



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: “DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.”

Autores:

Luis David Hernández Ochoa

Luis Antonio Toapaxi Toapaxi

Tutor:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

Latacunga – Ecuador

2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Hernández Ochoa Luis David y Toapaxi Toapaxi Luis Antonio declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”, siendo el Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Hernández Ochoa Luis David

C.I. 060411089-0

Toapaxi Toapaxi Luis Antonio

C.I. 160073506-0



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.”, de **Luis David Hernández Ochoa y Luis Antonio Toapaxi Toapaxi**, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero 2018

El Tutor

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA



AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Hernández Ochoa Luis David con C.I. 0604110890 y Toapaxi Toapaxi Luis Antonio con C.I. 1600735060 con el título de Proyecto de titulación:

“DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, febrero 2018

Para constancia firman:

Ing. Edwin Homero Moreno Martínez

CC: 0502607500

Ing. Verónica Paulina Freire Andrade

CC: 0502056229

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi

CC: 0502595176



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, febrero 2018

Lic. María Fernanda Constante

Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi

Coordinadora de la carrera de Educación básica

Presente.-

En calidad de Docente de la Universidad Técnica De Cotopaxi, confirmo la realización del proyecto como material didáctico **“DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”**. Implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, carrera de **Ingeniería Electromecánica**; Luis David Hernández Ochoa con CI: 060411089-0 y Luis Antonio Toapaxi Toapaxi con CI: 160073506-0

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente:

Lic. Maria Fernanda Constante

050276795-7

Coordinadora de la carrera de Educación Básica

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a dios por la oportunidad de poder estar presentes día a día en este mundo y luego a todas las personas que nos han apoyado para la realización del presente proyecto en especial a nuestros padres quienes han realizado un gran sacrificio y brindarnos la oportunidad de educarnos.

Luis A.

DEDICATORIA

En primer lugar quiero dedícale a Dios y luego a mis padres, por la vida, el amor, respeto, cariño y el apoyo incondicional hacia su hijo en las buenas y en las malas, a toda mi familia por sus palabras de aliento y ánimos para seguir adelante.

Luis D.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a mis formadores, personas de gran sabiduría, que me han apoyado para llegar a estas instancias de mi vida. De igual manera agradezco a mis padres Petrona Toapaxi y Valerio Toapaxi y hermanos, pilares fundamentales para mi formación como persona y como profesional.

Luis A.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la sabiduría y constancia para poder alcanzar mi anhelo y culminar mis estudios Superiores, a la Universidad Técnica De Cotopaxi, institución que me permitió ingresar a sus aulas del saber.

Luis D.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	viii
INDICE.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. DESCRIPCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS.....	3
5. EL PROBLEMA	4
6. OBJETIVOS:.....	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
Estudios de precedentes.....	7
Marco de referencia de la investigación.....	10
Educación con lenguaje de señas en el Ecuador.....	10
Diseño en ingeniería.....	10

Materiales para ingeniería.	12
Propiedades de los materiales.	16
Proceso de mecanizado.	18
Grados de libertad	21
Proceso de fabricación y selección de componentes eléctricos y electrónicos.	22
Programación.	23
Microcontrolador arduino.	24
Repetitividad en ejecución	24
9. HIPÓTESIS.	25
10. METODOLOGÍAS.	25
Diseño conceptual.....	25
Proceso de fabricación por moldeo.	26
Propiedades mecánicas de materiales.....	27
Maquinabilidad.....	28
Ángulos máximos y mínimos de posicionamiento.....	29
Circuitos eléctricos y electrónicos.....	29
Ensamble, pruebas y análisis de repetitividad de ejecución.....	30
11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS).....	31
Parámetros de diseño.	32
Análisis cinemático de mano robótica	32
Análisis de tiempo de reproducción de piezas.....	35
Propiedades mecánicas de los materiales	36
Maquinabilidad de materiales.....	37
Componentes eléctricos y electrónicos.....	38
Implementación.	40

Elementos mecánicos de la mano robótica	40
Elementos electrónicos de la mano robótica	41
Análisis de ángulos máximos y mínimos de posicionamiento de articulaciones	41
Análisis de repetitividad	43
Repetitividad	44
Comparación de señas	47
12. IMPACTOS	59
Impacto social.....	60
Impacto económico.....	60
13. RESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN.	61
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
Conclusiones.....	62
Recomendaciones	63
15. BIBLIOGRAFIA.....	65
16. ANEXOS	67
17. ASIGNACION DE TAREAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE TITULACION	66
18. RECEPCION DE EQUIPO	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades por objetivo.....	5
Tabla 2. Cantidad de mezcla de las resinas.	13
Tabla 3. Propiedades del caucho de siliconas RTV 8001 (Blanco).....	15
Tabla 4. Características técnicas de los yesos.	16
Tabla 5. Características de la máquina Charpy.....	17
Tabla 6. Velocidad de corte y avance por vuelta.....	19
Tabla 7. Análisis del lenguaje de señas	25
Tabla 8. Análisis funcional del diseño.....	25
Tabla 9. Diseño de mano robótica	26
Tabla 10. Reproducción de piezas	26
Tabla 11. Análisis de tiempo de reproducción de piezas.....	27
Tabla 12. Análisis de impacto Charpy.....	27
Tabla 13. Análisis de perforación de piezas.	28
Tabla 14. Análisis de tiempo de maquinado.....	29
Tabla 15. Ángulos de posicionamiento.	29
Tabla 16. Análisis eléctrico y electrónico.....	30
Tabla 17. Ensamble y verificación de funcionamiento.	30
Tabla 18. Calculo de muestra.	31
Tabla 19. Análisis de repetitividad	31
Tabla 20. Cálculo de grados de libertad de mano robótica.....	32
Tabla 21. Valores de solidificación de materiales	35
Tabla 22. Valores de resistencia de impacto	36
Tabla 23. Valores calculados de mecanizado	37
Tabla 24. Valores calculados de mecanizado.	39
Tabla 25. Velocidad de operación	39
Tabla 26. Consumo de corriente.....	40

Tabla 27. Ángulos de servomotores.	41
Tabla 28. Pruebas de ejecución.	44
Tabla 29. Comparación de señas entre diccionario y mano robótica.	47
Tabla 30. Presupuesto para la fabricación de mano robótica.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mano mecánica de Pare Ambroise.....	7
Figura 2. Mano robótica Belgrado/Usc	7
Figura 3. Mano Artificial Inteligente.....	8
Figura 4. Traductor Dactilológico	9
Figura 5. Robot Érica.....	9
Figura 6. Impresora 3D	11
Figura 7. Proceso por moldeo.....	12
Figura 8. Cadena de mecanismos	21
Figura 9. Análisis cinemático dedo 2D.....	33
Figura 10: Fabricación de moles	33
Figura 11. Llenado de molde con yeso.....	34
Figura 12. Palma reproducida	35
Figura 13. Cantidad de energía absorbida E_p	37
Figura 14. Proceso de perforación.....	38
Figura 15. Ensamble de mano robótica	41
Figura 16. Ángulo de la letra A	43
Figura 17. Costos de fabricación.....	60

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA.”

Autor/es:

Luis David Hernández Ochoa

Luis Antonio Toapaxi Toapaxi

RESUMEN

En la presente investigación se hace un detalle del diseño y la construcción de una mano robótica que permite la comunicación dactilológica del abecedario y números dígitos en niños y niñas con discapacidad auditiva. Considerando que en el país la poca inversión en tecnología para instituciones, dificulta la explicación de este tipo de comunicación de un amanaera didáctica. Tratan de los fundamentos teóricos que sirvieron como base de la investigación de forma ordenada y sistemática que permiten llegar a cumplir con el objetivo del proyecto.

La mano robótica se encuentra elaborada mediante el análisis de resistencia en materiales, tiempos de mecanizado, el dimensionamiento es a través de la lógica de cálculos estructurados, la comunicación mediante lógica de programación y control para una adecuada funcionalidad del material didáctico.

Palabras clave: mano robótica, inteligencia artificial, comunicación dactilológica

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "ELECTROMECHANICAL DESIGN OF ROBOTIC HAND WITH FUNCTIONAL CHARACTERISTICS FOR THE DACTILOLOGIC COMMUNICATION OF THE ABECEDARY AND DIGIT NUMBERS IN CHILDREN WITH AUDITIVE DISABILITY. "

Author / s:

Luis David Hernández Ochoa

Luis Antonio Toapaxi Toapaxi

ABSTRACT

In this research work the construction of a robotic hand is detailed to allow the communication of the alphabet and digit numbers in children with hearing disabilities. Considering the limited investment in technology to institutions in our country. It makes difficult to explain this type of communication in a didactic manner. They deal with the theoretical foundations that served as the basis of the research in an orderly and systematic way which allow to reach the objective of the project.

The robotic hand is elaborated through the analysis of material resistance, machining times, the dimensioning through the logic of structured calculations, the communication through logic of programming and control for an adequate functionality of the didactic material.

Keywords: *robotic hand, artificial intelligence, fingerprint communication*



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **LUIS DAVID HERNANDEZ OCHOA** y **LUIS ANTONIO TOAPAXI TOAPAXI**, cuyo título versa **“DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE MANO ROBÓTICA CON CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES PARA LA COMUNICACIÓN DACTILOLÓGICA DEL ABECEDARIO Y NÚMEROS DÍGITOS EN NIÑOS Y NIÑAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 29 de Enero del 2018

Atentamente,

Mg. Emma Jackeline Herrera L.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 050227703-7

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Fecha de inicio: Octubre 2016

Fecha de finalización: Febrero 2018

Lugar de ejecución: Material didáctico para docentes (Licenciatura Parvularia de la Universidad Técnica de Cotopaxi).

Facultad que auspicia: Ciencias de la ingeniería y aplicadas.

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica.

Equipo de Trabajo:

El equipo de trabajo de investigación está conformado por los señores:

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Luis David Hernández Ochoa

Luis Antonio Toapaxi Toapaxi

Estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la facultad de ciencias de la ingeniería y aplicadas de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Área de Conocimiento:

Ingeniería, industria y construcción.

Ingeniería y profesiones afines: Dibujo técnico, mecánica, electricidad y electrónica.

Línea de investigación: Procesos industriales.

Para el diseño de la mano robótica de enseñanza y aprendizaje del abecedario y números dígitos se considera los procesos industriales para la fabricación, reproducción de piezas mecánicas y el análisis de materiales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

- Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.
- Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

Se considera las dos sub líneas de investigación de la carrera de ingeniería electromecánica para la elaboración de un prototipo de mano robótica, misma que dispone de un sistema de control para la ejecución y posicionamiento de las articulaciones.

2. DESCRIPCIÓN.

El proyecto consiste en la construcción de una mano robótica electromecánica con 22 grados de libertad, capaz de realizar la comunicación dactilológica del abecedario y números dígitos de manera física e interactiva, para niños y niñas que sobrelleven discapacidad auditiva. La mano está constituida por cinco dedos, palma y muñeca, fabricados en material plástico. Las articulaciones y dedos se encuentran unidos entre ellos mediante el uso de elemento de sujeción, de igual manera consta con servomotores que permitirán el posicionamiento de los dedos de la mano para lograr la seña requerida.

El sistema de control está conformado por una tarjeta electrónica, que contiene los dispositivos y principalmente el microcontrolador (Tarjeta arduino), el microcontrolador almacena el algoritmo necesaria para el control de los actuadores además permitirá editar la configuración de la programación de acuerdo a los requerimientos de la mano robótica.

Para el manejo del material didáctico se emplea un teléfono celular con sistema operativo Android con la aplicación TradSeñas disponible en la tienda Play Store de Android, misma que es usada como señal de entrada y enviar por medio del módulo bluetooth la señal requerida hacia la tarjeta arduino logrando así la interfaz entre el teléfono y los actuadores de la mano robótica.

3. JUSTIFICACIÓN.

En el Ecuador la poca inversión para la creación de artículos, equipos o elementos tecnológicos que apoyen a mejorar la calidad de vida de las personas que padecen de discapacidad auditiva, las personas se ven en la necesidad de adquirir artículos proveniente de otros países a precios muy elevados, siendo el recurso económico un factor en la exclusión de las personas que padecen algún tipo de discapacidad.

La provincia de Cotopaxi tiene un total de 1.745 personas con discapacidad auditiva, de este grupo 644 pertenecen a la ciudad de Latacunga de acuerdo con las cifras presentadas por el (CONADIS), y estas carecen de un medio aprendizaje del abecedario y números dígitos, mediante lenguaje de señas que conduzca a la innovación tecnológica.

En el campo de la educación de acuerdo con datos de la Coordinación de Planificación del Ministerio de Educación, en el año 2015 en el país se registran 2194 estudiantes desde primero hasta séptimo de básica, inscritos en 1375 establecimientos educativos. Específicamente el número de instituciones ubicadas en la zona 3 es de 106.

La mano robótica permitirá la visualización física del abecedario y números dígitos, este equipo es parte de una herramienta didáctica de apoyo para los estudiantes que padecen discapacidad auditiva, en las diferentes Unidades Educativas Especializadas que existen en el Ecuador.

4. BENEFICIARIOS.

Los beneficiarios directos de este proyecto son los niños y niñas con discapacidad auditiva, estos pueden ser del cantón, provincia o país, (2194 estudiantes) y el grupo de investigadores, los beneficiarios indirectos serán los docentes que imparten la enseñanza a los niños.

5. EL PROBLEMA

Inexistencia de una mano robótica de enseñanza del abecedario y números dígitos, mediante el lenguaje dactilológico para los niños y niñas con discapacidad auditiva.

