	33.41	35.20	46.40	41.52	
25	11	157.63	135.84	87.67	68.88	90.72	75.69	71.54	63.91	23.07	23.83	34.07	32.56	48.99	47.47	
26	11	158.20	143.27	88.92	70.94	90.81	73.41	72.81	62.14	23.61	26.11	32.17	32.87	46.73	44.30	
27	11	158.84	133.89	83.32	71.38	89.28	78.88	72.56	62.07	24.61	25.42	30.68	34.20	48.36	42.84	
28	12	159.56	137.43	88.08	65.95	85.01	72.49	75.69	60.10	29.99	24.99	37.28	34.39	51.63	43.56	
29	12	164.55	132.93	95.85	65.13	91.98	72.31	81.47	61.21	30.44	24.93	40.26	33.40	62.39	45.14	
30	12	167.07	122.90	99.63	67.87	95.03	71.07	80.15	60.73	28.78	26.28	40.59	32.93	57.25	42.97	
		PROMEDIO	154.81	131.71	87.98	70.83	88.32	75.97	74.49	61.78	25.94	25.63	35.12	33.43	50.84	43.65

ANEXO B. Promedio de mediciones de manos.

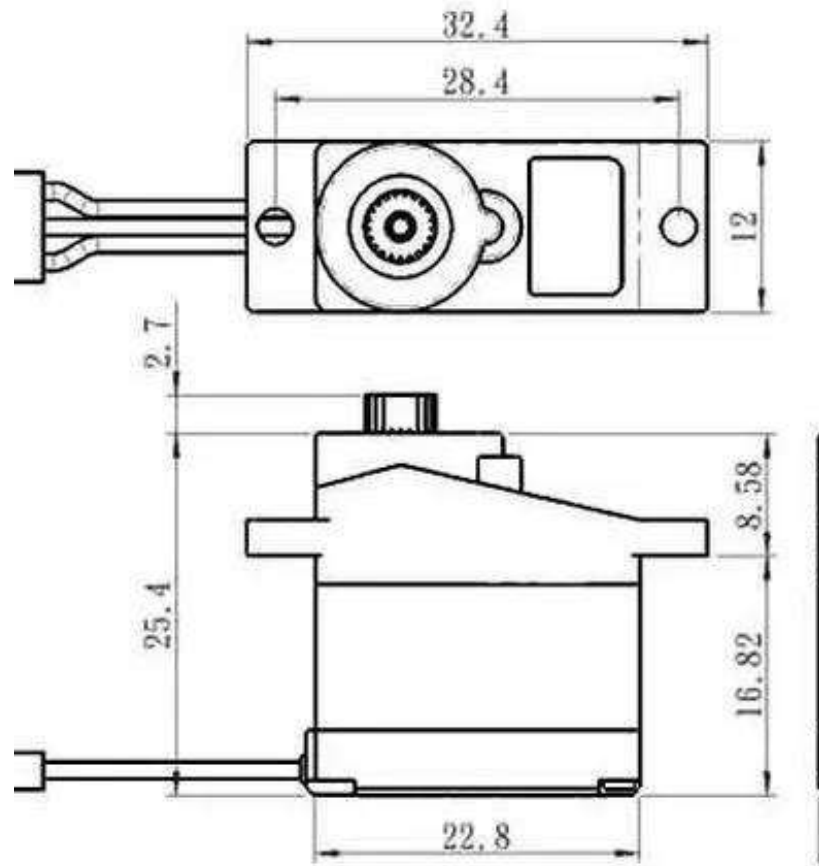
MEDIDAS PROMEDIO DE LONGITUDES-ANCHURA DE LA MANO, LONGITUD-ANCHO-GROSOR DE LA PALMA, GROSOR EN EL PRIMER PLIEGUE DE LA MUÑECA EXPRESADO EN MM															
GENERO	EDAD	LONGITUD MANO		ANCHO MANO		LONGITUD DE LA PALMA		ANCHO DE LA PALMA		GROSOR DE LA PALMA		GROSOR EN EL PRIMER PLIEGUE DE LA MUÑECA		ANCHO EN EL PRIMER PLIEGUE DE LA MUÑECA	
		DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.	DER.	IZQ.
MASCULINO	6	133.40	129.10	70.14	71.67	77.50	76.84	62.29	61.87	26.06	25.35	33.42	33.53	44.85	43.51
	7	132.08	127.37	71.87	70.63	75.16	76.52	62.10	61.40	24.95	25.38	33.09	33.00	43.58	43.84
	8	133.05	132.11	72.13	70.96	75.80	75.99	62.34	62.24	25.58	24.82	33.28	33.81	44.90	43.53
	9	135.56	135.41	73.43	70.91	77.21	75.56	62.42	62.70	24.53	24.85	33.29	32.80	44.98	43.33
	10	153.19	155.31	86.26	83.32	88.27	87.48	72.30	72.06	23.77	22.22	33.20	32.94	47.77	47.25
	11	158.94	155.52	84.94	84.59	88.45	88.87	72.08	73.52	22.86	22.93	32.42	32.11	46.86	47.05
FEMENINO	6	130.21	131.99	71.80	72.45	75.48	76.69	62.27	63.23	25.27	25.28	33.18	32.41	44.71	44.53
	7	121.92	124.89	69.14	64.50	71.20	72.78	59.81	44.49	23.77	21.41	32.60	30.89	41.87	41.69
	8	132.35	132.79	72.66	70.08	80.39	77.25	63.10	63.31	26.56	25.41	32.72	32.90	45.26	44.63
	9	133.97	133.62	71.22	71.52	76.36	77.56	62.80	62.20	25.88	25.86	33.57	33.08	45.37	43.91
	10	132.71	130.26	70.96	71.74	76.76	77.98	61.76	62.18	24.73	25.39	32.88	33.45	44.25	43.74
	11	154.81	131.71	87.98	70.83	88.32	75.97	74.49	61.78	25.94	25.63	35.12	33.43	50.84	43.65

DIÁMETROS PROMEDIOS de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MEÑIQUE expresado en mm.																													
GENERO	EDAD	DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE						DEDO MEDIO						DEDO ANULAR						DEDO MEÑIQUE					
		FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL	
		MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.
FEMENINO	6	16.58	17.45	20.83	18.14	20.02	18.87	16.51	16.79	16.13	16.11	19.40	19.36	18.39	18.39	17.61	18.44	19.96	19.38	17.40	16.66	17.35	17.18	13.13	13.19	11.00	11.39	16.27	16.40
	7	17.10	18.35	21.07	20.30	18.73	18.40	16.45	16.46	16.38	16.36	20.36	20.69	18.33	18.82	17.86	18.16	18.73	20.51	16.85	16.55	17.62	16.79	13.51	13.92	11.64	11.76	16.56	16.63
	8	17.88	18.67	19.08	19.04	17.50	18.00	14.98	14.83	18.13	18.37	18.39	18.31	18.68	18.65	20.01	19.89	16.22	16.39	16.20	15.92	17.27	16.97	12.13	11.99	10.25	10.59	16.57	16.66
	9	20.97	20.24	23.37	22.40	21.24	22.72	19.05	19.41	19.03	19.34	22.16	21.15	21.55	20.13	20.10	19.49	17.47	17.50	17.60	17.40	17.89	17.97	12.98	12.74	11.42	11.33	16.88	17.35
	10	22.00	21.72	23.22	21.88	23.26	22.48	20.10	20.81	18.72	19.18	23.08	22.05	21.67	20.83	19.94	19.74	17.68	17.49	17.55	17.72	17.30	17.96	13.40	13.85	10.94	11.70	17.36	17.58
	11	21.46	21.67	24.61	23.28	20.71	23.10	18.80	19.54	19.91	19.63	23.24	22.84	20.98	20.59	20.35	20.28	18.67	18.49	18.35	17.08	18.14	18.84	14.87	13.26	12.17	11.66	17.68	17.45