6. OBJETIVOS:

El cumplimiento secuencial de los objetivos permitirá el buen desarrollo del diseño y la fabricación de la mano robótica.

Objetivo general:

Diseñar una mano robótica electromecánica con características funcionales mediante la selección eficiente de materiales, para la comunicación dactilológica del abecedario y números dígitos en niños y niñas con discapacidad auditiva.

Objetivos específicos:

- Investigar el lenguaje de señas utilizadas por las personas con discapacidades auditivas en el Ecuador, para la visualización de su posicionamiento de las articulaciones.
- Diseñar una mano robótica a través de la selección de materiales, microcontroladores y elementos electrónicos adicionales que permitan su construcción minimizando sus costos de fabricación.
- Construir el prototipo de mano robótica, ensamble y puesta a prueba para la enseñanza del abecedario y números dígitos.

- Efectuar las pruebas de funcionamiento y posicionamiento mediante el análisis de repetitividad de señas.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 1. Actividades por objetivo.

Objeto	Descripción del objeto	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
Investigación del lenguaje de señas utilizadas por las personas con discapacidades auditivas en el Ecuador.	Lectura del diccionario de lenguaje de señas ecuatoriana Gabriel Román. Visualización de gráficos y videos de las señas utilizadas en el Ecuador. Análisis de la forma adecuada de articular una seña	Conocimiento del lenguaje de señas empleados en el país. Conocimiento de posicionamiento correcto de las articulaciones al realizar las señas. Observación de la posición de la cada letra.	Determinación del lenguaje de señas Limitar el posicionamiento de las señas. Fijar el posicionamiento de las señas.
Diseñar una mano robótica versátil a través de la selección de materiales, microcontroladores y elementos electrónicos adicionales que permitan la repetición de letras y deletreo de palabras en el lenguaje dactilológico .	Diseño conceptual y análisis de grados de libertad; Diseño en detalle Análisis, ensayos y selección de materiales rígidos que constituyen la mano robótica. Esquema, selección de componentes electrónicos y programación de la mano robótica de acuerdo a los requerimientos necesarios	Bosquejo y número de grados de libertad Resistencia de impacto, tiempos de mecanizado y elementos mecánicos seleccionados Elementos electrónicos seleccionados	Análisis cinemático de la mano. Fabricación de planos de contrición. Selección de material de construcción de piezas. Determinación de tiempos de mecanizado para cada uno de los materiales analizados. Selección de los elementos eléctricos y electrónicos. Modificaciones de programación según letra o número.
Construcción del prototipo de mano robótica, ensamble y puesta a prueba para la enseñanza del abecedario y números dígitos.	Fabricación de piezas para mano robótica Ensamble de mano robótica	Piezas para el ensamble de mano robótica Mano robótica	Verificación de medidas en fabricación de piezas. Verificación de tolerancias en el ensamble

	Fabricación de circuitos electrónicos, comunicación de microcontrolador y aplicación móvil Pruebas finales de la mano robótica.	Sistema electrónico y de comunicación Tiempo de secuencia de deletreo. Mano robótica con porcentaje de error en ejecución en el lenguaje de señas	Verificación de secuencia de fabricación Verificación del tiempo de secuencia Verificación de la seña requerida
Efectuar las pruebas de funcionamiento y posicionamiento mediante el análisis de repetitividad de señas	Análisis de posicionamiento de las articulaciones de la mano robótica fabricada.	Comprobación de la ejecución de señas de letras y números.	Analizar mediante repetitividad de la seña el buen posicionamiento de las articulaciones de la mano.

Fuente: Autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

En la actualidad la robótica es una rama de la ingeniería mecatrónica que ha aportado en gran parte en la construcción, fabricación, creación de equipos que operan de manera autónoma a diferencia de los equipos fabricados en años anteriores, que se requerían obligatoriamente de una persona para el control de los equipos, elementos, maquinas, etc. Los robots son utilizados para mejorar la calidad de vida del hombre.

El hombre ha logrado desarrollar diferentes robots, con el objetivo de crear vida artificial según la necesidad de la sociedad, dichos robots son utilizados en diferentes aplicaciones como la agricultura, educación, medicina, industrias, etc. En el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de lenguaje de señas a personas con discapacidad auditivas, se han creado diferentes prototipos de robot humanoides por muchas industrias e investigadores de diferentes universidades, con la finalidad de mejorar la comunicación entre las personas con algún tipo de discapacidad auditiva (sordomudas) y las personas oyentes.

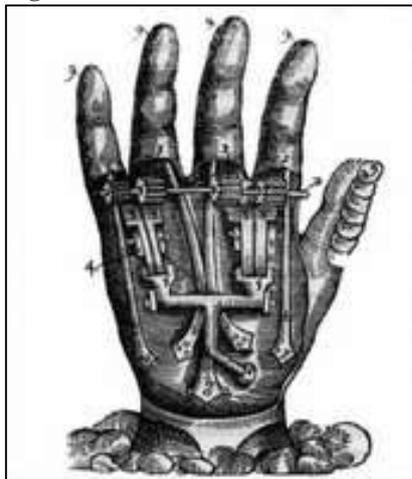
El objetivo de este capítulo es obtener información que permita el análisis de aspectos, materiales y formulas a considerar para la elaboración de la mano robótica para enseñanza y aprendizaje del abecedario y números dígitos.

Estudios de precedentes.

Las personas con el avance de la ciencia y la tecnología buscan generar diferentes elementos, artículos, equipos, entre otros, que permita mejorar la calidad de vida de las personas, es así que en el ámbito de la educación se ha creado diferentes manos robóticas y robots muy avanzados y complejos capaces de interactuar con las personas. A lo largo del tiempo se han desarrollado distintas manos robóticas que han aportado en el avance de lograr obtener una mano que posea similitud a la mano humana, estas son:

La primera mano mecánica aparece en 1564 realizada por Pare Ambroise mismo que publicó un diseño de una mano mecánica. Hecho de una mano real con músculos mecánicos. Comparando el diseño del títere y este se puede observar que el trabajo metalúrgico es de un nivel comparable. (Ortiz , 2007). La mano de Pare se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Mano mecánica de Pare Ambroise



Fuente: (Ortiz , 2007)

En la misma década en el año 1969, con el trabajo conjunto de la Universidad del Sur de California y la Universidad de Novi-Sad at Belgradetiene, crean un prototipo llamado Belgrado/Usc (Figura 2). Tiene cuatro dedos, cada uno con tres ejes y un grado de libertad que permite la flexión de todas las articulaciones de la unión. La mano es controlada mediante un controlador proporcional derivativo (PD) simple con un microcontrolador 332 (Andrade & Zúñiga, 2011).

Figura 2. Mano robótica Belgrado/Usc



Fuente: (Andrade & Zúñiga, 2011)

La mano mecánica denominada MA-I (Mano Artificial Inteligente) diseñada y construida en el Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales (IOC) de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) como parte de un sistema integrado para la experimentación y prueba de estrategias de aprehensión y manipulación de objetos. (Figura 3.). La configuración básica de la mano es de 4 dedos con 4 grados de libertad (GDL) cada uno. (Suárez & Grosch, 2001).

Figura 3. Mano Artificial Inteligente



Fuente: (Suárez & Grosch, 2001)

Desde la aparición de la primera mano mecánica creada por Pare Ambroise que únicamente su control se lo realizaba de manera mecánica, sus sucesores son más inteligentes con el uso de diferentes microcontroladores los cuales permiten la automatización del movimiento de las articulaciones de los dedos, de igual forma permiten la reducción de espacio físico de la mano y una reducción de costos en el proceso de fabricación.

Con el aporte de los diseños anteriormente construidos ha permitido el avance tecnológico en la fabricación de manos robotizadas que esta construidas específicamente para la enseñanza y aprendizaje de las personas con discapacidades auditivas, entre ella tenemos las que se detallan a continuación.

En 2009, estudiantes de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Zacatenco, del Instituto Politécnico Nacional, diseñaron el prototipo denominado Traductor Dactilológico (figura 4). Este prototipo permite la comunicación entre las personas que desconoces el lenguaje de señas y las personas con discapacidades auditivas.

Figura 4. Traductor Dactilológico



Fuente: (Universidad Mexico, 2009)

Érica fue creada en 2014 (figura 5.) por un grupo de ingenieros de la universidad de OSAKA de Japón, JAPAN SCIENCE AND TEGNOLOGY y KYOTO y el ATR (ADVANCED TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE INTERNATIONAL). Liderado por el profesor Hiroshi Ishiguro, director del “Intelligent Robotics Laboratory” (BBC, 2015). Érica tiene como finalidad lograr la interacción y conversación de los robots con los seres humanos siendo este el robot humanoide más avanzado hasta la actualidad.

Figura 5. Robot Érica



Fuente: (BBC, 2015)

Los proyectos anteriormente mencionados aportan en la comunicación en lenguaje de señas, el robot más actualizado y que mayor impacto ha tenido en la sociedad es Érica ya que permite la comunicación directa con otras personas.

Marco de referencia de la investigación.

Se detalla los diferentes procesos para la obtención del objetivo.

Educación con lenguaje de señas en el Ecuador.

El lenguaje es un elemento muy importante y fundamental dentro de una sociedad permitiendo la interacción y comunicación entre los integrantes del mismo, un tipo de comunicación es el lenguaje por medio de señas el aprendizaje de este tipo de comunicación permiten la inclusión de personas con discapacidad auditiva. En el ámbito educativo, los materiales didácticos constituyen herramientas fundamentales para el desarrollo del proceso de enseñanza, según (Crúz, 2014).

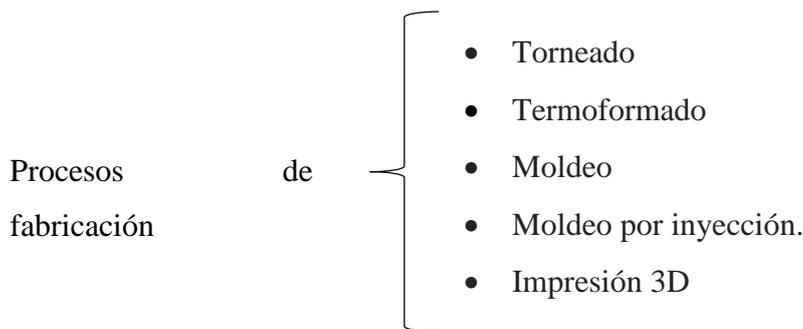
Los materiales didácticos son usados para apoyar el desarrollo de niños y niñas en aspectos relacionados con el pensamiento, el lenguaje oral y escrito, la imaginación, la socialización, el mejor conocimiento de sí mismo.

Diseño en ingeniería.

En el diseño de ingeniería se utiliza diferentes parámetros de cálculos mecánicos y eléctricos así como procedimientos de fabricación de componentes de la mano robótica para comunicación dactilológica.

Proceso de moldeo y reproducción de piezas.

Para la obtención de piezas se puede emplear diferentes métodos y procesos de fabricación, mismas que dependen de las características y complejidad de cada una de ellas viéndose con esto reflejado en los tiempos y costos en reproducción.



Proceso de fabricación de mano robótica.

De acuerdo con la clasificación anterior los procesos de fabricación tienen un objetivo en común de obtener la pieza o componente de acuerdo a las características técnicas que indican antes de su fabricación.

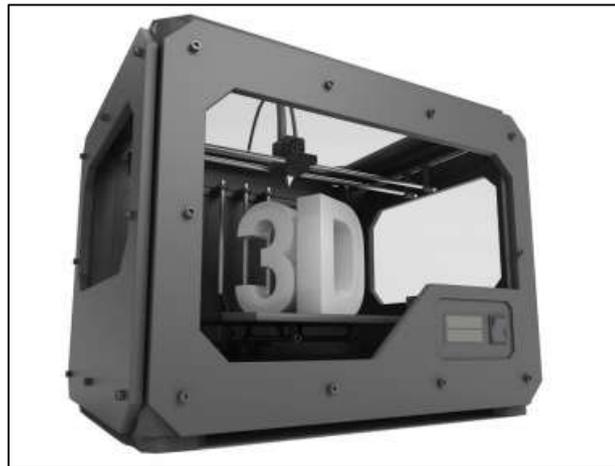
Para la aplicación de reproducción de piezas de la mano robótica se emplea la impresión 3D misma que permiten la obtención del molde matriz de obtención de componentes mediante aplicación del proceso de moldeo.

Impresión 3D.

La impresión 3D es capaz de generar un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material basándose en modelos 3D para definir qué se va a imprimir como ilustra la figura 6. Un modelo no es sino la representación digital de lo que vamos a imprimir mediante un software.

Las impresoras 3D lo que hacen es crear un objeto con sus tres dimensiones construyendo capas sucesivamente hasta conseguir el objeto deseado. (BBVA Innovation Center, 2015).

Figura 6. Impresora 3D



Fuente: (BBVA Innovation Center, 2015)

Moldeo

Un molde es un recipiente que presenta una cavidad en la que se introduce un material en estado de fusión que, al solidificarse, adopta la forma de la cavidad. Posterior a ello se deja enfriar el tiempo necesario hasta que se solidifique y se extrae del molde. Por medio de este método podemos fabricar y obtener piezas de formas muy diversas.

El proceso por moldeo mediante el uso de caucho siliconado permite la fabricación de un molde o matriz de la pieza a reproducir, de acuerdo con la cantidad de caucho y la cantidad de catalizador empleados en la mezcla el tiempo de solidificación varían, el proceso se ilustra en la imagen que se ilustra la figura 7.

Figura 7. Proceso por moldeo.



Fuente: (Locanto, 2017)

Materiales para ingeniería.