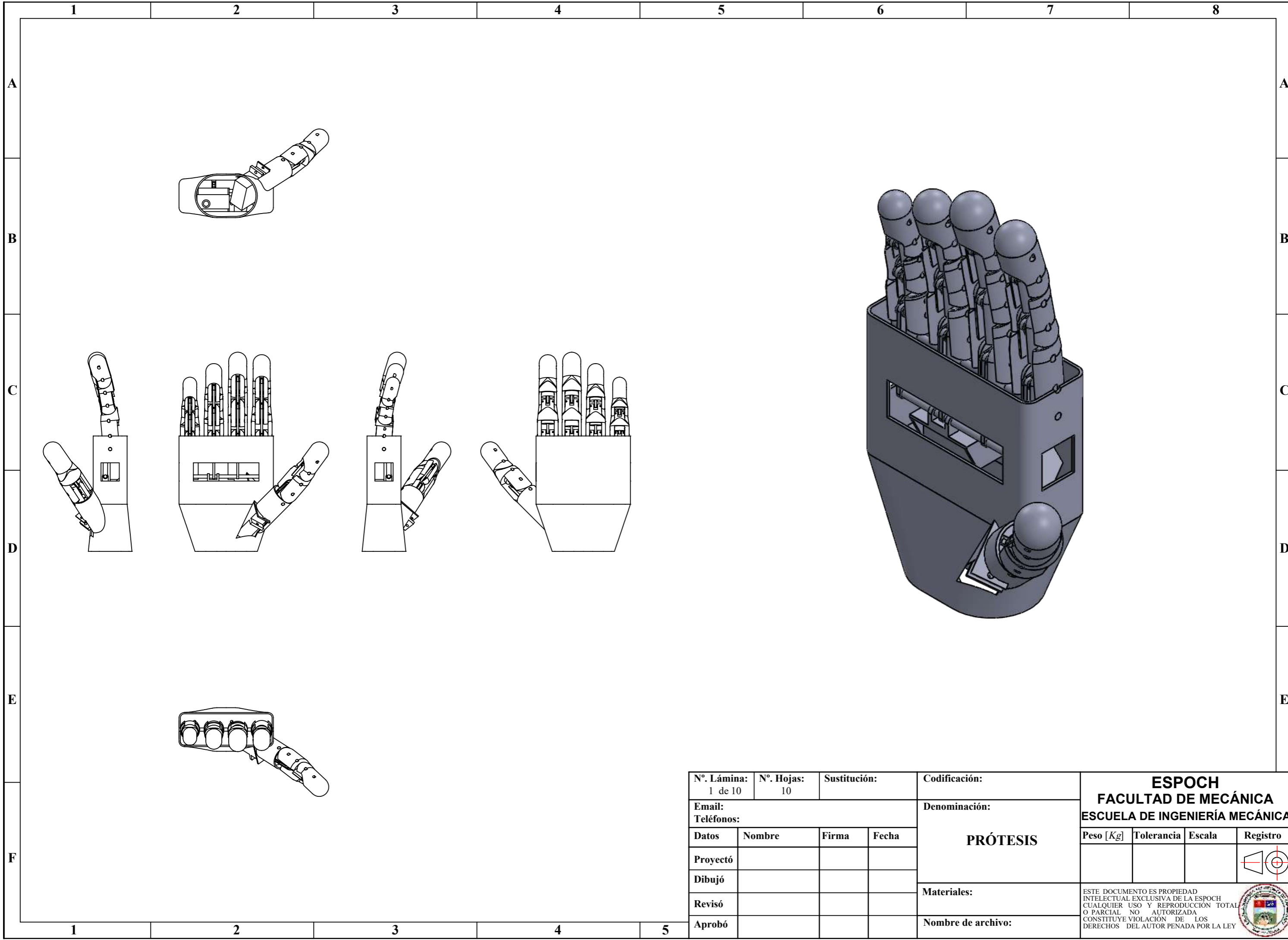
MASCULINO	6	14.45	14.54	11.58	11.45	12.83	13.06	10.89	10.34	7.79	8.54	13.24	12.66	11.80	11.17	8.86	9.56	12.24	11.29	10.69	10.50	9.45	9.39	10.89	10.45	9.09	8.93	7.89	7.60
	7	15.87	15.40	12.33	12.65	14.41	14.59	10.87	11.25	9.27	9.95	14.01	14.61	12.33	12.53	10.74	10.75	13.64	13.73	10.84	11.58	10.82	9.51	12.56	12.15	10.03	10.07	9.27	9.48
	8	15.63	15.36	12.66	12.25	14.92	13.91	10.62	12.03	10.57	9.70	14.17	13.82	11.86	13.16	11.54	11.57	12.58	13.23	12.12	12.34	10.44	10.81	12.17	12.80	9.52	9.47	9.82	9.65
	9	16.03	16.08	13.79	13.07	15.00	13.86	11.32	10.42	10.60	10.69	14.25	14.17	12.70	13.02	11.99	11.80	13.68	13.43	12.12	11.88	11.74	11.28	11.97	11.81	11.02	11.02	9.70	10.09
	10	16.50	16.62	13.53	13.57	15.31	14.69	13.40	13.12	12.41	11.96	14.70	13.86	14.86	14.30	12.31	12.55	14.49	13.06	13.09	11.98	11.31	11.86	12.65	12.72	9.67	9.81	11.03	10.95
	11	19.19	18.59	15.76	14.47	17.25	15.92	14.50	13.40	13.81	13.79	16.53	14.37	15.67	15.54	14.18	13.81	16.10	15.42	14.61	13.80	13.03	12.96	15.43	14.53	12.88	12.55	11.41	10.58

Longitudes promedio de las falanges del dedo PULGAR-ÍNDICE-MEDIO-ANULAR-MEÑIQUE expresado en mm.																													
GENERO	EDAD	DEDO PULGAR				DEDO ÍNDICE						DEDO MEDIO						DEDO ANULAR						DEDO MEÑIQUE					
		FALANGE PROXIMAL		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL		FALANGE PROXIMAL		FALANGE MEDIA		FALANGE DISTAL	
		MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.	MAN. DER.	MAN. IZQ.
MASCULINO	6	16.58	17.45	20.83	18.14	20.02	18.87	16.51	16.79	16.13	16.11	19.40	19.36	18.39	18.39	17.61	18.44	19.96	19.38	17.40	16.66	17.35	17.18	13.13	13.19	11.00	11.39	16.27	16.40
	7	17.10	18.35	21.07	20.30	18.73	18.40	16.45	16.46	16.38	16.36	20.36	20.69	18.33	18.82	17.86	18.16	18.73	20.51	16.85	16.55	17.62	16.79	13.51	13.92	11.64	11.76	16.56	16.63
	8	17.88	18.67	19.08	19.04	17.50	18.00	14.98	14.83	18.13	18.37	18.39	18.31	18.68	18.65	20.01	19.89	16.22	16.39	16.20	15.92	17.27	16.97	12.13	11.99	10.25	10.59	16.57	16.66
	9	20.97	20.24	23.37	22.40	21.24	22.72	19.05	19.41	19.03	19.34	22.16	21.15	21.55	20.13	20.10	19.49	17.47	17.50	17.60	17.40	17.89	17.97	12.98	12.74	11.42	11.33	16.88	17.35
	10	22.00	21.72	23.22	21.88	23.26	22.48	20.10	20.81	18.72	19.18	23.08	22.05	21.67	20.83	19.94	19.74	17.68	17.49	17.55	17.72	17.30	17.96	13.40	13.85	10.94	11.70	17.36	17.58
	11	21.46	21.67	24.61	23.28	20.71	23.10	18.80	19.54	19.91	19.63	23.24	22.84	20.98	20.59	20.35	20.28	18.67	18.49	18.35	17.08	18.14	18.84	14.87	13.26	12.17	11.66	17.68	17.45
FEMENINO	6	18.92	18.22	22.22	22.29	15.99	16.03	15.31	15.24	16.02	17.18	17.37	17.66	18.08	17.52	17.78	18.94	15.49	15.24	15.82	16.14	18.51	18.63	12.95	12.59	13.83	13.87	16.60	17.35
	7	19.02	18.66	22.56	22.11	15.70	15.95	15.57	15.54	16.89	16.60	17.91	17.37	17.48	17.55	18.58	18.72	15.42	15.32	15.92	15.89	18.30	18.69	13.45	12.59	13.46	13.59	16.54	16.57
	8	18.11	19.11	22.36	22.35	15.91	15.76	15.36	15.51	16.22	16.96	17.79	17.93	17.66	17.40	18.66	17.69	15.26	15.77	16.28	16.16	18.70	19.06	12.03	12.91	13.26	13.35	16.98	17.27
	9	21.09	22.47	23.14	23.88	19.07	18.90	16.74	16.33	19.58	19.05	18.98	18.65	18.37	19.09	19.85	20.35	19.03	19.72	17.06	16.67	20.80	21.16	13.59	14.56	11.01	11.01	19.26	18.98
	10	21.44	20.72	22.55	22.85	18.72	18.74	16.27	16.29	19.47	19.34	18.65	18.81	18.62	18.46	19.12	19.24	19.18	18.97	16.80	16.99	21.30	21.61	14.75	14.48	10.95	10.89	19.15	18.75
	11	22.79	24.43	24.55	21.40	19.25	17.74	16.54	18.60	19.90	20.01	20.07	19.24	19.09	20.15	20.44	19.44	18.95	17.83	16.93	19.20	21.48	18.03	14.52	12.99	11.16	15.36	19.40	18.91

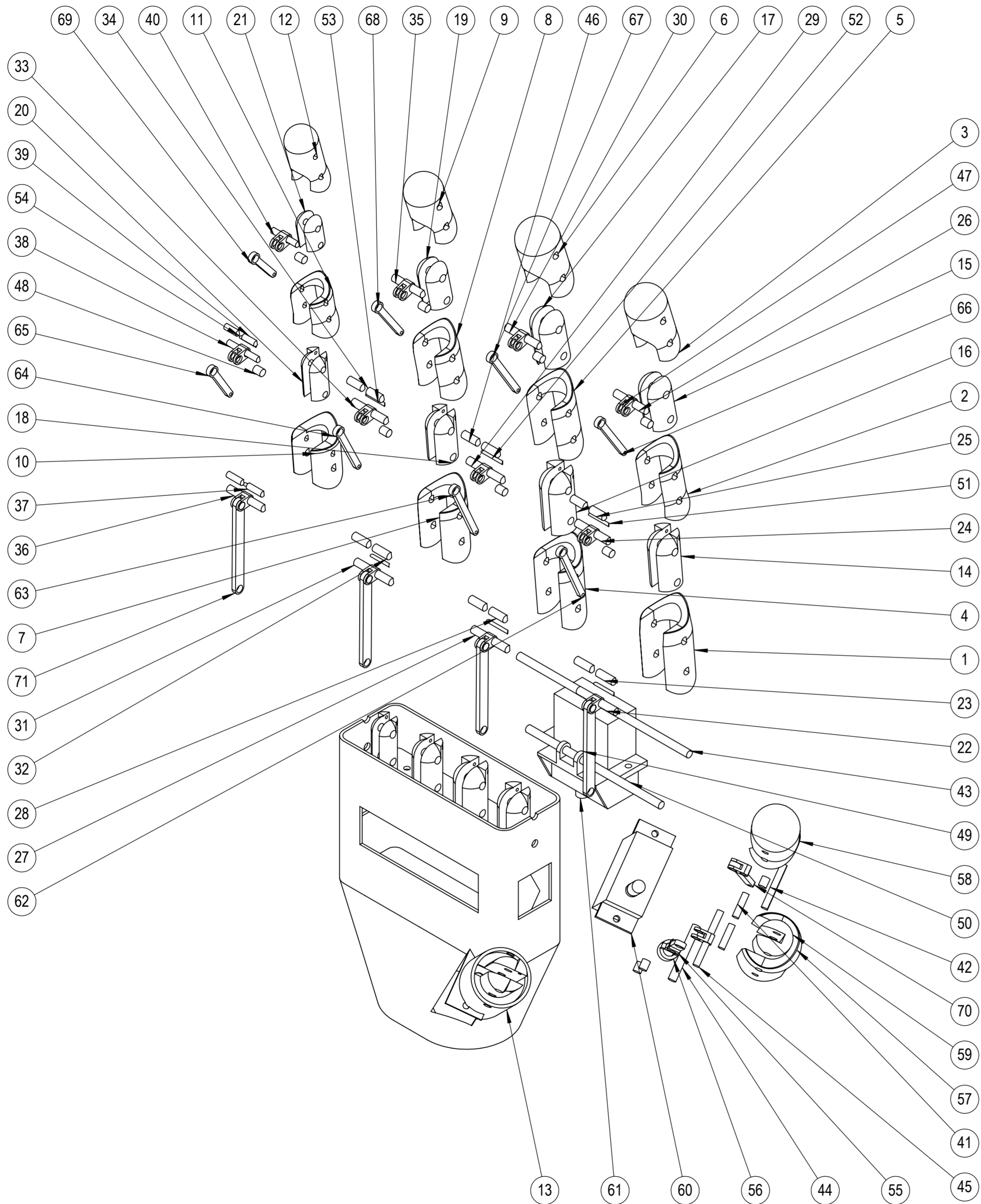
ANEXO C. Plano del Actuador Micro Servo Savox Sh-0253 Digital High Speed Rc.