En la parte de ingeniería se utiliza diferentes materiales entre los cuales tenemos:

Materiales utilizados
para ingeniería

- Metales.
- Cerámicos.
- Polímeros.
- Materiales compuestos.
- Semiconductores.

Materiales polímeros.

Los polímeros son fundamentalmente diferentes de las cerámicas y los metales. Ya que para este material se considera el módulo de elasticidad y la resistencia de los polímeros a un nivel molecular.

Resina de poliéster.

Las resinas de poliéster son líquidas a temperatura ambiente y pueden ser llevadas a estado sólido, en el caso de las resinas pre-aceleradas, por la adición de un catalizador; y para resinas no pre-aceleradas un acelerador y un catalizador. Existen diferentes clases de resinas entre las cuales se encuentran resinas de poliéster, vinilester y epóxica. (Gil, 2012).

El proceso de transformación de la resina de poliéster, de estado líquido a sólido se llama curado. Este cambio de estado no se presenta inmediatamente se adicionan los promotores de curado (acelerador y catalizador), es una reacción que ocurre a medida que transcurre el tiempo y se genera de forma gradual, pasando de estado líquido a estado gelatinoso (conocido como estado o tiempo de gel) y finalmente ha estado sólido.

El tiempo del cambio de estado dependerá de dos factores que son la temperatura ambiente es decir que en un clima cálido el cambio de estado será mucho mayor a la de un clima frío, el otro factor dependerá de la cantidad de catalizador o acelerante se emplea en la mezcla. Para el proceso de curado de la resina se debe considerar la humedad relativa del ambiente que deberá estar en un rango de 40 y 54 % y el incremento de la temperatura del proceso, la cual reduce el tiempo de gelificación. A temperatura ambiente no se debe sobrepasar los 27 °C por cuestiones puramente lógicas, de igual forma la temperatura ambiente, la mayoría de las resinas no curan a temperaturas inferiores a 16 °C. (Gil, 2012). La tabla 2 muestra la cantidad de catalizador a emplearse para la mezcla con la resina de poliéster.

Tabla 2. Cantidad de mezcla de las resinas.

PREPARACION DE RESINAS

REFERENCIA	PESO(gr)	GOTAS COBALTO	GOTAS MEK	USOS
809 pre- acelerada Ortoflaltica rigida	100 gr	0	40	Vaciados opacos Fibra de vidrio
818 virgen Ortoflaltica semirigida	100 gr	8	40	Vaciados traslucidos Encapsulados
823 Ortoflaltica semirigida	100 gr	8	40	Vaciados traslucidos Encapsulados
851 pre-acelerada	100 gr	0	31 a 77	Vaciados semi-opacos
863 Isofaltica NPG	100 gr	15	80	Alta resistencia química y al ambiente
872 isoflaltica flexible	100 gr	20	40	En combinación con 809 se puede maquinar.

Fuente: (ANDERCOL S.A, 2016)

Caucho siliconado

Los cauchos de siliconas son elastómeros de siliconas de dos componentes líquidos (el caucho y un catalizador) que vulcanizan a temperatura ambiente. Luego del curado resulta un material elástico y resistente pudiendo variarse algunas de sus propiedades físicas (por medio de productos auxiliares o variaciones de temperatura) para adecuarlos a distintos usos.

Los aditivos que se pueden utilizar son el fluido de siliconas, que se utiliza para bajar la viscosidad y disminuir la dureza del caucho, el catalizador tixotrópico (disponible para algunos de los cauchos), que espesa el material para que pueda ser aplicado a pincel o espátula en capas sucesivas (Noviplast, 2014).

Se trata de un material muy versátil que, por su gran fidelidad de copiado, se utiliza para la fabricación de moldes para la posterior reproducción por colada de piezas en distintos materiales como poliéster, epoxi, yeso, cera, cemento, poliuretanos rígidos o flexibles, e incluso alimentos. De esta manera pueden obtenerse marcos, portaretratos, bases de lámparas, adornos, velas, molduras etc. Las características del material se detallan en la tabla 3.

Tabla 3. Propiedades del caucho de siliconas RTV 8001 (Blanco)

Descripción:	El RTV 8001 es un elastómero de siliconas de dos componentes que vulcaniza por condensación a temperatura ambiente. Este caucho se vuelve, luego del curado, un material elástico. Es económico y de uso general
Presentación	250 gr, 500 gr, 1 kg, 4 kgs, 20kgs
Propiedades físicas del material curado:	Dureza, shore A : 17
Concentración lineal:	0.5 %
Alargamiento de rotura:	400 %
Temperatura de trabajo:	Hasta 200 °C
Usos principales:	Este material puede ser usado para hacer moldes y membranas para la reproducción de piezas de poliéster colado, cemento sintético o natural, yeso, poliuretanos rígidos o flexibles, cera, moldes de sueldas, encapsulados eléctricos. Para la producción de elementos decorativos y de arte, molduras de muebles y frisos, velas decorativas, etc.

Fuente: (Noviplast, 2014)

Materiales cerámicos.

Son sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico. Una de sus características del material, puedan fabricarse en formas con dimensiones determinadas.

Yeso blanco

Está constituido por dos componentes fundamentales: yeso hemihidrato y yeso sobrecosido, que está integrado por una mezcla de anhidritas. La anhidrita produce efectos importantes sobre la calidad, tales como: evitar el descenso de resistencia a corto plazo del hemihidrato; absorber agua del medio ambiente que compensa el efecto de contracción y reduce la variación de volúmenes; aumentar la plasticidad y la elasticidad del yeso, condiciones tales como para su aplicación a los revestimientos.

Las proporciones de hemihidrato y anhidrita varían según los distintos procedimientos de obtención, podemos decir, no obstante, que la mezcla hemihidrato/anhidrita oscila entre 20 a 70 % de hemihidrato y entre 80 a 30 % de anhidritas. Los tiempos de fraguado oscilan entre 3 y 7 minutos, las aplicaciones generales de este tipo de yeso son los guarnecidos y tendidos, en espesores de unos 10 a 15 mm. (Goma, 1989). Como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Características técnicas de los yesos.

Características	Yeso negro	Yeso blanco	Escayola
Composición química CaSO ₄ . ½ H ₂ O	≥ 50 %	≥ 66%	≥ 80 %
Finura			
Tamiz # 70 (210 µm)	≤ 20 %	≤ 10 %	≤ 2%
Tamiz # 170 (88 µm)	≤ 50 %	≤ 20 %	≤ 16 %
Fraguado			
Inicio	2-5 min ** 5-15 min *	2-5 min ** 5-15 min *	4-15 min
Fin	< 30 min	< 15 min ** < 30 min *	< 30 min
Resistencia			
Flexión	≥ 30 kg/cm ²	≥ 40 kg/cm ²	≥ 70 kg/cm ²
Compresión	≥ 75 kg/cm ²	≥ 100 kg/cm ²	≥ 150 kg/cm ²
*Yeso lento			
**Yeso rápido			

Fuente: (Goma, 1989)

Propiedades de los materiales.

Se considera las propiedades de los materiales tales como:

Dureza.

La resistencia de un material a la penetración por una herramienta con punta se llama dureza. Los materiales duros son generalmente más difíciles de mecanizar pues requieren una fuerza mayor para cortarlos. Sobre estos factores influyen propiedades del material como su composición química, conductividad térmica y su estructura microscópica.

Tenacidad.

Tenacidad es un término que se relaciona tanto con la resistencia como con la ductilidad. Por ejemplo, la tenacidad a la fractura se define como el área total bajo la curva de esfuerzo-deformación unitaria a la fractura. Esta área, que se llama módulo de tenacidad, es la energía de deformación por unidad de volumen requerida para causar fractura en el material. (Nisbett, 2008).

Ensayo de Impacto Charpy.

Una fuerza externa aplicada a una estructura o a una parte se llama carga de impacto si el tiempo de aplicación es menor que un tercio del periodo natural de vibración mínimo de la parte o de la estructura. De otro modo, se llama simplemente carga estática. (Nisbett, 2008).

La aplicación de este ensayo permitirá la obtención de resultados de resistividad de los materiales ,ecuación 1 a analizar para la fabricación y construcción de la mano robótica, para este ensayo se empleará la máquina para ensayo de impacto Charpy del Laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, las características de esta máquina se muestra en la tabla 5.

$$\tau = M(h - h')g = M.l.g(\cos \beta - \cos \alpha) \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

τ – La energía empleada en la rotura; (Joules).

M – Masa del péndulo; (Kg).

g – Gravedad; (9.8 m/s²).

h – Altura inicial del péndulo; (m).

h` – Altura final del péndulo; (m).

l – Longitud del péndulo; (m).

α y β Ángulos que forman el péndulo con la vertical antes y después de soltarlo, respectivamente.

Tabla 5. Características de la máquina Charpy.

PENDULO CHARPY	
Energía o capacidad de impacto	302.18 J
Velocidad de impacto	4.13 m/s
Tipo de lectura	Digital
Resolución de la lectura	
Normas utilizadas	ASTM E-23 / INEN 130

ACCIONAMIENTO MANUAL	
Elevación	Levantamiento del péndulo manualmente
ACCESORIOS	
Probeta de impacto Comprobador de centrado de probeta	
DIMENSIONES	
Base	1.2 x 0.73 m
Altura	1.3 m
Longitud del péndulo	0.98 m
Peso de la masa del péndulo	35.5 kg
Peso maquina	271.1 kg

Fuente: (Viracocha & Lasluisa, 2014)

Proceso de mecanizado.

La metodología empleada en la parte mecánica de fabricación, permitirá obtener datos de tiempo de mecanizados de las piezas empleando cada uno de los materiales seleccionados para los ensayos correspondiente; de igual forma permitirá obtener las velocidades angulares recomendadas y comprobadas para la perforación, ecuaciones obtenidas según (SANDVIK, 2010).

La velocidad de corte ecuación 2 permite obtener la velocidad angular adecuada a la que se deberá trabajar dependiendo de cada material, evitando así fisuras en la pieza a ser perforada.

$$v_c = \frac{D_c \cdot \pi \cdot n}{1000}$$

Ec.

(2)

Donde:

Vc – Velocidad de corte; (m/min).

Dc – Diámetro de broca; (m).

n – Velocidad de taladro; (rpm).

Velocidad de penetración permite determinar la velocidad a la cual se puede realizar la perforación o romper el material a ser perforado, valor que se obtiene mediante la aplicación de la ecuación 3.

$$v_f = f_n \cdot n \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

V_f – Velocidad de penetración; (mm/r).

f_n – Avance por vuelta; (mm/r).

n – Velocidad de taladro; (rpm).

El avance por revolución es el fraccionamiento entre la velocidad de penetración y la velocidad de taladrado mediante la aplicación de la ecuación 4.

$$f_n = \frac{v_f}{n} \quad \text{Ec.}$$

(4)

Donde:

f_n – Avance por vuelta; (mm).

V_f – Tasa de penetración; (mm/min).

n – Velocidad de taladro; (rpm).

Para el dato del avance de revolución y velocidad de corte se utilizara la tabla 6.

Tabla 6. Velocidad de corte y avance por vuelta.

Materiales	Velocidad m/min	Velocidad m/diente	Observaciones
Aluminio	200/400	0.03/0.10	Petróleo o RGV. Copos suaves, adherentes
Aleac. Aluminio	200/400	0.03/0.10	Emulsión de aceite de corte copos más secos
Latones	150/300	0.02/0.10	Emulsión de aceite de corte
Bronces – Zinc	100/150	0.002/0.10	Emulsión de aceite de corte
Plásticos	50/100	0.04/0.20	Siempre en mejor tener un chorro de aire

(baquelita)			Aire	bien dirigido (acción mecánica muy importante) antes que un chorro únicamente de limpieza
Termoplásticos (Acetato) (Plexi) (Pvc) (Nylon)	100/50	0.04/0.20	Aire Agua vaporizada	
Acero –INOX	90	0.002/0.02	Emulsión de aceite de corte	
Madera	60/100	0.02/0.12	Aire	

Fuente: (vinilshop, 2012)

Tasa de extracción es la cantidad de material eliminado en un periodo de tiempo se obtiene mediante la ecuación 5.

$$Q = \frac{D_c \cdot f_n \cdot v_c}{4} \quad \text{Ec.}$$

(5)

Dónde:

Q – Tasa de extracción; (cm³/min)

Dc – Diámetro de taladro; (mm).

fn – Avance por revolución; (mm).

Vc – Velocidad de corte; (mm/min).

El tiempo de mecanizado se obtiene con la aplicación de la ecuación 6, permite obtener el tiempo que tomará realizar las perforaciones dependiendo del material, con ellos se calculara el tiempo real a emplearse en el proceso de mecanizado a ejecutarse en toda la fabricación de la mano robótica.

$$T_c = \frac{I_m}{V_f} \cdot 60 \quad \text{Ec.}$$

(6)

Donde:

T_c – Tiempo de mecanizado; (min).

I_m – Mecanizado longitudinal de perforación; (mm).

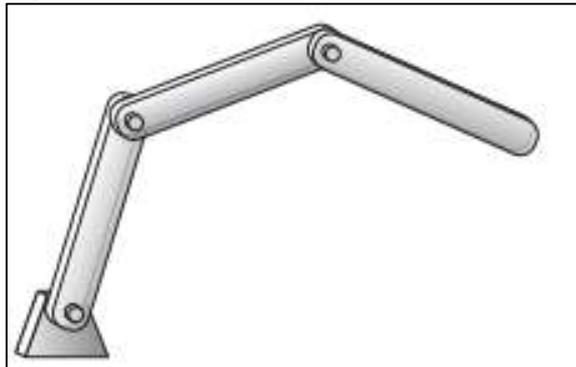
V_f – Tasa de penetración; (mm.rpm).