ANEXO D. Planos del prototipo para niño de 11 años de edad



Nº. Lámina: 1 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación:							
Datos		Nombre	Firma	Fecha	PRÓTESIS			Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó											
Dibujó					Materiales:			<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>			
Revisó											
Aprobó					Nombre de archivo:						

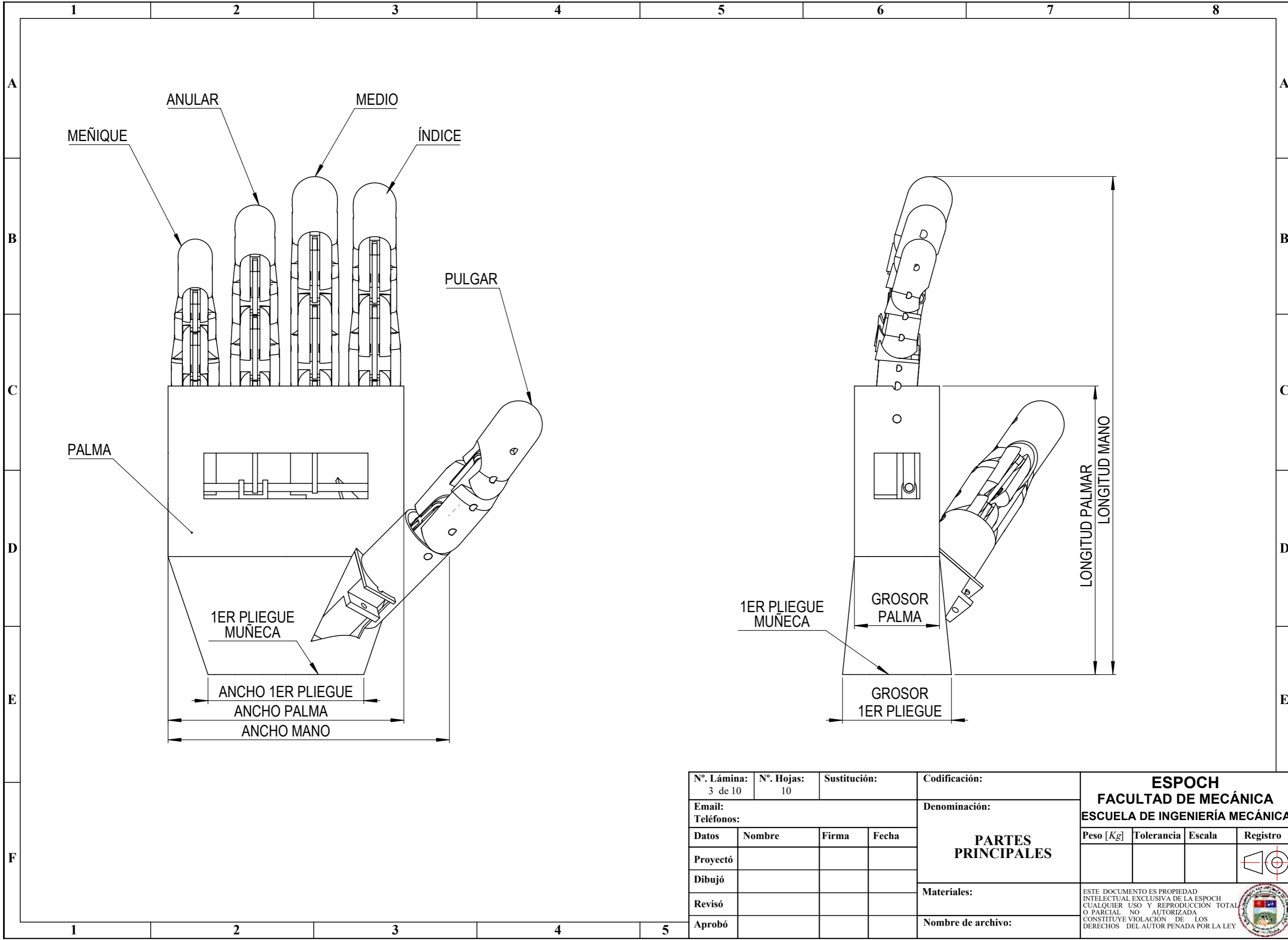


71	ESLABON 00 PALMA		4
70	ESLABON 00 DP		1
69	ESLABON 01 DMEN		1
68	ESLABON 01 DA		1
67	ESLABON 01 DM		1
66	ESLABON 01 DI		1
65	ESLABON 00 DMEN		1
64	ESLABON 00 DA		1
63	ESLABON 00 DM		1
62	ESLABON 00 DI		1
61	TORNILLO		2
60	MICRO SERVO SAVOX		2
59	BASE DP FALANGE DISTAL		1
58	DP FALANGE DISTAL		1
57	DP FALANGE PROXIMAL		1
56	TUERCA DP		1
55	PALANCA DP		1
54	MICRO PIN DMEN		2
53	MICRO PIN DA		2
52	MICRO PIN DM		2
51	MICRO PIN DI		3
50	EJE PALANCA		1
49	BASE PALANCA		1
48	PIN		15
47	ESLABÓN 1		14
46	PIN 1 DM FALANGE DISTAL		1
45	PIN 1 DP FALANGE PROXIMAL		1
44	PIN 2 BASE PALMA		1
43	PIN 1 BASE PALMA		1
42	PIN 2 DP FALANGE DISTAL		1
41	PIN 1 DP FALANGE DISTAL		1
40	PIN 2 DMEN FALANGE DISTAL		1
39	PIN 1 DMEN FALANGE DISTAL		1
38	PIN 2 DMEN FALANGE MEDIO		1
37	PIN 1 DMEN FALANGE MEDIO		1
36	PIN 1 DMEN FALANGE PROXIMAL		1
35	PIN 2 DA FALANGE DISTAL		1
34	PIN 1 DA FALANGE DISTAL		1
33	PIN 2 DA FALANGE MEDIO		1
32	PIN 1 DA FALANGE MEDIO		1
31	PIN 1 DA FALANGE PROXIMAL		1
30	PIN 2 DM FALANGE DISTAL		1
29	PIN 2 DM FALANGE MEDIO		1
28	PIN 1 DM FALANGE MEDIO		1
27	PIN 1 DM FALANGE PROXIMAL		1
26	PIN 2 DI FALANGE DISTAL		1
25	PIN 1 DI FALANGE DISTAL		1
24	PIN 2 DI FALANGE MEDIO		1
23	PIN 1 DI FALANGE MEDIO		1
22	PIN 1 DI FALANGE PROXIMAL		1
21	BASE DMEN FALANGE DISTAL		1
20	BASE DMEN FALANGE MEDIO		1
19	BASE DA FALANGE DISTAL		1
18	BASE DA FALANGE MEDIO		1
17	BASE DM FALANGE DISTAL		1
16	BASE DM FALANGE MEDIO		1
15	BASE DI FALANGE DISTAL		1
14	BASE DI FALANGE MEDIO		1
13	BASE PALMA		1
12	DMEN FALANGE DISTAL		1
11	DMEN FALANGE MEDIO		1
10	DMEN FALANGE PROXIMAL		1
9	DA FALANGE DISTAL		1
8	DA FALANGE MEDIO		1
7	DA FALANGE PROXIMAL		1
6	DM FALANGE DISTAL		1
5	DM FALANGE MEDIO		1
4	DM FALANGE PROXIMAL		1
3	DI FALANGE DISTAL		1
2	DI FALANGE MEDIO		1
1	DI FALANGE PROXIMAL		1