Grados de libertad

Los grados de libertad (GDL) del sistema “es igual al número de parámetros (mediciones) independientes que se requieren para definir de manera única su posición en el espacio en cualquier instante de tiempo” (Norton, 2009) .

Parámetro importante en el diseño para el posicionamiento eficiente de las articulaciones al realizar la seña, se empleara un mecanismo de cadena abierta como se ilustra en la imagen 8.

Figura 8. Cadena de mecanismos



Fuente: (Norton, 2009)

Ecuación de Gruebler

La ecuación de Gruebler permite obtener los grados de libertad con los que contara la mano robótica, este valor dependerá del diseño del mismo.

$$M = 3(n - 1) - 2j_p - j_h \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

M – Grados de libertad

n – Número total de eslabonamientos en el mecanismo

J_p – Número total de uniones principales (uniones de pernos o de correderas)

J_h – Número total de uniones de orden superior (engranajes)

Proceso de fabricación y selección de componentes eléctricos y electrónicos.

El análisis de los circuitos eléctricos y electrónicos, permite la selección de los actuadores (servomotores) y el dimensionamiento de la fuente de voltaje para la alimentación de los componentes electrónicos. Para la selección de los actuadores (servomotores) es indispensable el cálculo de momento a efectuarse en el mecanismo de la mano robótica, este valor se obtiene mediante aplicación de la ecuación 8.

$$M = F.d \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

M – Momento efectuado; (N.m).

F – Peso generado; (N).

d – Longitud; (m).

Velocidad angular permite determinar el ángulo requerido en una unidad de tiempo según la ecuación 9; valores empelados para la obtención de la potencia.

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad \text{Ec. (9)}$$

Donde:

ω – Velocidad angular; (rad/s).

θ – Cociente entre el desplazamiento angular; (rad).

t – Tiempo; (s).

La potencia se puede considerar a la cantidad de energía absorbida por los servomotores en un momento determinado, se determina a través de la ecuación 10.

$$P = M \cdot \omega \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

P – Potencia (Watt);

M – Momento de fuerza (N.m);

ω – Velocidad angular (rad/s);

El valor de la corriente se obtiene mediante la ecuación 11 misma que permite el análisis de la cantidad de corriente y el dimensionamiento de los elementos eléctricos y electrónicos que se presenta en el equipo.

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

I – Corriente de consume (A);

P – Potencia (W);

V – Voltaje (V);

Programación.

En el campo de la electrónica existen diferentes proyectos cuyo propósito esencial es el de trabajar bajo la tendencia de DIY, Do it Yourself, que propone el desarrollo de proyectos por su propia cuenta. Donde el principal escenario es el desarrollo de aplicaciones que son programadas y ejecutadas en un hardware. Enfocado hacia programadores que con entorno de hardware y software.

Este enfoque ha generado muchas empresas lancen sus prototipos de desarrollo tanto para hardware y su propio software. En donde el principal objetivo es llamar más la atención de los apasionados por los circuitos y que cada vez buscan alternativas más económicas que sean capaces de cumplir con todos sus requerimientos. En cuanto a software, lenguajes de programación, módulos, interacción con los diferentes dispositivos de circuitos y que sean capaces de interactuar en cualquier tipo de ambiente.

Microcontrolador arduino.

Arduino es una plataforma para poder desarrollar proyecto de electrónica. Donde trabaja con software libre para su desarrollo además que el hardware es económicamente accesible. (Lorenzo, 2013).

A partir del éxito generado por la plataforma de desarrollo llamada Arduino, nuevos competidores también han aparecido para competir dentro de este campo contra Arduino, donde muchos de estos siguen los pasos de Arduino al ser de software libre y con una placa programable. Dentro de los cuáles se procederá a realizar una tabla comparativa de estas plataformas.

Repetitividad en ejecución

El análisis de la repetitividad se considera el cálculo de la muestra mediante la aplicación de la ecuación 12, dato a considerarse para el procedimiento y repetitividad de las letras o números seleccionados aleatoriamente del total de 37 textos que interpreta la mano robótica.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{i^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad \text{Ec.}$$

(12)

Donde:

n – Tamaño de muestra

Z_{α} – Distribución de Gauss

N – Población

p – Prevalencia esperada del parámetro a evaluar

q – 1-p

i – Error que se prevé cometer

9. HIPÓTESIS.

El diseño de una mano robótica funcional permitirá visualizar el deletreo de palabras en el lenguaje dactilológico.

10. METODOLOGÍAS.

Este capítulo se detalla los procesos necesarios para cumplir con el objetivo. La operacionalización de las variables se detalla en el anexo 1.

Diseño conceptual.

El diseño conceptual parte del análisis del lenguaje de señas que se emplea en el Ecuador, con la identificación del posicionamiento de la mano según el glosario de términos de Gabriel Román para cada una de las letras del abecedario y números dígitos. El procedimiento se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis del lenguaje de señas

Ítem	Análisis de lenguaje de señas empleadas en el país.
Método	Búsqueda de información
Herramientas o Equipos	Web
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar la enseñanza de aprendizaje mediante lenguaje de señas. 2. Conocer el glosario de términos de lenguaje de señas del diccionario de Gabriel Román. 3. Instruir el posicionamiento de las articulaciones de la mano para el lenguaje de señas. 4. Identificación de posicionamiento de articulaciones al ejecutar el abecedario y números dígitos. 	

Fuente: Autores

Identificado el posicionamiento de la mano para realizar las señas es importante analizar la cantidad de grados de libertad mínimos requeridos al ejecutar el lenguaje de señas siguiendo el procedimiento de la tabla 8.

Tabla 8. Análisis funcional del diseño

Ítem	Análisis funcional del diseño
Método	Ecuación de Gruebler
EPP Obligatorios	
Herramientas o Equipos	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 5. Analizar la estructura mecánica de una mano humana. 6. Observar los movimientos de mano humana. 7. Identificar el número de eslabones y pares cinemáticos de mano diseñada. 8. Determinación de grados de libertad. Ecuación (7) 	

Fuente: Autores

Identificado el posicionamiento de la mano humana; se determina el número de grados de libertad para la mano robótica mediante el modelamiento y pruebas de funcionamiento de la misma, empleando programas CAD. Siguiendo el procedimiento de la tabla 9.

Tabla 9. Diseño de mano robótica

Ítem	Diseño de mano robótica
Método	Modelamiento en software CAD
Herramientas o Equipos	Computadora, software SOLIDWORK.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de movilidad de las articulaciones de la mano robótica. (2D virtual) 2. Análisis de ángulos máximos y mínimos de articulaciones de acuerdo análisis antropométricos de una mano humana. (2D virtual) 3. Modelamiento de piezas de mano robótica. (3D virtual) 4. Ensamble virtual de mano robótica. (virtual) 5. Verificación de posicionamiento de articulaciones para las letras del abecedario y números dígitos. (virtual) 6. Verificación de interferencias. 7. Repetir el procedimiento hasta cumplir con el literal 5. 	

Fuente: Autores

Proceso de fabricación por moldeo.

En la determinación del tiempo de acabado y reproducción de piezas mecánicas parte de la obtención de la mano matriz mediante la impresión 3D, posterior a ello comienza la reproducción de piezas por moldeo en caucho de siliconas RTV 8001 mediante la aplicación del procedimiento de la tabla 10.

Tabla 10. Reproducción de piezas

Ítem	Fabricación y reproducción de piezas
Método	Impresión y moldeo
EPP Obligatorio	Guantes de látex, mascarilla
Herramientas o Equipos	Computadora, software SOLIDWORK, impresora 3D y caucho de silicona RTV 8001 suministros de oficina y calibrador pie de rey.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Impresión de piezas mecánicas de mano robótica. 2. Verificación de medidas de piezas mecánicas impresas. 3. Fabricación de moldes mediante empleo de caucho de silicona RTV 8001. 4. Llenado de moldes según material. 5. Revisión de fisuras, o daño de piezas mecánicas de mano. 6. Lijado y acabado superficial de piezas. 	

Fuente: Autores

El análisis de tiempo en la reproducción de piezas está ligada directamente del material para la fabricación, el procedimiento se detalla en la tabla 11. Y estará considerada de acuerdo con los tiempos de solidificación de los materiales empleados para el estudio, siendo estos, la resina de poliéster, resina más fibra de vidrio, resina más carbonato y yeso blanco.

Tabla 11. Análisis de tiempo de reproducción de piezas.

Ítem	Análisis de tiempo de reproducción de piezas
Método	Observación.
EPP Obligatorio	Guantes de látex, mascarilla
Herramientas o Equipos	Molde, material de llenado, cronometro, hoja de registro.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparación de molde de llenado. 2. Llenado de material en el molde para reproducción de piezas. 3. Control del tiempo de solidificación de material. 4. Registro de tiempo de solidificación de material. 5. Repetir el procedimiento para cada uno de los materiales. 	

Fuente: Autores

Propiedades mecánicas de materiales.

Para el ensayo de impacto Charpy es necesario la elaboración de 5 probetas de cada uno de los materiales a ser analizados de acuerdo con los dimensionamientos de la norma INEN 130 basado en la norma ASTM- E23 y posterior se procede a la ejecución del ensayo en la máquina de impactos Charpy de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El procedimiento de esta se detalla en la tabla 12.

Tabla 12. Análisis de impacto Charpy.

Ítem	Análisis de propiedades mecánicas de los materiales
Método	Ensayo de impacto Charpy
EPP Obligatorios	Casco, calzado de seguridad, protección visual y guantes.
Herramientas o Equipos	Máquina de Impacto Charpy, calibrador, probeta normalizadas
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de las probetas según la norma INEN 130 basado en la norma ASTM- E23. 2. Medición de las probetas (ancho, largo y espesor). 3. Ingresar los datos en la máquina de ensayos Charpy (longitud, peso y ángulo inicial del péndulo). 4. Colocar la probeta en la máquina de ensayos. 5. Colocar el péndulo en la posición inicial. 6. Iniciar la aplicación. 7. Registrar los datos de la cantidad de energía absorbida por la máquina. 8. Aplicar la ecuación de resistencia de impacto. Ecuación 1. 9. Repetir el procedimiento para cada uno de los materiales. 	

Fuente: Autores

Maquinabilidad

El mecanizado de piezas permite la obtención de resultados de velocidades angulares óptimas para la perforación de piezas fabricadas con el proceso de moldeo tabla 13. Para ello se lleva a cabo la elaboración de probetas que serán perforados a diferentes rpm partiendo de las recomendadas de autores, hasta encontrar las revoluciones de perforación de cada uno de los materiales; evitando de esta manera tener fisuras en las piezas de la mano robótica en el proceso de fabricación de la misma.

Tabla 13. Análisis de perforación de piezas.

Ítem	Análisis de perforación de piezas
Método	Muestras de perforado
EPP Obligatorios	Calzado de seguridad, protección visual y guantes.
Herramientas o Equipos	Taladro, entenalla, calibrador, broca 1/8, probetas.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de las probetas para perforación. 2. Medición de las probetas (espesor). 3. Ingresar la velocidad angular recomendada para cada material. 4. Colocar las probetas en entenalla y ajustar para la fijación de la misma. 5. Iniciar la perforación. 6. Observar que las perforaciones causen ningún daño o fisura. 7. Repetir el procedimiento hasta encontrar la velocidad angular óptima. 8. Registrar el resultado de rpm. 9. Realizar esta actividad para cada uno de los materiales. 	

Fuente: Autores

Obtenida las rpm. de perforación para cada uno de los materiales es importante conocer el tiempo que se deberá emplear para la perforación de cada uno de las piezas de la mano robótica según el material de fabricación, considerando que el tiempo dependerá del avance

por revolución y la tasa de extracción para cada uno de los materiales analizados. El procedimiento de esta se detalla en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de tiempo de maquinado.

Ítem	Análisis de tiempo de maquinado
Método	Aplicación de ecuaciones de perforación.
EPP Obligatorios	Calzado de seguridad, protección visual y guantes.
Herramientas o Equipos	Taladro, calibrador, broca 1/8, probetas.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación de las ecuaciones (2 – 5). En el valor de rpm se debe ingresar las obtenidas en las pruebas de perforación del ítem anterior. 2. Aplicación de la ecuación (6), cálculo del tiempo de mecanizado. 3. Registro de datos de cálculo. 4. Repetir el procedimiento para cada uno de los materiales. 	

Fuente: Autores

Ángulos máximos y mínimos de posicionamiento

La programación contenida en el microcontrolador Arduino permite el control de la velocidad en la secuencia de deletreo de texto y la variación en el rango de posición del servomotor (0°-180°), la variación permite obtener el rango óptimo de funcionamiento en el posicionamiento de las articulaciones de la mano. El procedimiento de esta se detalla en la tabla 15.

Tabla 15. Ángulos de posicionamiento.

Ítem	Determinación de ángulos de posicionamiento
Método	Observación
Herramientas o Equipos	Microcontrolador, computadora, cable de transferencia de datos. Hoja de registro y matriz de seña.
Procedimiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de la programación para el microcontrolador Arduino. 2. Selección de la letra o número a modificar los grados de posicionamiento. 3. Cambio de ángulo de inicio y fin del servomotor para la letra seleccionada. (programación) 4. Cargar el programa modificado hacia el microcontrolador. 5. Visualización de ejecución de seña. 6. Comparación de posicionamiento con matriz de seña. 7. Repetir las acciones a partir del procedimiento 3 hasta el posicionamiento óptimo y ejecución de seña deseada. 8. Repetir las actividades a partir de procedimiento 2 para todas 37 señas. 9. Registrar los ángulos máximos y mínimos para cada una de las letras y números en una hoja de registro.