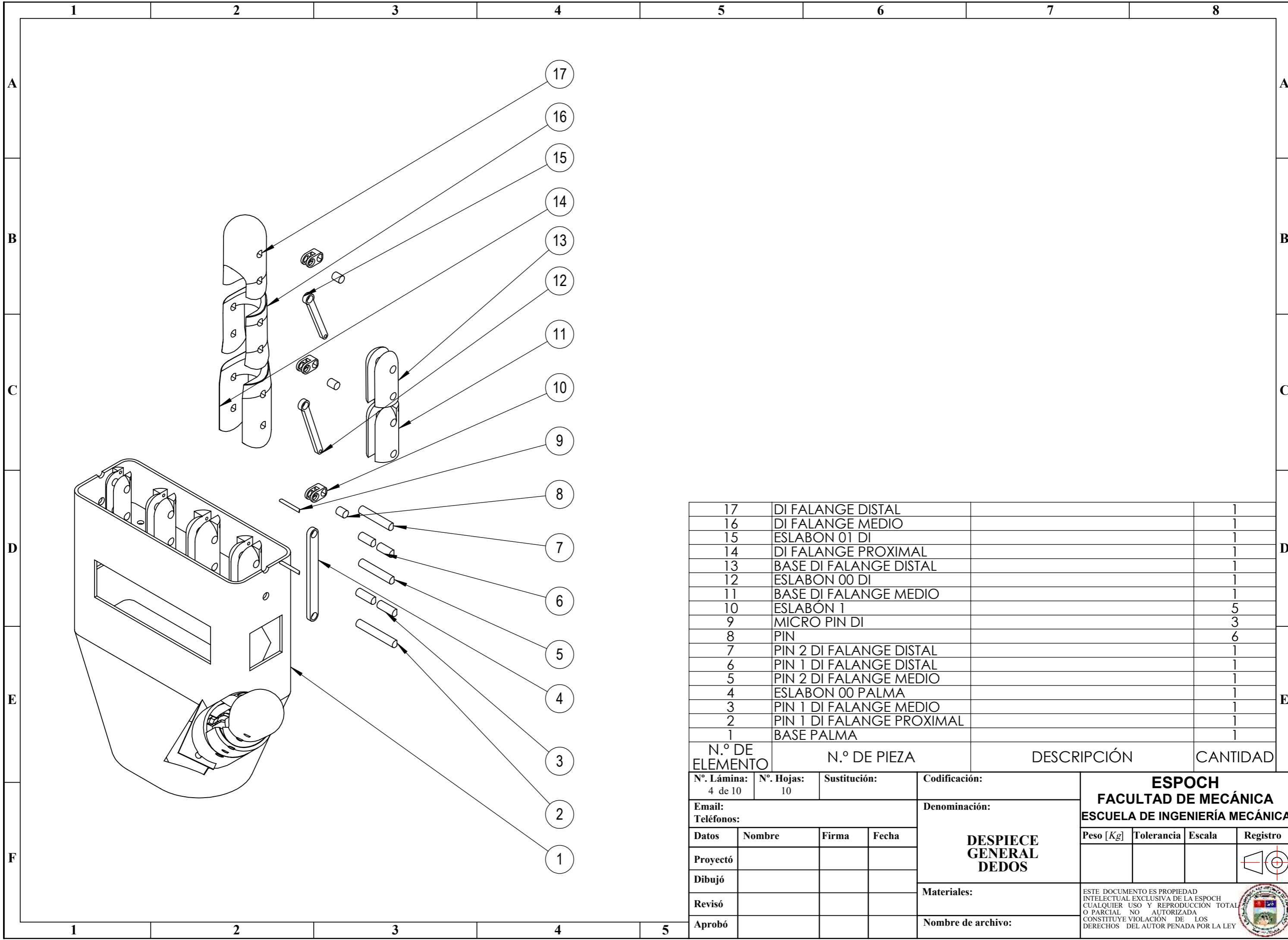
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
N.º. Lámina: 2 de 10		N.º. Hojas: 10	
Email:		Sustitución:	
Teléfonos:		Codificación: FM-EIM-MER-D-001-2015	
Datos		Denominación:	
Nombre	Firma	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA	
Fecha		ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
Proyectó		LISTA DE PIEZAS	
Dibujó		Peso [Kg]	Tolerancia
Revisó		Escala	Registro
Aprobó		Materiales:	
		Nombre de archivo:	

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY



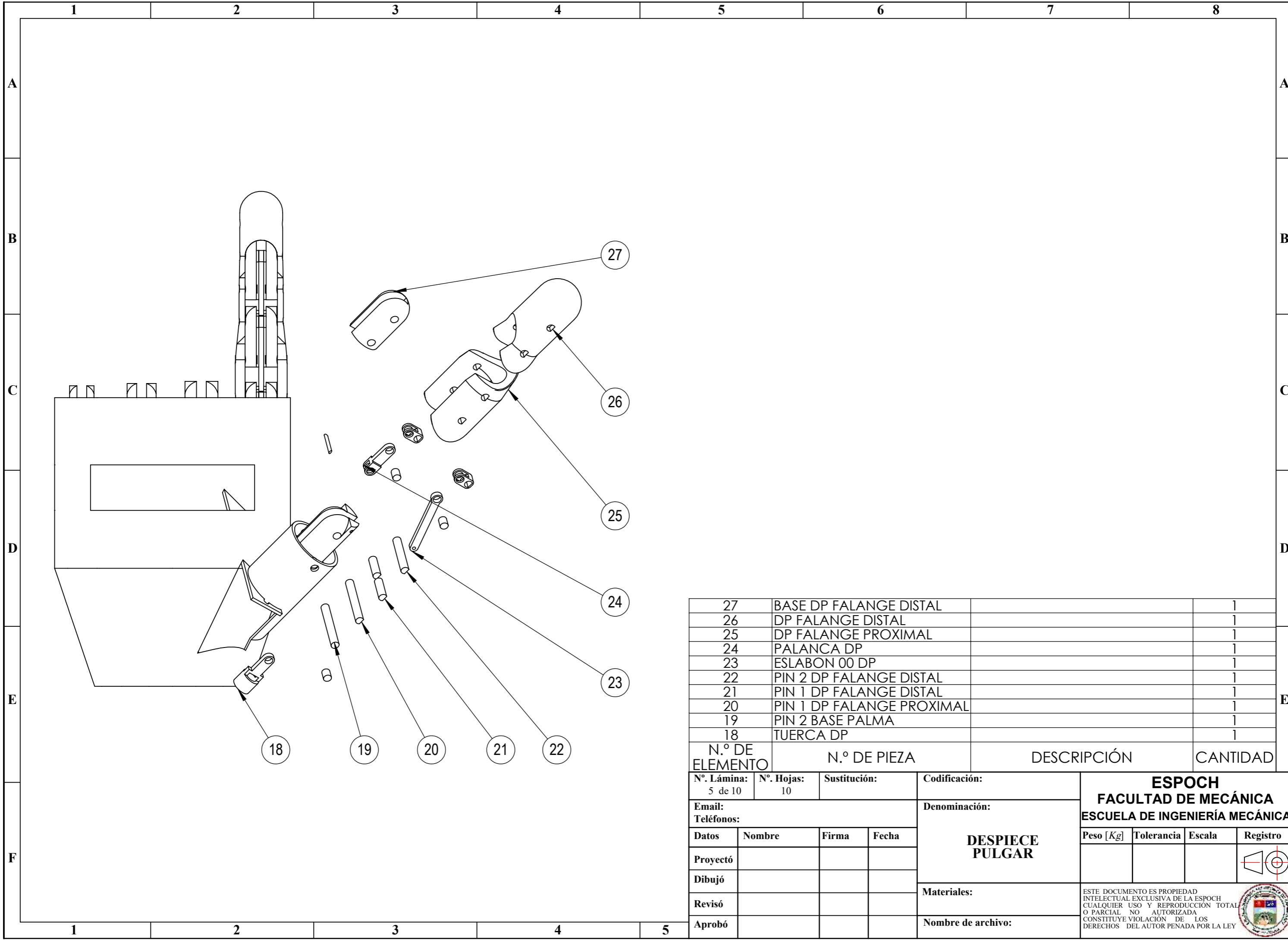


Nº. Lámina: 3 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación:							
Datos		Nombre		Firma		Fecha		PARTES PRINCIPALES			
Proyectó											
Dibujó											
Revisó											
Aprobó								Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
Nombre de archivo:											



17	DI FALANGE DISTAL		1
16	DI FALANGE MEDIO		1
15	ESLABON 01 DI		1
14	DI FALANGE PROXIMAL		1
13	BASE DI FALANGE DISTAL		1
12	ESLABON 00 DI		1
11	BASE DI FALANGE MEDIO		1
10	ESLABÓN 1		5
9	MICRO PIN DI		3
8	PIN		6
7	PIN 2 DI FALANGE DISTAL		1
6	PIN 1 DI FALANGE DISTAL		1
5	PIN 2 DI FALANGE MEDIO		1
4	ESLABON 00 PALMA		1
3	PIN 1 DI FALANGE MEDIO		1
2	PIN 1 DI FALANGE PROXIMAL		1
1	BASE PALMA		1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

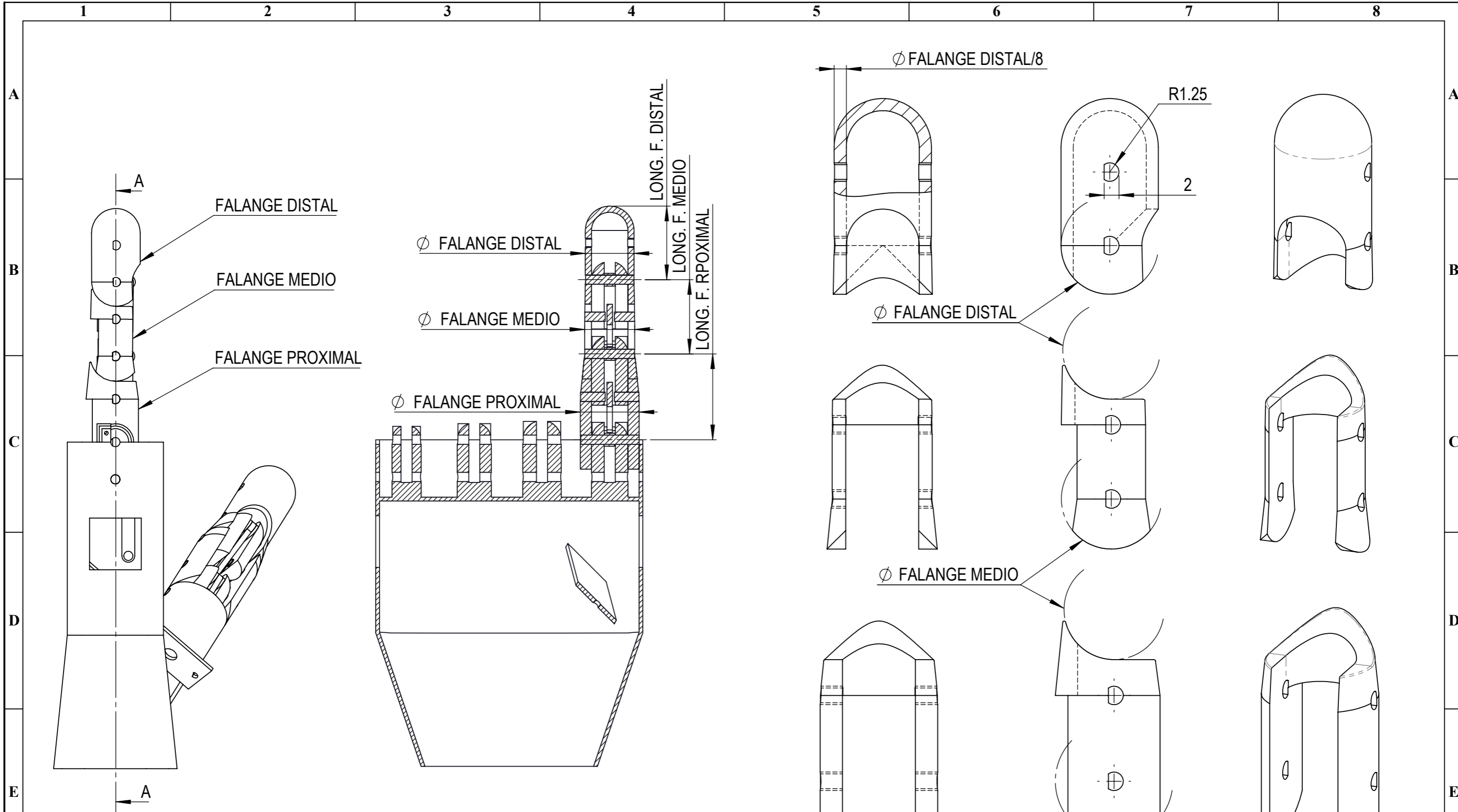
N.º Lámina: 4 de 10		N.º Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación:							
Dato		Nombre		Firma		Fecha		DESPIECE GENERAL DEDOS			
Proyectó											
Dibujó											
Revisó											
Aprobó								Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY	
Nombre de archivo:											