Fuente: Autores

Circuitos eléctricos y electrónicos

El análisis eléctrico y electrónico de la mano robótica se obtiene mediante aplicación de ecuaciones, mismos que arrojan valores que permiten la selección de los actuadores

(servomotores), consumo de corriente para el dimensionamiento de la fuente de voltaje continua para 5V. El procedimiento de esta se detalla en la tabla 16.

Tabla 16. Análisis eléctrico y electrónico.

Ítem	Análisis eléctrico y electrónico
Método	Aplicación de ecuaciones
EPP Obligatorios	Guantes dieléctricos.
Herramientas o Equipos	Pinzas, cables de conexión, transformador, puente rectificador, condensador, resistencias, regulador de voltaje, placa de circuitos electrónicos y servomotores.
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño eléctrico y electrónico para el control de los actuadores (servomotores). 2. Calculo de selección de actuadores con el empleo de ecuaciones (8 -10). 3. Selección de servomotor de acuerdo torque aplicado. 4. Calculo de corriente ecuación (11). 5. Elaboración de placa electrónica. 6. Instalación de elementos de acuerdo al diseño eléctrico y electrónico. 7. Verificación de funcionamiento. 	

Fuente: Autores

Ensamble, pruebas y análisis de repetitividad de ejecución.

Una vez realizada las actividades de la tabla 9, se procede con el ensamble y pruebas finales de la mano robótica de acuerdo con la tabla 17.

Tabla 17. Ensamble y verificación de funcionamiento.

Ítem	Ensamble y verificación de funcionamiento
Método	Observación
EPP Obligatorios	Guantes
Herramientas o Equipos	Destornilladores, alicate, cortadora de cables, cables de conexión, hilo nylon
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Armado de mano robótica de acuerdo con planos de ensamble. 2. Colocación de hilo nylon en las articulaciones móviles de mano robótica. 3. Instalación del circuito eléctrico y electrónico. (microcontrolador) 4. Armandos de los elementos de la mano robótica. (caja metálica, servomotores, mano robótica) 5. Pruebas finales de funcionamiento de mano robótica. 6. Verificación de posicionamiento correcto de las articulaciones al ejecutar el lenguaje de señas. 7. Ajustes 	

Fuente: Autores

Para el análisis de repetitividad de seña, es indispensable el cálculo estadístico de la muestra, es decir conocer el número mínimo de letras al cual se va aplicar la prueba de repetitividad. Para este procedimiento se deberá seguir las actividades de la tabla 18.

Tabla 18. Calculo de muestra.

Ítem	Cálculo estadístico de muestra
Método	Ecuación de muestra
EPP Obligatorios	
Herramientas o Equipos	
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación de la ecuación (12). 2. Obtención de resultado. 3. Análisis de resultado. 4. Aplicación de valor calculado para el análisis de repetitividad. 	

Fuente: Autores

Consumada las actividades de ensamble y verificación de funcionamiento, es importante el análisis repetitividad de ejecución es decir la observación y comparación de posicionamiento de articulaciones en un rango de repetición de 3 veces. Obteniendo de esta manera el margen de error siguiendo el procedimiento de la tabla 19.

Tabla 19. Análisis de repetitividad

Ítem	Análisis de repetitividad en ejecución
Método	Observación y comparación
EPP Obligatorios	Guantes
Herramientas o Equipos	Matriz comparativa (patrón base de comparación)
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de matriz comparativa de seña. 2. Envío de la señal para la ejecución de la seña. 3. Comparación del posicionamiento de articulaciones. 4. Registro de datos. 5. Repetir el procedimiento 3 veces. 6. Calculo del porcentaje de margen de error en repetitividad del posicionamiento. 7. Realizar correcciones necesarias. 	

Fuente: Autores

11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS)

En el presente ítem se abordara los temas involucrados con el diseño y posterior construcción de la mano robótica a emplearse en la comunicación dactilológica del abecedario y números dígitos con niños y niñas con discapacidad auditiva.

Se detalla el diseño de las partes a construirse, los procesos de construcción, selección de materiales y elementos eléctricos y electrónicos, de igual forma los procesos de ensamble de

la mano robótica con las piezas culminadas. En el procedimiento se considera las características necesarias para la ejecución y cumplimiento del objetivo del elemento didáctico.

Parámetros de diseño.

Mediante el análisis conceptual de la comunicación del abecedario y números dígitos en niños y niñas con discapacidad auditiva y la estructura mecánica de la mano humana, permite continuar con el diseño de la mano robótica. Se considera los grados de libertad del mecanismo como una característica primordial mediante la aplicación de la ecuación 7; viéndose reflejado en la buena ejecución y posicionamiento de las articulación en el instante de su funcionamiento.

Tabla 20. Cálculo de grados de libertad de mano robótica

Elemento	Nombre	N	j_p	M
1	Pulgar	5	4	4
2	Índice	5	4	4
3	Medio	5	4	4
4	Anular	5	4	4
5	Menique	5	4	4
6	Palma	3	2	2
Total de grados de libertad				22

Fuente: Autores

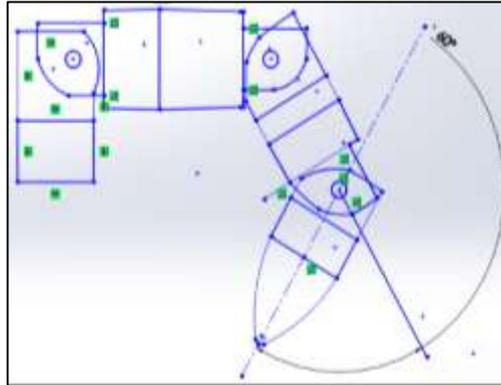
En el diseño de la mano robótica se encuentra contemplada por un número total de 22 grados de libertad detallados de manera individual en cada una de las articulaciones como se ilustra en la tabla 20. El posicionamiento de las articulaciones está ligado de manera directa de los grados de libertad, es decir a mayor número del mismo permite que la mano robótica sea eficiente.

Análisis cinemático de mano robótica

Con el análisis de la estructura mecánica de la mano humana y los grados de libertad necesarios para la mano robótica, se procede con el modelamiento de piezas mecánicas mediante el empleo del programa SOLIDWORKS, mismo que se considera los ángulos máximos y mínimos de aducción de las articulaciones de acuerdo con las características antropométricas de una mano humana, como se ilustra en la figura 9.

Parte del diseño electromecánico conlleva el análisis cinemático en 2D, como se muestra en el Anexo 2, permitiendo la verificación de los ángulos de abducción máximos y mínimos. Este procedimiento se deberá realizar con cada uno de las articulaciones, de esta manera garantizar la buena ejecución del mecanismo.

Figura 9. Análisis cinemático dedo 2D



Fuente: Autores

Proceso de fabricación por moldeo.

La fabricación de las piezas de la mano robótica parte de la obtención de una mano matriz impresa mediante tecnología 3D, mediante la matriz se aplica el procedimiento de reproducción de piezas por moldes elaborados en caucho de siliconas RTV 8001, como se indica en el anexo 3, mismo que inicialmente se encuentra en estado líquido y mediante la adherencia del catalizador pasa a estado sólido, las características del caucho se muestra en la tabla 3; el procedimiento que se ilustra en la figura 10.

Figura 10: Fabricación de moldes



Fuente: Autores

Obtenido los moldes de cada una de las piezas se procede al llenado del mismo como se ilustra en la figura 11. El proceso se lo realiza para cada uno de los materiales con los cuales se está trabajando siendo estos la resina poliéster con carbonato, fibra de vidrio y yeso.

Figura 11. Llenado de molde con yeso



Fuente: Autores

En el proceso de moldeo se considera la densidad del material para el llenado de los moldes y el tiempo de pasar de estado líquido a estado sólido, características importantes para el proceso de producción. De acuerdo con ello si tiene que el trabajo con yeso blanco las piezas son de baja resistencia y se tiene complicaciones para el desmolde.

(carbonato)							
Yeso	5min	7min	5min	6min	5min	6min	Baja

Fuente: Los autores

De los datos obtenidos se considera tiempos de altos y bajos, bajo las características de secado, menores a un día y mayores a uno respectivamente, bajo esta clasificación se observa que el material de menor tiempo de solidificación, es el yeso blanco con un promedio de 6 min por pieza, seguido de las combinaciones de la resina de poliéster con fibra de vidrio o resina pura, el material que lleva mayor tiempo de secado es la mezcla de la resina poliéster y carbonato con un promedio de 3 días.

Es importante mencionar que para la selección de materiales se considera un material con bajo tiempo de solidificación, ya que con ello se busca mejorar el tiempo de cada proceso y viéndose reflejado en el costo de fabricación de las piezas de la mano robótica.

Propiedades mecánicas de los materiales

Se detallaran los procesos mecánicos de los materiales.

Prueba de impacto Charpy

El análisis de las propiedades mecánicas permite la selección eficaz del material para la elaboración de las piezas de la mano robótica, como se muestra en el anexo 5.

El análisis de impacto Charpy se realiza a diferentes materiales tales como la resina de poliéster, resina más carbonato, resina más fibra de vidrio y yeso blanco mediante la aplicación de la ecuación 1, a cada uno de ellos se realiza 5 probetas de las mismas características de acuerdo con la norma INEC 130 basado en la norma ASTM- E23 de ensayos de impacto, los valores obtenidos de dicho ensayo se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Valores de resistencia de impacto

Ensayo de Impacto Charpy								
Materiales	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Prueba 5	W [kgf.cm]	A [cm ²]	δ [kgf/cm]
Yeso	31,32	31,32	30,98	32,05	31,32	320,06	1,5	213
R. Poliéster	38,56	40,63	51,6	31,32	38,5	408,99	1,5	273

R. Poliéster (carbonato)	40,79	52,6	52,6	52,6	49,64	506,08	1,5	337
R. Poliéster (F. vidrio)	229,26	188,96	182,98	182,98	193,59	1993,41	1,5	1329

Fuente: Autores

De acuerdo con los valores obtenidos de la tabla anterior se puede mencionar que el material con mayor resistencia al impacto es la resina de poliéster en combinación con la fibra de vidrio con un valor de 1329 [kgf/cm] y el de menor resistencia se tiene al yeso con un valor de 213 [kgf/cm]. La figura 13 muestra el valor de cantidad energía absorbida en la prueba 2 con resina poliéster.

Figura 13. Cantidad de energía absorbida E_p



Fuente: Autores

Maquinabilidad de materiales

El proceso de maquinabilidad hace mención al mecanizado para cada uno de los materiales anteriormente mencionados para ello se aplica las ecuaciones 2 - 6 y se obtiene los valores que se ilustra en la tabla 23.

Tabla 23. Valores calculados de mecanizado

VALORES CALCULADOS

Materiales	Øbroca [mm]	Id [mm]	Vc [m/min]	fn [mm]	Vf [mm/r]	n calculados[rpm]	Q cm³/min	Tc [s]
R. Poliéster (f. vidrio)	3,17	10	30	0,1	301	3012	2,3775	2
R. Poliéster	3,17	10	50	0,04	201	5021	1,585	3
R. Poliéster (carbonato)	3,17	10	50	0,04	201	5021	1,585	3
Yeso	3,17	10	60	0,02	120	6025	0,951	5

Fuente: Los autores

Para cada uno de los materiales el valor más importante que se considera es la velocidad angular a la cual se deberá realizar la perforación para evitar daños de las mismas en el momento de realizar la perforación. La figura 14 se observa el proceso de perforación una probeta de 10 mm de espesor, diámetro de 3.17 mm y un material de resina de poliéster con fibra de vidrio.

Figura 14. Proceso de perforación



Fuente: Autores

Componentes eléctricos y electrónicos

Para la selección de elementos eléctricos parte de la aplicación de la ecuación 8 - 10. Los valores calculados se muestran en la tabla 24. Para el cálculo del torque se considera el peso del material de cada uno de las piezas mecánicas de la mano y las distancias entre inicio del dedo hacia el actuador.

Nombre	Masa [Kgf]	Distancia [cm]	Torque [Kgf.cm]
D. Pulgar	0,0378	30	1,133

D. Pulgar extensión	0,0378	30	1,133
D. Pulgar abducción-aducción	0,0378	30	1,133
D. Índice	0,0128	25	0,321
D. Índice abducción-aducción	0,0128	25	0,321
D. Medio	0,0169	27	0,456
D. Medio abducción-aducción	0,0169	27	0,456
D. Anular	0,0165	20	0,330
D. Meñique	0,0155	30	0,464
Muñeca eje X	0,1454	1	0,145
Muñeca eje Y	0,1454	12	1,745

Tabla 24. Valores calculados de mecanizado.

Fuente: Los autores

Obtenido el valor del torque permite la selección de los servomotores SG90 y MG995, cuyas características se muestra en el anexo 6, donde indica el torque máximo de 1,3 y de 13 [Kgf.cm] respectivamente. Es decir que de acuerdo con los valores anteriores tenemos un torque máximo de 1,745 [Kgf.cm], con esto garantizamos el buen funcionamiento de los actuadores al momento de la ejecución.

Una de las características para el control y dimensionamiento eléctrico es el cálculo de consumo de corriente total del circuito, para ello es importante considerar la velocidad de operación de cada una de las articulaciones, valores mostrados en la tabla 25.