27	BASE DP FALANGE DISTAL		1
26	DP FALANGE DISTAL		1
25	DP FALANGE PROXIMAL		1
24	PALANCA DP		1
23	ESLABON 00 DP		1
22	PIN 2 DP FALANGE DISTAL		1
21	PIN 1 DP FALANGE DISTAL		1
20	PIN 1 DP FALANGE PROXIMAL		1
19	PIN 2 BASE PALMA		1
18	TUERCA DP		1
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

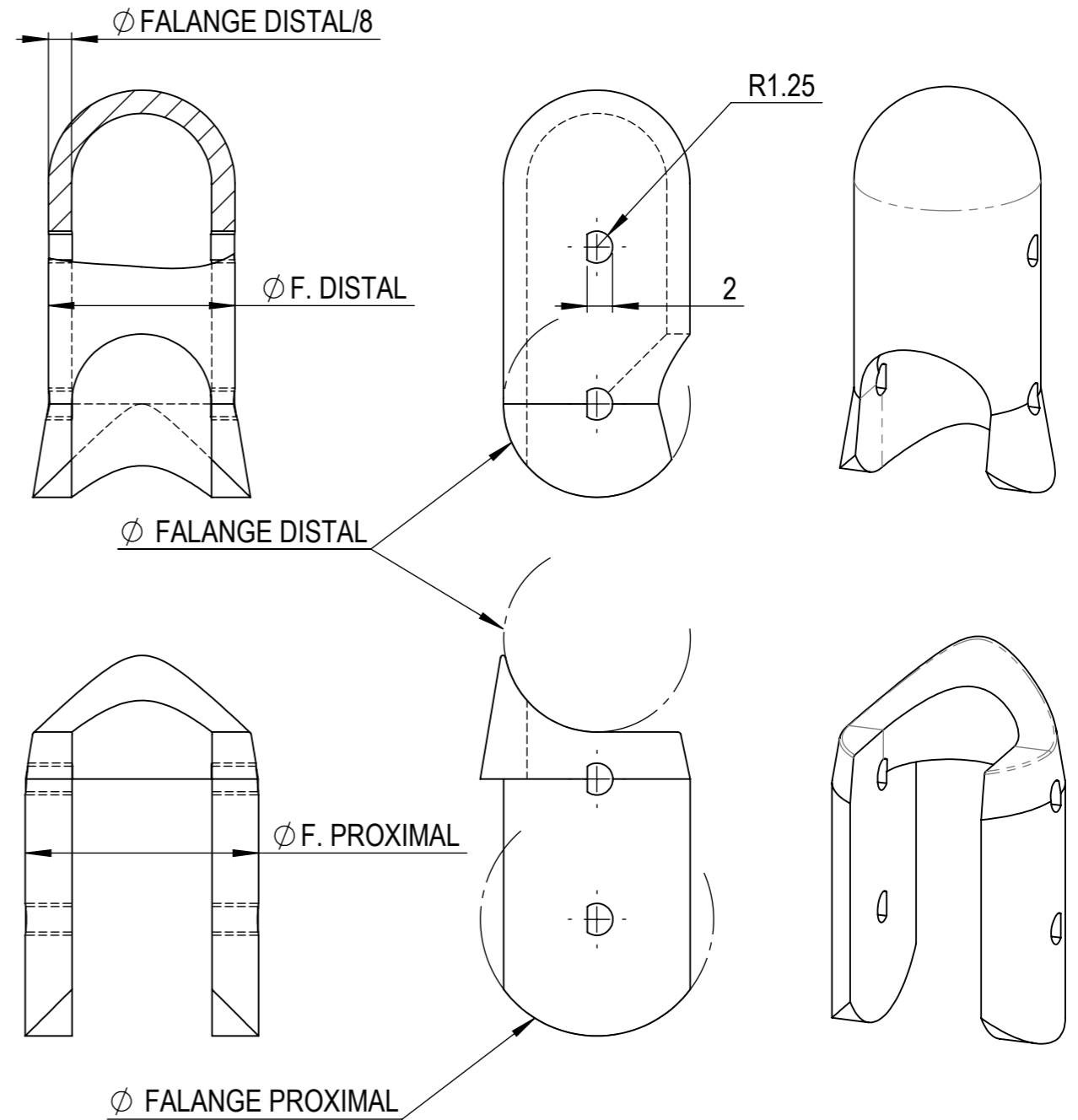
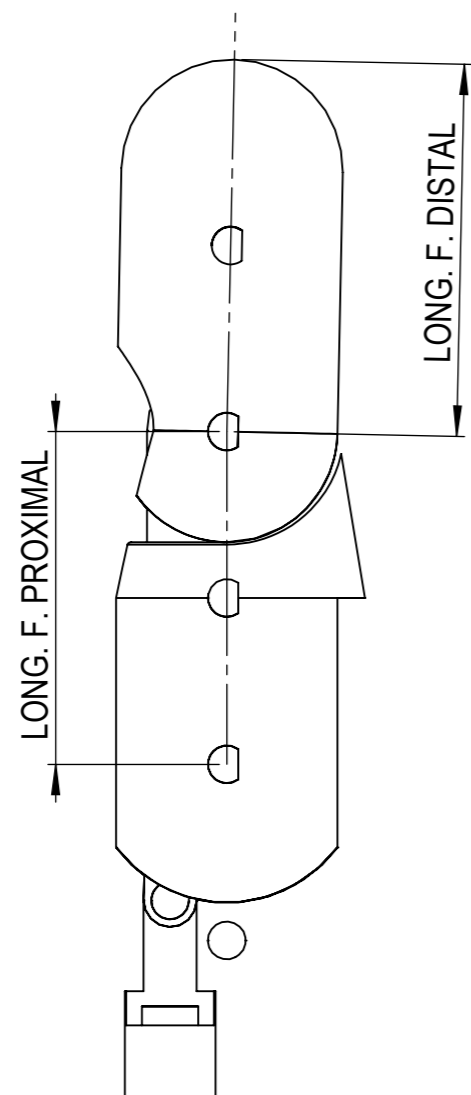
N.º Lámina: 5 de 10		N.º Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: Teléfonos:				Denominación:											
Datos		Nombre		Firma		Fecha		DESPIECE PULGAR							
Proyectó															
Dibujó								Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Revisó								Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Aprobó								Nombre de archivo:							





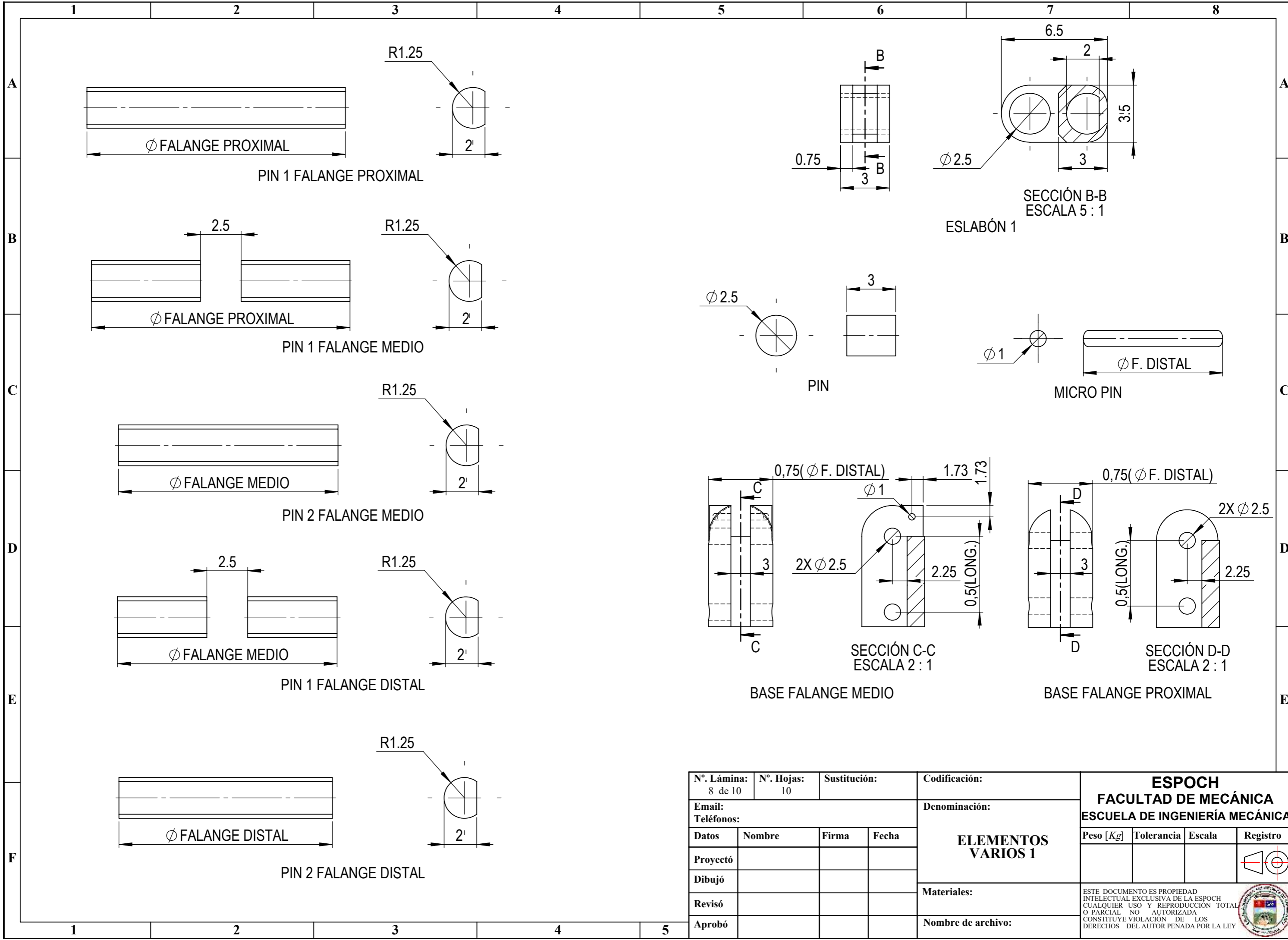
SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 1