Tabla 25. Velocidad de operación

Nombre	Rangos [grados]	Rango [rad]	Tiempo [s]
D. Pulgar	180	3,14	0,3
D. Pulgar extensión	90	1,57	0,15
D. Pulgar abducción-aducción	90	1,57	0,15
D. Índice	180	3,14	0,3
D. Índice abducción-aducción	90	1,57	0,15
D. Medio	180	3,14	0,3
D. Medio abducción-aducción	90	1,57	0,15
D. Anular	180	3,14	0,3
D. Meñique	180	3,14	0,3
Muñeca eje X	45	0,79	0,075
Muñeca eje Y	90	1,57	0,225

Fuente: Los autores

En la tabla 26 se ilustra los valores de corriente consumida siendo su valor de 1,45 A de los actuadores (servomotores), a este valor se le agrega 0,7 A del consumo de corriente de la tarjeta ARDUINO con ello se tiene un total de 2,15 A. el valor total obtenido permite el dimensionamiento de la fuente para la alimentación del circuito eléctrico cuyo diagrama se ilustra en el anexo 7.

Tabla 26. Consumo de corriente.

Nombre	Velocidad angular [rad/s]	Momento [N*m]	Potencia [W]	Consumo de corriente [A]
D. Pulgar	10,472	0,111	1,164	0,23
D. Pulgar extensión	10,472	0,111	1,164	0,23
D. Pulgar abducción-aducción	10,472	0,111	1,164	0,23
D. Índice	10,472	0,031	0,330	0,07
D. Índice abducción-aducción	10,472	0,031	0,330	0,07
D. Medio	10,472	0,045	0,468	0,09
D. Medio abducción-aducción	10,472	0,045	0,468	0,09
D. Anular	10,472	0,032	0,339	0,07
D. Meñique	10,472	0,046	0,477	0,10
Muñeca eje X	10,472	0,014	0,149	0,03
Muñeca eje Y	6,981	0,171	1,195	0,24
Consumo de corriente total: 1.450 A				

Fuente: Los autores

Implementación.

En el presente ítem se detalla los procedimientos de selección de materiales eléctricos, electrónicos y de fabricación de la mano robótica así como los procedimientos para el ensamble del mismo.

Elementos mecánicos de la mano robótica

Para la fabricación de las piezas mecánicas de la mano robótica parte del análisis cinemático de la mano humana y la recreación de la misma mediante el uso de programa SOLIDWORKS, es decir realizar el mismo análisis en la mano robótica diseñada y realizar la comparación de movilidad de las articulaciones tanto de la mano robótica como de la mano humana el análisis cinemático del mismo se ilustra en el Anexo 2.

La fabricación de las piezas matriz de la mano se realiza mediante la impresión 3D, una vez concluido el modelamiento tridimensional de las piezas en el programa de dibujo se procede con la impresión de las mismas y cada uno está realizado de acuerdo con los planos de impresión adjuntadas en el anexo 11. Para el proceso de reproducción de piezas parte con la fabricación de los moldes empleando caucho de silicona RTV 8001 (Blanco), teniendo como piezas matriz las obtenidas mediante la impresión 3D este procedimiento es realizado de acuerdo a los planos de fabricación de moldes mostrados en el anexo 12.

Para la elaboración se empleara la resina de poliéster según la selección del material de acuerdo a características requeridas. El procedimiento se ilustra en el anexo 13. Concluido los procedimientos anteriores se procede con el ensamble de cada una de las piezas de la mano robótica como se ve en la figura 15 y el montaje de la misma en la caja metálica, como se muestra en el anexo 14.

Figura 15. Ensamble de mano robótica



Fuente: Autores

Elementos electrónicos de la mano robótica

El sistema electrónico se encuentra elaborada en una placa fenólica (Baquelita) según el circuito que se presenta en el anexo 8, este servirá de base para implementación de los elementos electrónicos necesarios tales como de la tarjeta arduino, modulo Bluetooth, salidas de cables a servomotores.

Para el circuito eléctrico se sigue las conexiones según el diagrama mostrado en el anexo 9. Concluido se procede con el montaje del mismo dentro de la caja metálica.

Análisis de ángulos máximos y mínimos de posicionamiento de articulaciones

Una vez culminada con el ensamble, construcción mecánica, eléctrica y electrónica, es importante la obtención de los ángulos con los cuales procederán a trabajar los servomotores en cada letra del abecedario y números respectivamente. Este procedimiento se realiza mediante el método de la observación y la comparación de las gráficas de señas del diccionario Gabriel Román. Los ángulos máximos y mínimos se ilustran en la tabla 27.

Tabla 27. Ángulos de servomotores.

Texto	NÚMERO DE SERVOMOTOR										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Letra A	100	100	160	90	120	65	140	20	170	70	180
Letra B	100	100	20	90	20	65	20	160	20	70	180

Letra C	140	100	20	90	20	65	20	20	20	70	180
Letra D	100	100	140	90	120	65	140	160	20	70	180
Letra E	100	100	90	90	60	65	80	80	75	70	180
Letra F	100	100	20	90	20	65	20	120	175	70	180
Letra G	140	100	140	90	120	65	140	20	20	70	100
Letra H	140	100	140	90	120	70	20	150	20	70	180
Letra I	100	100	20	90	120	65	140	160	170	70	180
Letra J	100	100	20	90	120	65	140	160	170	70	180
Letra K	100	100	140	90	120	60	20	140	20	100	180
Letra L	100	100	140	110	120	65	140	20	20	70	180
Letra M	PASO 1										
	100	100	140	90	20	65	20	20	20	70	180
	PASO 2										
	100	100	140	90	20	65	20	160	20	70	180
Letra N	PASO 3										
	100	100	140	90	100	65	100	160	70	70	180
	PASO 1										
	100	100	140	90	20	65	20	20	20	70	180
Letra O	PASO 2										
	100	100	140	90	20	65	20	160	20	70	180
	PASO 3										
	100	100	140	90	100	65	100	160	70	70	180
Letra P	100	100	140	100	120	65	140	150	170	70	180
Letra P	PASO 1										
	140	100	140	90	120	65	20	20	140	70	100
	PASO 2										
	140	100	140	90	120	65	20	20	60	70	100
Letra Q	140	100	140	90	120	65	140	100	20	70	100
Letra R	100	100	140	90	120	80	20	150	20	60	180
Letra S	100	100	140	100	120	65	140	150	170	70	180
Letra T	100	100	20	90	20	65	20	160	75	70	180
Letra U	100	100	140	90	120	70	20	150	20	70	180
Letra V	100	100	140	90	120	60	20	150	20	100	180
Letra W	100	100	140	90	20	65	20	150	20	100	180
Letra X	100	100	140	100	120	65	140	150	75	70	180
Letra Y	100	100	20	90	120	65	140	20	170	70	180
Letra Z	PASO 1										
	100	100	140	100	120	65	140	150	20	70	180
	PASO 2										
	100	100	140	100	120	65	140	150	170	70	180
	PASO 3										

	100	100	140	100	120	65	140	150	50	70	180
	PASO 4										
	100	85	140	100	120	65	140	150	50	70	180
	PASO 5										
	100	115	140	100	120	65	140	150	50	70	180
	PASO 6										
	140	85	140	100	120	65	140	150	50	70	180
	PASO 7										
	130	110	140	100	120	65	140	150	50	70	180
Número 0	100	100	140	100	120	65	140	150	170	70	180
Número 1	100	100	140	100	120	65	140	150	20	70	180
Número 2	100	100	140	100	120	65	20	150	20	70	180
Número 3	100	100	140	100	20	65	20	150	20	70	180
Número 4	100	100	20	100	20	65	20	150	20	70	180
Número 5	100	100	20	90	20	65	20	20	20	70	180
Número 6	100	100	20	90	20	65	20	160	170	70	180
Número 7	100	100	20	90	20	65	140	160	20	70	180
Número 8	100	100	20	90	120	65	20	160	20	70	180
Número 9	100	100	140	90	20	65	20	160	20	70	180

Fuente: Los autores

Los ángulos mostrados en la tabla anterior sirven de guía para la modificación del mismo, dentro de la programación de arduino, a manera de ejemplo se considera los ángulos de la letra A y el cambio se ilustra en la figura 16, la programación se muestra en el anexo 10. Para cada una de las señas deseadas.

Figura 16. Ángulo de la letra A

```
void letraA() {
  servo2.write(100, velocidad, false);  servo3.write(100, velocidad, false);  servo4.write(160, velocidad, false);
  servo5.write(90, velocidad, false);    servo6.write(120, velocidad, false);  servo7.write(65, velocidad, false);
  servo8.write(140, velocidad, false);   servo9.write(20, velocidad, false);   servo10.write(170, velocidad, false);
  servo11.write(70, velocidad, false);   servo12.write(180, velocidad, false);
}
```

Ángulos

Fuente: Autores

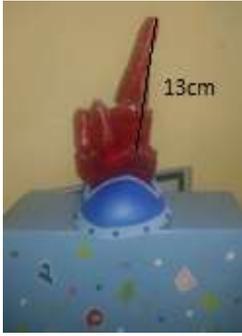
Análisis de repetitividad

El análisis de repetitividad parte del cálculo de la ecuación 12 la misma que arroja el valor de la muestra de 13, es decir que para el procedimiento se aplicara a ese número de letras a lazar para el análisis.

Repetitividad

Los datos que arrojan es un valor de 13 letras de un total de 37, aplicada el análisis de repetitividad determina un valor de error relativo de 2,90 %, valor que se ilustra en la tabla 28.

Tabla 28. Pruebas de ejecución.

N°	Valor nominal [cm]	Letra	Señas	Valor medido [cm]	Error absoluto [cm]	Error relativo [%]	Error promedio [%]
1	3	C		2,90	0,10	3,33	4,44
				2,80	0,20	6,67	
				2,90	0,10	3,33	
2	9,5	L		9,50	0,00	0,00	2,81
				9,20	0,30	3,16	
				9,00	0,50	5,26	
3	13	R		13,10	0,10	0,77	1,28
				13,20	0,20	1,54	
				13,20	0,20	1,54	

4	9,5	X		9,50	0,00	0,00	2,81
				9,20	0,30	3,16	
				9,00	0,50	5,26	
5	5,7	V		5,70	0,00	0,00	12,28
				4,60	1,10	19,30	
				4,70	1,00	17,54	
6	14,2	Y		14,20	0,00	0,00	1,41
				14,50	0,30	2,11	
				14,50	0,30	2,11	
7	7,5	T		7,50	0,00	0,00	0,44
				7,40	0,10	1,33	
				7,50	0,00	0,00	

8	4,5	W		4,50	0,00	0,00	0,74
				4,50	0,00	0,00	
				4,40	0,10	2,22	
9	8	A		8,00	0,00	0,00	1,25
				8,20	0,20	2,50	
				7,90	0,10	1,25	
10	12,5	3		12,50	0,00	0,00	0,27
				12,50	0,00	0,00	
				12,60	0,10	0,80	
11	15,5	4		15,50	0,00	0,00	4,73
				16,50	1,00	6,45	
				16,70	1,20	7,74	

12	3,7	6		3,70	0,00	0,00	4,50
				4,00	0,30	8,11	
				3,90	0,20	5,41	
13	4,7	8		4,70	0,00	0,00	0,71
				4,80	0,10	2,13	
				4,70	0,00	0,00	
PORCENTAJE TOTAL DE ERROR EN EJECUCIÓN DE SEÑA							2,90

Fuente: Autores

El porcentaje de error obtenido mediante el análisis de repetitividad permite el conocimiento del posicionamiento de las articulaciones es decir que a mayor error hay una inconformidad con la seña y al tener un margen de error bajo indica la buena ejecución del posicionamiento de las articulaciones.

Comparación de señas

La tabla 29 muestra la ejecución física del lenguaje dactilológico de la mano robótica para cada una de las letras del abecedario, los números dígitos y su comparación con el lenguaje original según el diccionario de Gabriel Román.

Tabla 29. Comparación de señas entre diccionario y mano robótica.

Letra	Señal diccionario	Señal mano robótica
-------	-------------------	---------------------

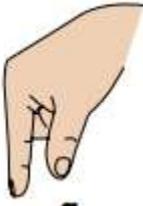
<p>A</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the index finger pointing to the left and the thumb pointing up. The other three fingers are curled towards the palm.</p>	 <p>A red prosthetic hand mounted on a blue base. The index finger is extended to the left, and the thumb is extended upwards. The other three fingers are curled.</p>
<p>B</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the palm facing forward. The index and middle fingers are extended straight out, while the thumb and ring finger are curled towards the palm.</p>	 <p>A red prosthetic hand mounted on a blue base. The index and middle fingers are extended straight out, while the thumb and ring finger are curled.</p>
<p>C</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the thumb extended upwards and the index finger extended to the right. The other three fingers are curled towards the palm.</p>	 <p>A red prosthetic hand mounted on a blue base. The thumb is extended upwards and the index finger is extended to the right. The other three fingers are curled.</p>

<p>D</p>		
<p>E</p>		
<p>F</p>		

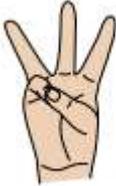
<p>G</p>		
<p>H</p>		
<p>I</p>		

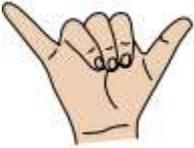
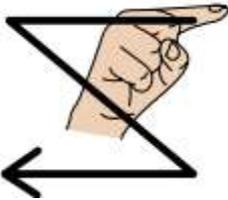
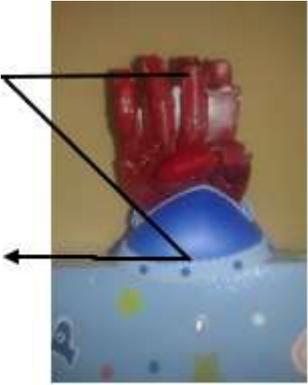
<p>J</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the index finger pointing upwards and the thumb pointing to the left. A black arrow curves from the thumb down and to the right, indicating the stroke direction for the letter 'J'.</p>	 <p>A photograph of a red balloon hand with a blue base. The index finger is inflated and pointing upwards, while the thumb is inflated and pointing to the left. A black arrow curves from the thumb down and to the right, matching the diagram in the adjacent cell.</p>
<p>K</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the index finger pointing upwards and the middle finger pointing to the right. A black arrow curves from the middle finger down and to the right, indicating the stroke direction for the letter 'K'.</p>	 <p>A photograph of a red balloon hand with a blue base. The index finger is inflated and pointing upwards, and the middle finger is inflated and pointing to the right. A black arrow curves from the middle finger down and to the right, matching the diagram in the adjacent cell.</p>
<p>L</p>	 <p>A line drawing of a right hand with the index finger pointing upwards and the thumb pointing to the right. A black arrow curves from the thumb down and to the right, indicating the stroke direction for the letter 'L'.</p>	 <p>A photograph of a red balloon hand with a blue base. The index finger is inflated and pointing upwards, and the thumb is inflated and pointing to the right. A black arrow curves from the thumb down and to the right, matching the diagram in the adjacent cell.</p>

<p>M</p>		
<p>N</p>		
<p>O</p>		

<p>P</p>	 A line drawing of a right hand with the index finger pointing to the left and the thumb pointing downwards.	 A photograph of a red hand sign on a blue base, with the index finger pointing left and the thumb pointing down.
<p>Q</p>	 A line drawing of a right hand with the index finger pointing to the left and the thumb pointing to the right.	 A photograph of a red hand sign on a blue base, with the index finger pointing left and the thumb pointing right.
<p>R</p>	 A line drawing of a right hand with the index finger pointing upwards and the thumb pointing to the right.	 A photograph of a red hand sign on a blue base, with the index finger pointing up and the thumb pointing right.

<p>S</p>	 A line drawing of a right hand with the thumb tucked in and the index and middle fingers extended and slightly curved.	 A photograph of a red plastic hand model on a blue base with a space theme, showing the hand sign for the letter S.
<p>T</p>	 A line drawing of a right hand with the index and middle fingers extended straight up and the thumb pointing to the right.	 A photograph of a red plastic hand model on a blue base with a space theme, showing the hand sign for the letter T.
<p>U</p>	 A line drawing of a right hand with the index and middle fingers extended straight up and the thumb pointing to the left.	 A photograph of a red plastic hand model on a blue base with a space theme, showing the hand sign for the letter U.

<p>V</p>	 A line drawing of a right hand with the index and middle fingers extended upwards in a 'V' shape, representing the letter V.	 A photograph of a red hand puppet with two long, thin fingers extended upwards in a 'V' shape, mounted on a blue base with colorful confetti.
<p>W</p>	 A line drawing of a right hand with the index, middle, and ring fingers extended upwards in a 'W' shape, representing the letter W.	 A photograph of a red hand puppet with three long, thin fingers extended upwards in a 'W' shape, mounted on a blue base with colorful confetti.
<p>X</p>	 A line drawing of a right hand with the index and middle fingers crossed, representing the letter X.	 A photograph of a red hand puppet with the index and middle fingers crossed, mounted on a blue base with colorful confetti.

<p>Y</p>		
<p>Z</p>		
<p>Números</p>	<p>Señal diccionario</p>	<p>Señal mano robótica</p>
<p>0</p>		

<p>1</p>		
<p>2</p>		
<p>3</p>		

<p>4</p>		
<p>5</p>		
<p>6</p>		

<p>7</p>		
<p>8</p>		
<p>9</p>		

Fuente: Autores

12. IMPACTOS

En este capítulo se detalla el impacto social en la sociedad del proyecto y los costos de producción de la mano robótica, se analizará la diferencia de costos de producción en relación a los procesos de producción existentes.

Impacto social

Con la ejecución de este proyecto se pretende optimizar recursos económicos en el proceso de fabricación y de esta manera reducir al máximo el precio de comercialización del artefacto, debido a que este proyecto está enfocado en el apoyo a las personas de escaso recurso económicos que hoy en día es de difícil alcance en este tipo de personas, con ello se pretende comercializar en el ámbito local, regional y nacional.

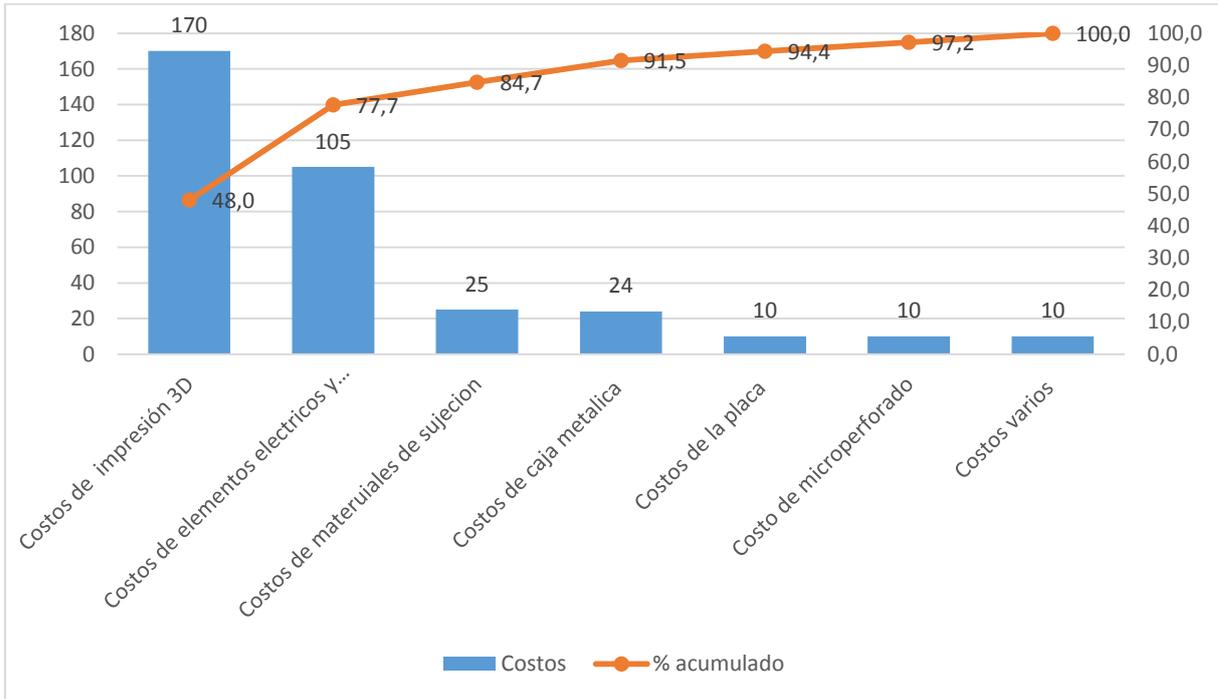
Con la presentación de este artefacto se busca lograr convenios con organismos gubernamentales, principalmente con el Ministerio De Educación y la Secretaría de Educación Superior; logrando implementar este producto en todas las instituciones de educación especializada a nivel nacional; contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad de la educación en dichas instituciones.

Impacto económico

El impacto económico de la mano robótica se encuentra reflejado en la optimización de recursos materiales y el empleo de métodos de fabricación alternativos, manteniendo la consideración que los costos de fabricación por medio de impresión 3D son elevados figura 17.

De acuerdo con ello la mano elaborada en resina de poliéster mantiene una diferencia de 85 dólares con respecto al primero es decir una reducción promedio del 50% con relación a la mano realizada mediante la impresión 3D.

Figura 17. Costos de fabricación



Fuente: Autores

El porcentaje de reducción de costos se ve reflejado directamente en el precio final de la mano robótica es decir con ello la aplicación del proceso de fabricación por moldeo permite la reducción de costos, y así pueda ser accesible para las personas que está dirigida este proyecto.

13. RESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN.

Los valores detallados en la tabla 30. Corresponden a los precios de los materiales y materia prima que se emplean en la mano robótica de acuerdo con los valores que se adquirió en el mercado local.

Tabla 30. Presupuesto para la fabricación de mano robótica.

Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
	Cantidad	Unidad	V. Unitario	Valor Total
			\$	\$
Materiales y Suministros				
Servomotores 9g	10	c/u	5	50
Servomotor MG995	1	c/u	13	13
Tarjeta ARDUINO	1	c/u	20	20
Modulo bluetooth	1	c/u	12	12
Placa electrónica	1	c/u	2	2

Fuente de voltaje	2	c/u	3	6
Conectores	1	c/u	1	1
Cables de cobre	1	m	0,8	0,8
Puente rectificador	1	c/u	2,5	2,5
Caja metálica	1	c/u	25	25
Placa de servomotor	1	c/u	10	10
Enchufe	1	c/u	0,5	0,5
Conductor gemelo metro	1	m	0,5	0,5
Lamina de micro perforado	1	m2	5	5
Manguera 1/8	1	m	0,75	0,75
Tornillos	1	pqt	0,5	0,5
Brocas 1/8, 3/16	2	c/u	1,5	3
Hilo nylon	1	c/u	1	1
Barra lisa	1	barra	5	5
Alambre galvanizado	1	rollo	1,25	1,25
Pletina de aluminio 3*25,4	1	perfil	13	13
Transporte				
Pasajes	5	c/u	1,5	7,5
Materiales de Moldeo				
Impresión mano	1	c/u	170	170
Caucho siliconado	2	kg	35	70
Resina de poliéster transparente	2	kg	7,5	15
Carbonato	1	kg	0,3	0,3
Cartón prensado	1	m2	1,5	1,5
Mano de obra				
Corte caja metálica	1	horas	4	4
Ingeniería	100	horas	6.25	625
Operador	40	horas	4	160
Material Bibliográfico y fotocopias.				
Copias	200	c/u	0.02	4
Impresiones	1000	c/u	0.10	10
Varios				
Varios				10
Sub Total				1250,1
10%				125,01
TOTAL				1375,11

Fuente: Autores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Una vez elaborada la mano robótica se concluye que el empleo de método de fabricación por moldeo permite la reducción en los tiempos de obtención de piezas. Tiempo ligado a tipo de

material empleado para la reproducción, en el caso de la resina de poliéster (material de fabricación de piezas mecánicas) mantienen un promedio de 170 minutos en pasar de estado líquido a estado sólido.

De acuerdo con el análisis de las propiedades mecánicas de materiales, la combinación de la resina y la fibra de vidrio permiten la elevación de la resistencia de impacto, manteniendo así para la resina pura un valor de 273 [kgf/cm] y al combinarla con la fibra de vidrio mantiene un valor de 1329 [kgf/cm]

Los tiempos de mecanizado para la fabricación de la mano robótica están ligados directamente del tipo de material con el que se trabaje para ello se consideró la velocidad angular y el avance por revolución obteniendo un tiempo de 3 s para cada perforación de 10 mm y con broca de 3,17 mm. Se considera que el dichos valores son las perforaciones máxima que se cuentan en toda la mano robótica.

El posicionamiento de las articulaciones de la mano robótica está en la identificación y programación de los ángulos máximos y mínimos de los actuadores y servomotores, y por ende se concluye que los ángulos óptimos son los que se ilustran en la tabla 28.

El margen de error en la repetitividad de ejecución de letras y números, mantienen un promedio de 2,9%, por ende la mano robótica presta las condiciones óptimas para la comunicación dactilológica.

Recomendaciones

Se recomienda el rediseño en los mecanismos de la muñeca de esta manera aumentar los grados de libertad de la mano robótica y por tanto mejorará el posicionamiento de las articulaciones al ejecutarse las señas.

Se recomienda el empleo de otros métodos de fabricación la cual permita el empleo de resina poliéster y fibra de vidrio en toda su estructura y de esta manera aumentar la resistencia hacia el impacto de la mano robótica.

Se recomiendan el análisis en la preparación de la resina poliéster y el catalizador debido a que la resistencia depende directamente de la cantidad de catalizador que se emplea para la mezcla.

Se recomienda la elaboración de la aplicación móvil en otro tipo de plataformas, mismo que permitirá el aumento en el número de usuarios que manejen la aplicación de TradSeñas y mejoren el conocimiento de la comunicación por medio de señas.

15. BIBLIOGRAFIA.

- ANDERCOL S.A. (2016). *Soluciones químicas para un habitat mejor*. Obtenido de Soluciones químicas para un habitat mejor: <http://www.andercol.com.co>
- Andrade , D., & Zúñiga, D. (2011). *Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactológico universal para personas sordomudas*. Cuenca.
- BBC. (17 de Septiembre de 2015). *NEWS*. Obtenido de NEWS: <http://www.bbc.com/news/technology-34279121>
- BBVA Innovation Center. (Agosto de 2015). Obtenido de www.centrodeinnovacionbbva.com/
- Cailliet, R. (2006). *Anatomía Funcional Biomecánica*. Marban.
- Crúz, J. (15 de Junio de 2014). La importancia de los materiales didacticos dentro del aula.
- Gil, A. (2012). *Guia de manejo de la Resina de poliester*. Colombia: Univeridad EAFIT.
- Goma, F. (1989). *El Cemento Portland y otros Aglomerantes*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.
- Locanto. (21 de Marzo de 2017). *Caucho silicona para moldes*. Obtenido de <http://lima.locanto.com.pe>
- Lorenzo, I. (9 de Enero de 2013). *Cuatro alternativas a Arduino: BeagleBone, Raspberry Pi, Nanode y Waspote*. Recuperado el 18 de Mayo de 2017, de Blogthinkbig.com: <http://www.blogthinkbig.com>
- MOMENTIVE. (2011). *MASILLA EPÓXICA* . Cali: Industria colombiana.
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-Hill.
- Norton, R. (2009). *Diseño de Maquinaria* (Cuarta ed.). Mexico: McGraw Hill.
- Noviplast. (06 de Noviembre de 2014). *Materiales Para Hacer Moldes Elasticos*. Obtenido de Caucho de Silicona: <http://www.noviplast.com.ar>
- Ortiz , G. L. (27 de Abril de 2007). *Inteligencia Artificial*. Obtenido de Inteligencia Artificial: <https://sites.google.com/site/anonymousspynet/cronologia>
- SANDVIK. (2010). *Torneado- Fresado- Taladrado*. Mexico : Elanders.
- Suárez, R., & Grosch, P. (2001). *Mano Mecanica MAI*. Barcelona.