Nº. Lámina: 6 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email:		Teléfonos:		Denominación:		DIMENSIONES DEDOS					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY							
Proyectó											
Dibujó											
Revisó											
Aprobó				Nombre de archivo:							



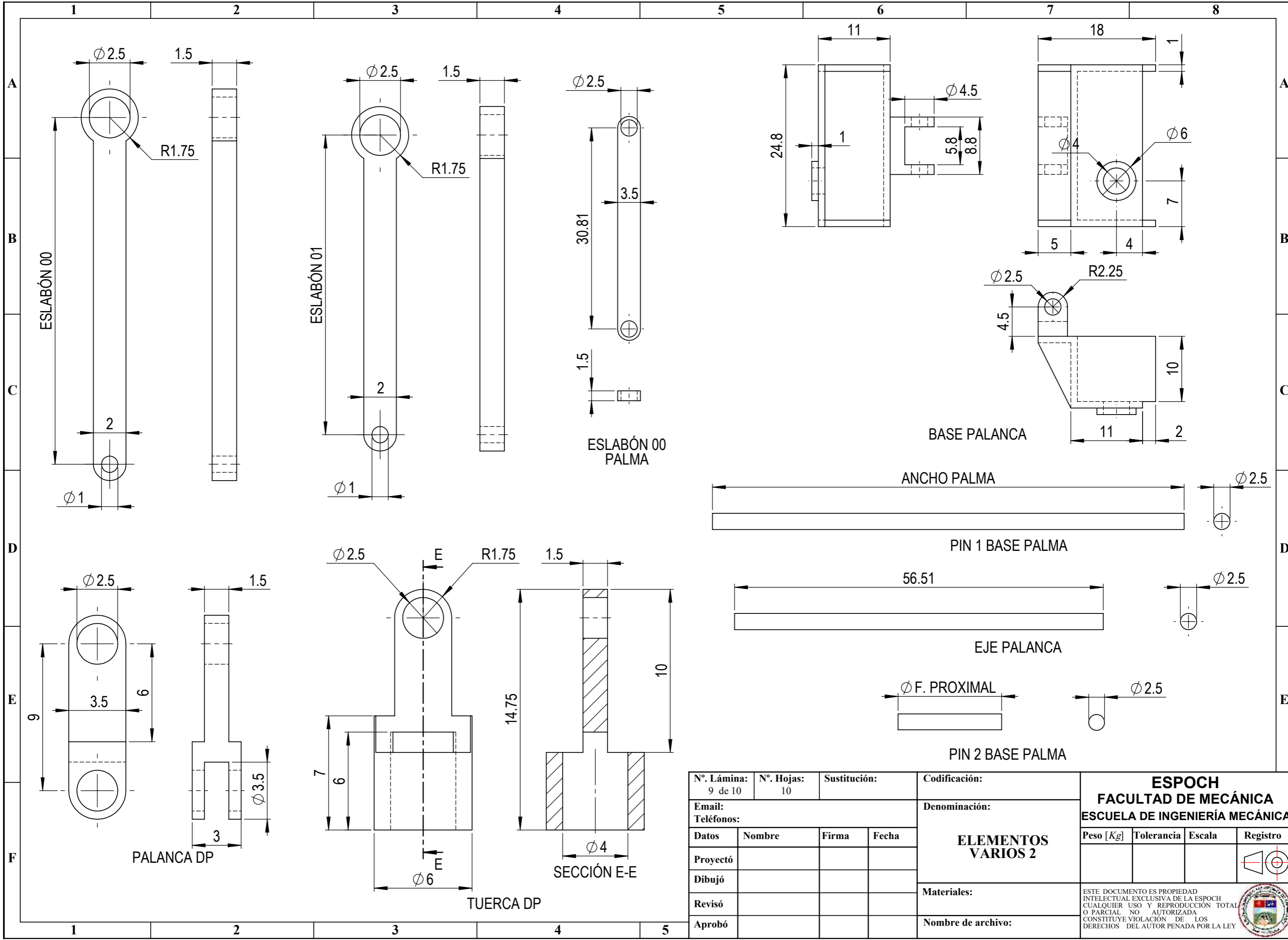
Nº. Lámina: 7 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA							
Email: Teléfonos:				Denominación:											
Datos		Nombre		Firma		Fecha		DIMENSIONES PULGAR							
Proyectó															
Dibujó								Peso [Kg]		Tolerancia		Escala		Registro	
Revisó								Materiales:		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY					
Aprobó								Nombre de archivo:							





Nº. Lámina: 8 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email: Teléfonos:				Denominación:							
Datos		Nombre		Firma		Fecha		ELEMENTOS VARIOS 1			
Proyectó		Dibujó		Revisó		Aprobó					
Materiales:				Nombre de archivo:				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY			





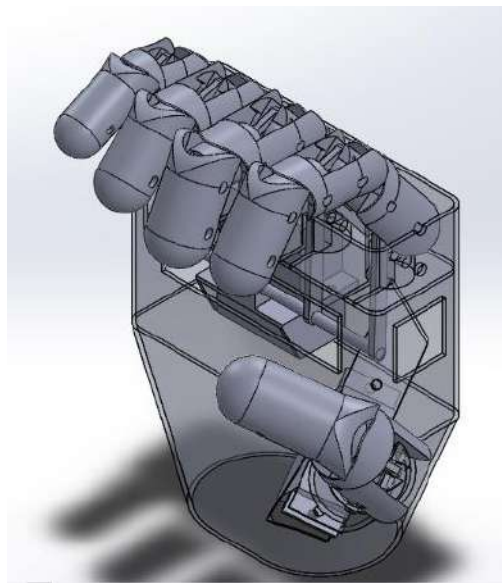
Nº. Lámina: 9 de 10		Nº. Hojas: 10		Sustitución:		Codificación:		ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Email:		Teléfonos:		Denominación:		ELEMENTOS VARIOS 2					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales:		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro		
Proyectó				Nombre de archivo:							
Dibujó											
Revisó											
Aprobó										<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>	

	1					2					3					4					5					6					7					8										
A																																														A
B																																														B
C	DEDO PULGAR					DEDO ÍNDICE							DEDO MEDIO							DEDO ANULAR							DEDO MEÑIQUE							DIMENSIONES VARIAS												
	LONGITUD FALANGE PROXIMAL	LONGITUD FALANGE DISTAL	DIÁMETRO FALANGE PROXIMAL	DIÁMETRO FALANGE DISTAL	ESLABÓN 00	LONGITUD FALANGE PROXIMAL	LONGITUD FALANGE MEDIO	LONGITUD FALANGE DISTAL	DIÁMETRO FALANGE PROXIMAL	DIÁMETRO FALANGE MEDIO	DIÁMETRO FALANGE DISTAL	ESLABÓN 00	ESLABÓN 01	LONGITUD FALANGE PROXIMAL	LONGITUD FALANGE MEDIO	LONGITUD FALANGE DISTAL	DIÁMETRO FALANGE PROXIMAL	DIÁMETRO FALANGE MEDIO	DIÁMETRO FALANGE DISTAL	ESLABÓN 00	ESLABÓN 01	LONGITUD FALANGE PROXIMAL	LONGITUD FALANGE MEDIO	LONGITUD FALANGE DISTAL	DIÁMETRO FALANGE PROXIMAL	DIÁMETRO FALANGE MEDIO	DIÁMETRO FALANGE DISTAL	ESLABÓN 00	ESLABÓN 01	LONGITUD FALANGE PROXIMAL	LONGITUD FALANGE MEDIO	LONGITUD FALANGE DISTAL	DIÁMETRO FALANGE PROXIMAL	DIÁMETRO FALANGE MEDIO	DIÁMETRO FALANGE DISTAL	ESLABÓN 00	ESLABÓN 01	ANCHO MANO	LONGITUD PALMA	ANCHO PALMA	GROSOR PALMA	GROSOR MUÑECA	ANCHO MUÑECA			
EDADES																																														C
D	6 AÑOS MASCULINO	18.11	22.22	14.45	11.58	16.46	15.70	15.31	16.02	12.83	10.62	7.79	14.73	14.43	17.37	17.48	17.78	13.24	11.80	8.86	16.19	16.30	15.26	15.82	18.30	12.24	10.69	9.45	14.13	14.75	12.03	11.95	16.54	10.89	9.09	7.89	11.43	11.41	69.14	75.20	59.81	23.77	32.60	41.87		
	7 AÑOS MASCULINO	18.92	22.36	15.63	12.33	17.19	15.91	15.36	16.22	14.41	10.87	9.27	14.77	14.34	17.79	17.66	18.58	14.01	11.86	10.74	16.39	16.28	15.42	15.92	18.51	12.58	10.84	10.44	14.19	14.76	12.95	12.01	16.60	11.97	9.52	9.27	12.15	11.37	70.96	75.48	61.76	24.73	32.72	44.25		
	8 AÑOS MASCULINO	19.02	22.55	15.87	12.66	17.31	15.99	15.57	16.89	14.92	10.89	10.57	14.74	14.43	17.91	18.08	18.66	14.17	12.33	11.54	16.43	16.60	15.49	16.28	18.70	13.64	12.12	10.82	14.23	15.06	13.45	12.16	16.98	12.17	9.67	9.70	12.56	11.48	71.22	76.36	62.27	25.27	32.88	44.71		
	9 AÑOS MASCULINO	21.09	22.56	16.03	13.53	19.30	18.72	16.27	19.47	15.00	11.32	10.60	17.25	15.06	18.65	18.37	19.12	14.25	12.70	11.99	17.07	16.83	18.95	16.80	20.80	13.68	12.12	11.31	17.36	15.49	13.59	14.26	19.15	12.56	10.03	9.82	12.67	13.33	71.80	76.76	62.80	25.88	33.18	45.26		
	10 AÑOS MASCULINO	21.44	23.14	16.50	13.79	19.46	19.07	16.54	19.58	15.31	13.40	12.41	17.40	15.17	18.98	18.62	19.85	14.70	14.86	12.31	17.34	17.04	19.03	16.93	21.30	14.49	13.09	11.74	17.39	15.58	14.52	14.46	19.26	12.65	11.02	11.03	13.41	13.42	72.66	80.39	63.10	25.94	33.57	45.37		
	11 AÑOS MASCULINO	22.79	24.55	19.19	15.76	21.06	19.25	16.74	19.90	17.25	14.50	13.81	17.44	15.25	20.07	19.09	20.44	16.53	15.67	14.18	18.18	17.31	19.18	17.06	21.48	16.10	14.61	13.03	17.41	15.61	14.75	14.83	19.40	15.43	12.88	11.41	13.60	13.72	87.98	88.32	74.49	26.56	35.12	50.84		
	6 AÑOS FEMENINO	16.58	19.08	14.53	11.28	15.34	17.50	14.98	16.13	13.84	10.41	8.60	16.32	14.05	18.39	18.33	17.61	12.34	11.57	9.26	17.07	17.08	16.22	16.20	17.27	12.27	9.50	9.70	15.01	15.06	12.13	11.25	16.27	10.76	9.71	8.02	11.51	10.79	70.14	75.16	62.10	22.86	32.42	43.58		
	7 AÑOS FEMENINO	17.10	20.83	15.04	12.06	15.32	18.73	16.45	16.38	14.21	11.36	9.26	17.40	15.34	19.40	18.39	17.86	13.23	12.36	11.09	17.83	16.96	17.47	16.85	17.30	14.00	10.86	10.66	16.07	15.58	12.98	11.94	16.56	11.97	9.82	8.85	12.21	11.34	71.87	75.80	62.29	23.77	33.09	44.85		
	8 AÑOS FEMENINO	17.88	21.07	15.50	12.34	16.30	20.02	16.51	18.13	14.31	11.42	10.27	18.51	15.30	20.36	18.68	19.94	14.13	12.59	11.53	18.69	17.19	17.68	17.40	17.35	14.00	11.75	10.91	16.24	16.06	13.13	12.00	16.57	12.04	10.09	9.72	12.28	11.34	72.13	77.21	62.34	24.53	33.20	44.90		
	9 AÑOS FEMENINO	20.97	23.22	16.19	12.82	19.02	20.71	18.80	18.72	14.58	12.49	10.42	19.14	17.42	22.16	20.98	20.01	14.33	12.59	11.96	20.34	19.30	18.67	17.55	17.62	14.07	11.75	11.32	17.12	16.17	13.40	12.42	16.88	12.11	10.18	9.86	12.50	11.60	73.43	77.50	62.42	24.95	33.28	44.98		
	10 AÑOS FEMENINO	21.46	23.37	16.37	13.22	19.64	21.24	19.05	19.03	14.83	13.26	12.36	19.44	17.47	23.08	21.55	20.10	14.57	14.63	12.46	21.17	19.79	18.73	17.60	17.89	14.32	12.93	11.61	17.15	16.18	13.51	12.64	17.36	12.42	10.90	10.49	12.56	11.85	84.94	88.27	72.08	25.58	33.29	46.86		
11 AÑOS FEMENINO	22.00	24.61	18.29	14.63	19.99	23.26	20.10	19.91	15.91	13.55	13.17	21.26	18.37	23.24	21.67	20.35	14.75	14.70	13.88	21.16	19.76	19.96	18.35	18.14	15.01	13.98	12.30	18.21	16.84	14.87	13.17	17.68	14.68	12.72	10.51	13.76	12.31	86.26	88.45	72.30	26.06	33.42	47.77			
E																																														E
F	1					2					3					4					5																									

Nº. Lámina: 10 de 10	Nº. Hojas: 10	Sustitución:	Codificación:	ESPOCH FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
Email:	Teléfonos:		Denominación:					
Datos	Nombre	Firma	Fecha	TABLA DE DIMENSIONES				
Proyectó								
Dibujó								
Revisó				Materiales:				
Aprobó				Nombre de archivo:				
				Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro	
				<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE LA ESPOCH CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>				

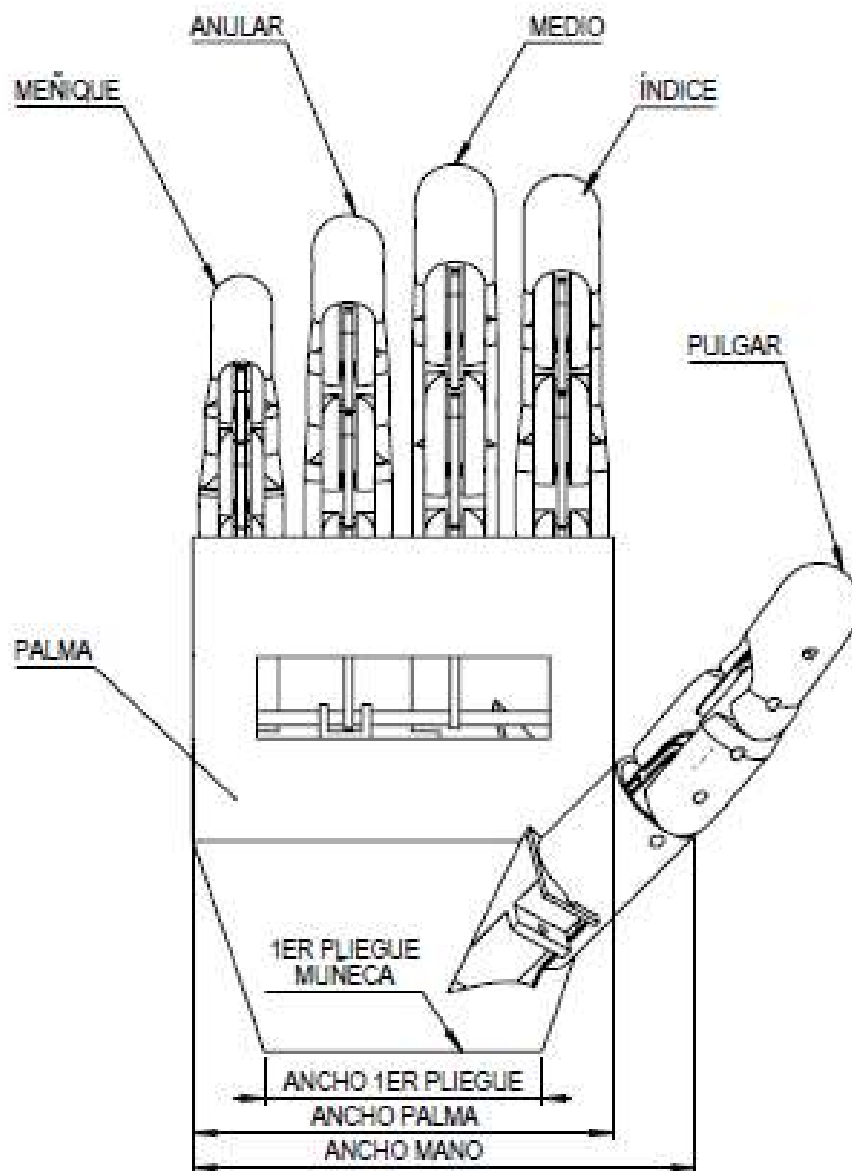
Guía de ensamble

PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE MANO

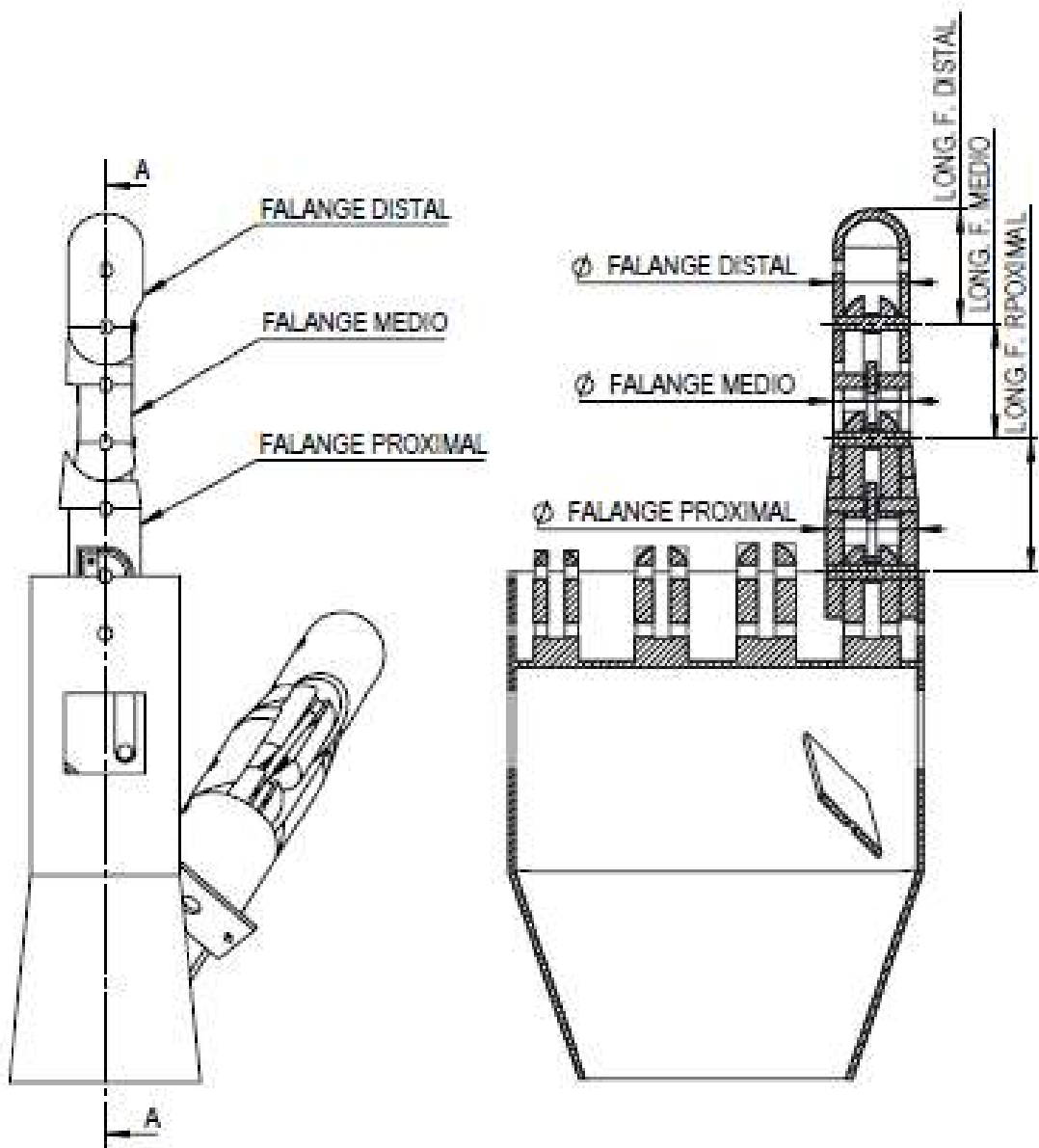


Componentes y dimensiones

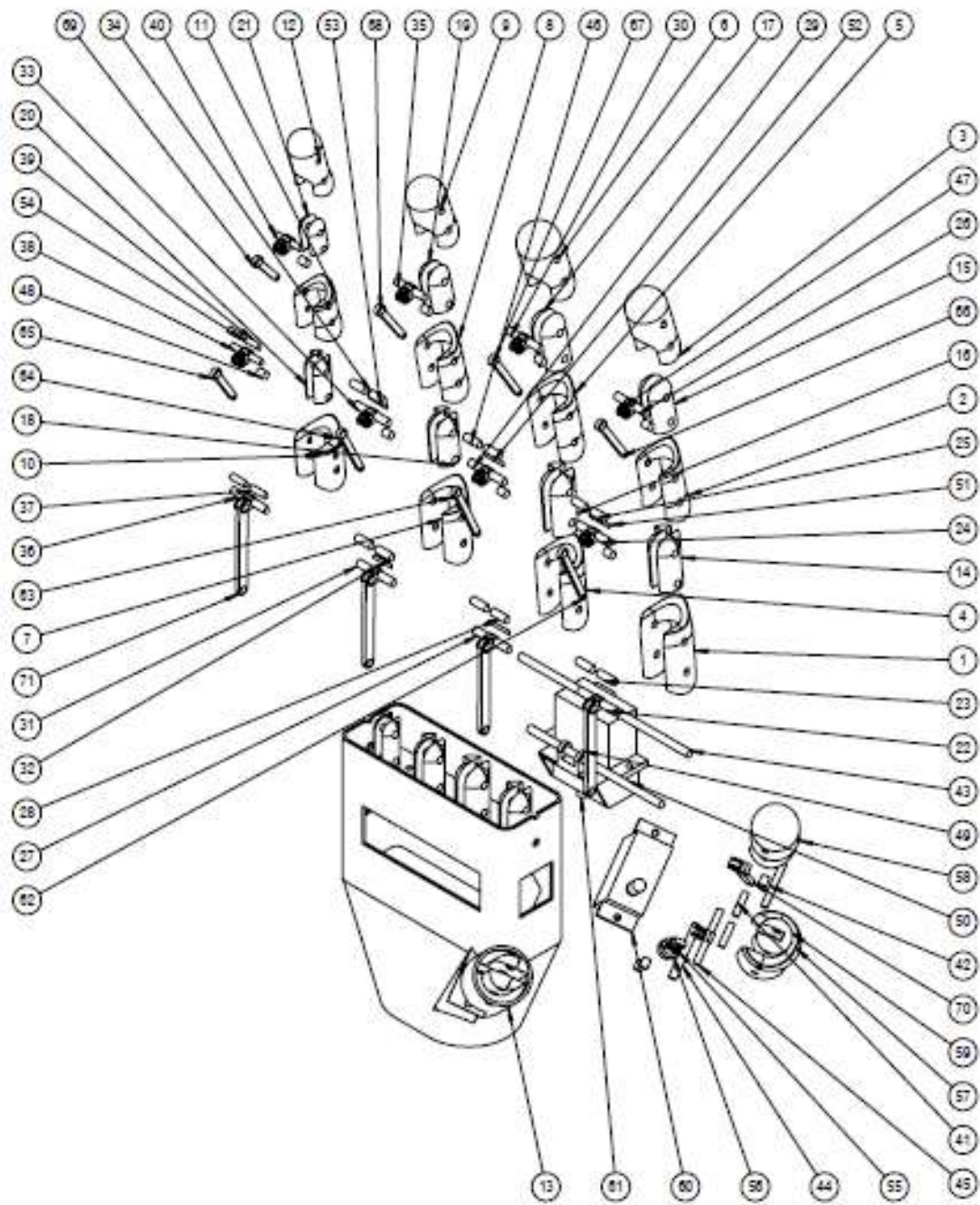
Componentes principales del prototipo.



Componentes secundarios del prototipo.



Para facilitar el ensamble de las partes del prototipo se tiene el despiece de las piezas, con esto se puede identificar el nombre de cada elemento y su ubicación.



Listado con los detalles de las partes, nombre y el número de piezas que se debe imprimir para el ensamblaje.

N°	DESCRIPCIÓN	CANT	N°	DESCRIPCIÓN	CANT
1	DI FALANGE PROXIMAL	1	37	PIN 1 DMEÑ FALANGE MEDIO	1
2	DI FALANGE MEDIO	1	38	PIN 2 DMEÑ FALANGE MEDIO	1
3	DI FALANGE DISTAL	1	39	PIN 1 DMEÑ FALANGE DISTAL	1
4	DM FALANGE PROXIMAL	1	40	PIN 2 DMEÑ FALANGE DISTAL	1
5	DM FALANGE MEDIO	1	41	PIN 1 DP FALANGE DISTAL	1
6	DM FALANGE DISTAL	1	42	PIN 2 DP FALANGE DISTAL	1
7	DA FALANGE PROXIMAL	1	43	PIN 1 BASE PALMA	1
8	DA FALANGE MEDIO	1	44	PIN 2 BASE PALMA	1
9	DA FALANGE DISTAL	1	45	PIN 1 DP FALANGE PROXIMAL	1
10	DMEÑ FALANGE PROXIMA	1	46	PIN 1 DM FALANGE DISTAL	1
11	DMEÑ FALANGE MEDIO	1	47	ESLABÓN 1	14
12	DMEÑ FALANGE DISTAL	1	48	PIN	15
13	BASE PALMA	1	49	BASE PALANCA	1
14	BASE DI FALANGE MEDIO	1	50	EJE PALANCA	1
15	BASE DI FALANGE DISTAL	1	51	MICRO PIN DI	3
16	BASE DM FALANGE MEDIO	1	52	MICRO PIN DM	2
17	BASE DM FALANGE DISTAL	1	53	MICRO PIN DA	2
18	BASE DA FALANGE MEDIO	1	54	MICRO PIN DMEÑ	2
19	BASE DA FALANGE DISTAL	1	55	PALANCA DP	1

20	BASE DMEÑ FALANGE MEDIO	1	56	TUERCA DP	1
21	BASE DMEÑ FALANGE DISTAL	1	57	DP FALANGE PROXIMAL	1
22	PIN 1 DI FALANGE PROXIMAL	1	58	DP FALANGE DISTAL	1
23	PIN 1 DI FALANGE MEDIO	1	59	BASE DP FALANGE DISTAL	1
24	PIN 2 DI FALANGE MEDIO	1	60	MICRO SERVO SAVOX	2
25	PIN 1 DI FALANGE DISTAL	1	61	TORNILLO	2
26	PIN 2 DI FALANGE DISTAL	1	62	ESLABON 00 DI	1
27	PIN 1 DM FALANGE PROXIMAL	1	63	ESLABON 00 DM	1
28	PIN 2 DM FALANGE MEDIO	1	64	ESLABON 00 DA	1
29	PIN 2 DM FALANGE MEDIO	1	65	ESLABON 00 DMEÑ	1
30	PIN 2 DM FALANGE DISTAL	1	66	ESLABON 01 DI	1
31	PIN 1 DA FALANGE PROXIMAL	1	67	ESLABON 01 DM	1
32	PIN 1 DA FALANGE MEDIO	1	68	ESLABON 01 DA	1
33	PIN 2 DA FALANGE MEDIO	1	69	ESLABON 01 DMEÑ	1
34	PIN 1 DA FALANGE DISTAL	1	70	ESLABON 00 DP	1
35	PIN 2 DA FALANGE DISTAL	1	71	ESLABON 00 PALMA	4
36	PIN 1 DMEÑ FALANGE PROXIMAL	1			

Esquemas de las piezas a armar.

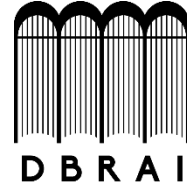


Prototipo ensamblado.





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 15 / 03 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Luis Cristóbal Almeida Pozo
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Instituto de Posgrado y Educación Continua
Título a optar: Magíster en Diseño Mecánico
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



Firmado electrónicamente por:
**LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**



0021-DBRAI-UPT-IPEC-2021

Outlook interface showing an email titled "SOLICITUD DE TRADUCCIÓN". The email is from Luis Almeida, dated March 23, 2021, 4:36 PM. It contains four attachments: "COMPROBANTE-PAGO TRADUCCION" (27 KB), "COMPROBANTE-PAGO TRADUCCION" (68 KB), "Solicitud traducción.docx" (76 KB), and "RESUMEN.docx" (13 KB). The email body includes the sender's name and address: ALMEIDA POZO LUIS CRISTOBAL, C.C. 05031399933, MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO COHORTE II 2021.

Taskbar shows the time as 04:28 p.m. on 23/03/2021.

Outlook interface showing a reply email titled "Traducción solicitada". The email is from Centro de Idiomas <idiomas@epoch.edu.ec>, dated March 23, 2021, 20:09. It contains one attachment: "TRA LUIS ALMEIDA.docx" (13 KB). The email body includes a greeting and the text: "Adjunto al presente la traducción solicitada." and "Centro de Idiomas 'Saber para ser'".

Taskbar shows the time as 04:29 p.m. on 23/03/2021.