Universidad Mexico. (5 de Enero de 2009). *IPN crea guante electrónico*. Obtenido de IPN crea guante electrónico: <http://www.noticias.universia.net.mx>

vinilshop. (2012). *Herramientas de Corte y Grabado*. Burgos.

Viracocha , C., & Lasluisa, E. (2014). *Diseño y construcción de uan máquina de impacto Charpy*. Latacunga.

ANEXOS

Anexo 1.- Operacionalización de variables

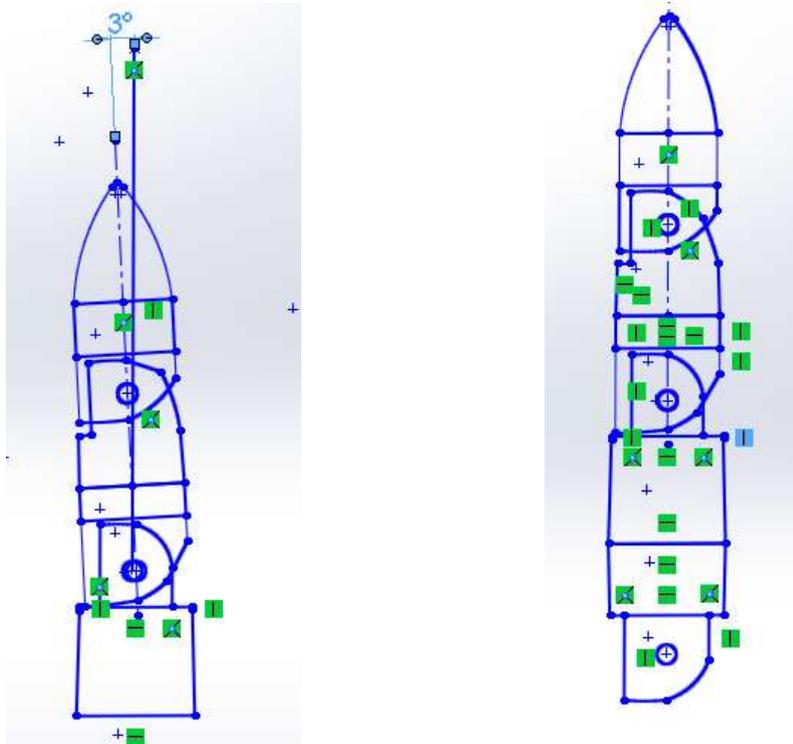
Variable independiente: Tipo de materiales, tipos de microcontroladores y programación

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
1. Los materiales y procesos de fabricación para aplicaciones en ingeniería	Procesos de moldeo	Tiempo y acabado de reproducción de piezas	Factores que influyen en los tiempos de mecanizado?	Observación	Registro de observación
	Propiedades mecánicas de materiales.	Resistencia de impacto para cada material de prueba.	Que valores de resistencia de impacto son los óptimos para fabricar la mano robótica?	Obtención de muestras y ensayo Charpy. (Norma INEN 130)	Ficha de observación
	Maquinabilidad.	Tiempo de mecanizado	Es posible tener un proceso de mecanizado fácil?	Observación Ecuación de mecanizado (SANDIK)	Registro de observación
2. Control lógico de activación de servomotores para ejecución de letras y deletreo de palabras	Control de grados de libertad mediante el análisis de ángulos máximos y mínimos de actuación de los servomotores.	Porcentaje de error en el control	Cuantos grados de libertad me permite controlar un actuador?	Ecuación de Gruebler Observación	Hoja de cálculo Registro de observación

Variable dependiente: Diseño electromecánico funcional.

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos
1. Diseño ligero y resistente que permita la repetición de letras y deletreo de palabras en el lenguaje dactilológico	Repetitividad de ejecución	Margen de error de posicionamiento en el deletreo de letras y palabras Número máximo de almacenamiento y palabras para deletreo.	Cuál es el margen de error en la presión de posicionamiento de la mano mediante la repetitividad de ejecución de deletreo?	Observación Matriz comparativa (Patrón base de posicionamiento de articulaciones)	Registro de observación Hoja de matriz de comparación.

Anexo 2.- Análisis cinemático de la mano robótica mediante empleo de programa de dibujo y simulación SOLIDWORKS.



Anexo 3. - Proceso de obtención de molde, mediante esta aplicación permite la obtención de molde en caucho de silicona para todas las piezas mecánicas de la mano robótica.



Anexo 4. - Piezas obtenidas mediante la aplicación del moldeo se visualiza las piezas que conforman un dedo de la mano robótica.



Anexo 5. - Pruebas de ensayo Charpy para cada uno de los materiales

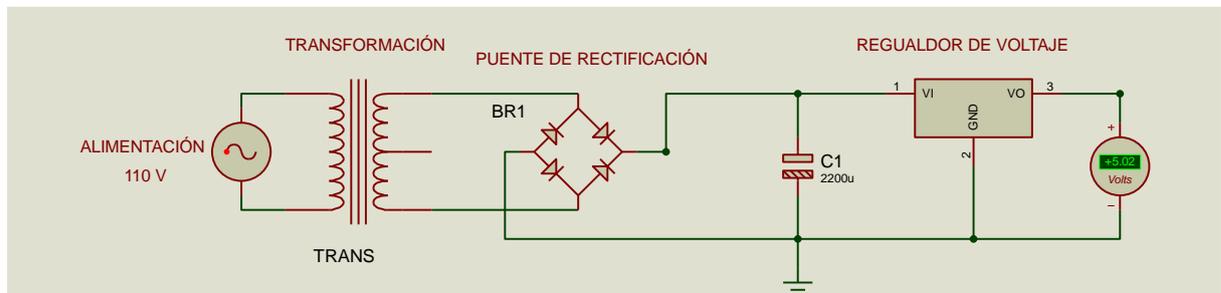


Anexo 6. - Características generales de los servomotores

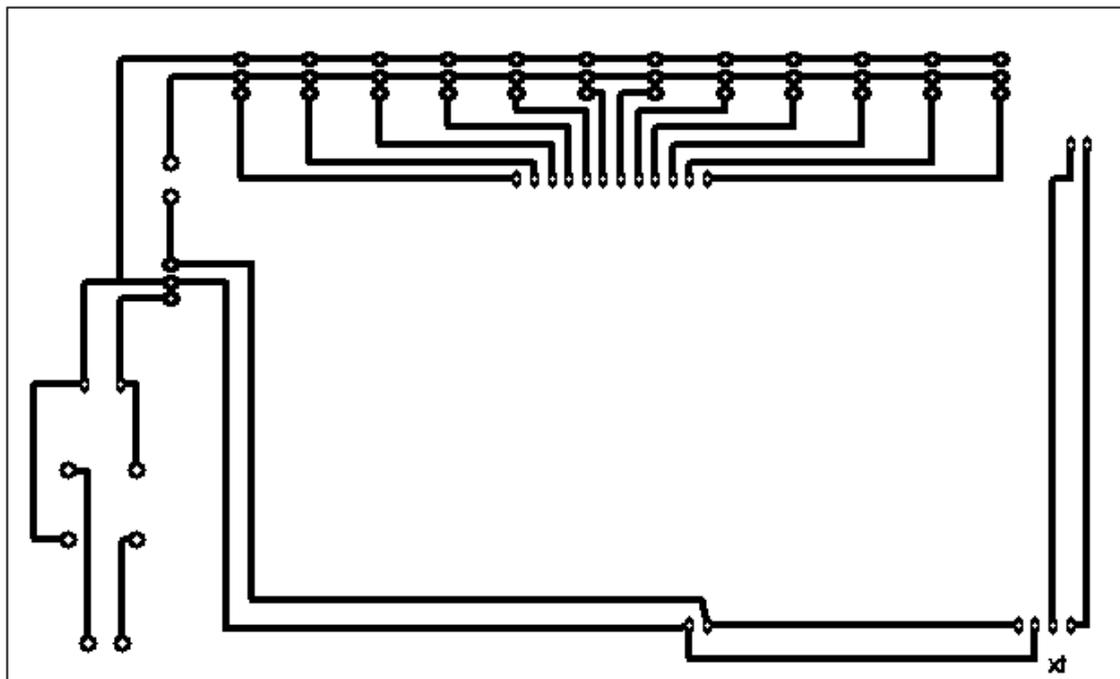
Datos técnicos servomotor MG995	
Peso	55 gr
Dimensiones	40,7x19,7x42,9 mm
Voltaje de operación	5 v
Torque	8,5 kgf.cm
Velocidad de operación	0,2s/60°
Corriente de trabajo	500-900 mA

Datos técnicos micro servomotor SG 90	
Peso	9 gr
Dimensiones	22x12,5x29,5 mm
Voltaje de operación	5 v
Torque	1,6 kgf.cm
Velocidad de operación	0,1 s/60°
Corriente de trabajo	menos de 500 mA

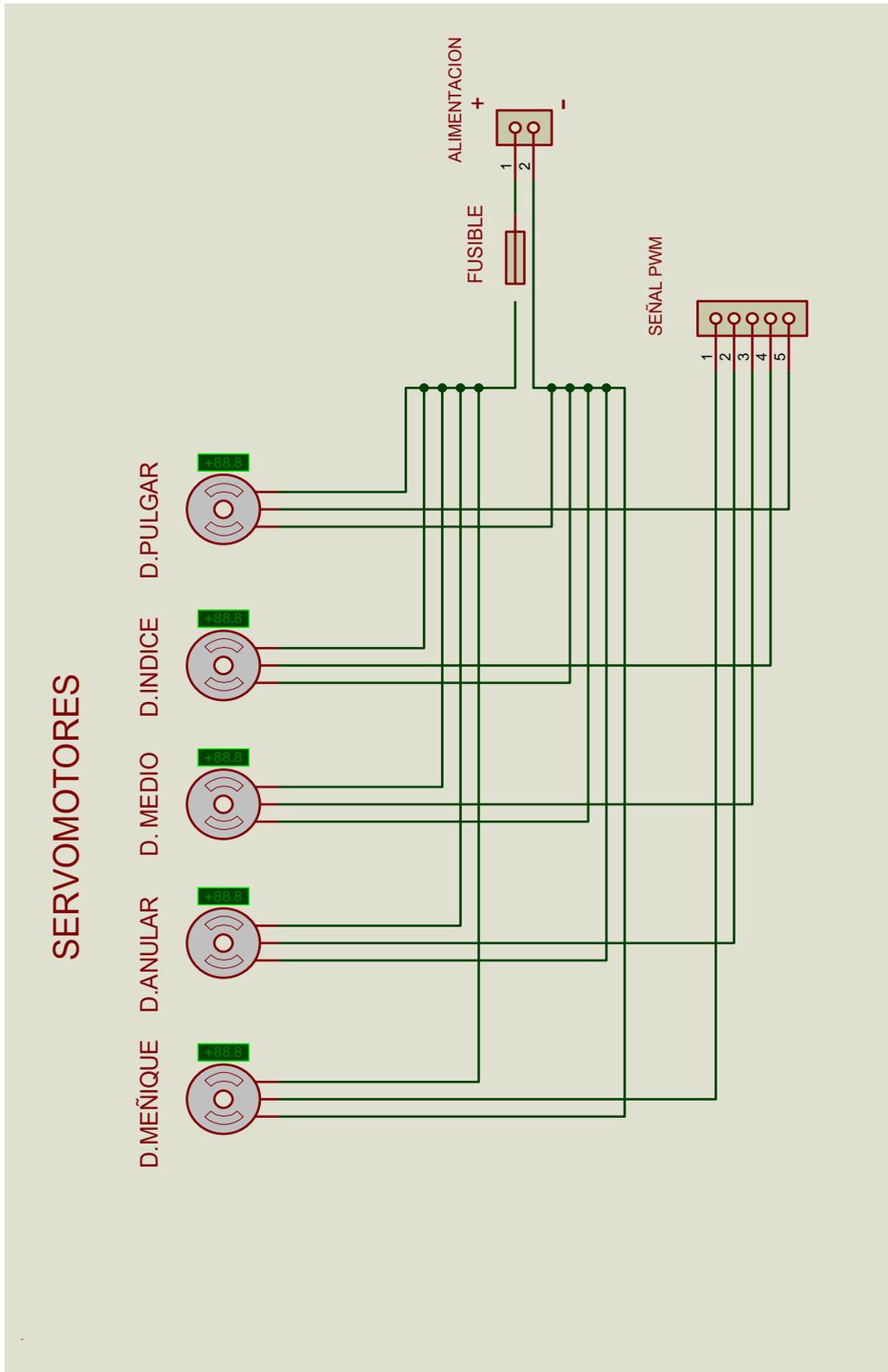
Anexo 7.- Circuito eléctrico de alimentación.



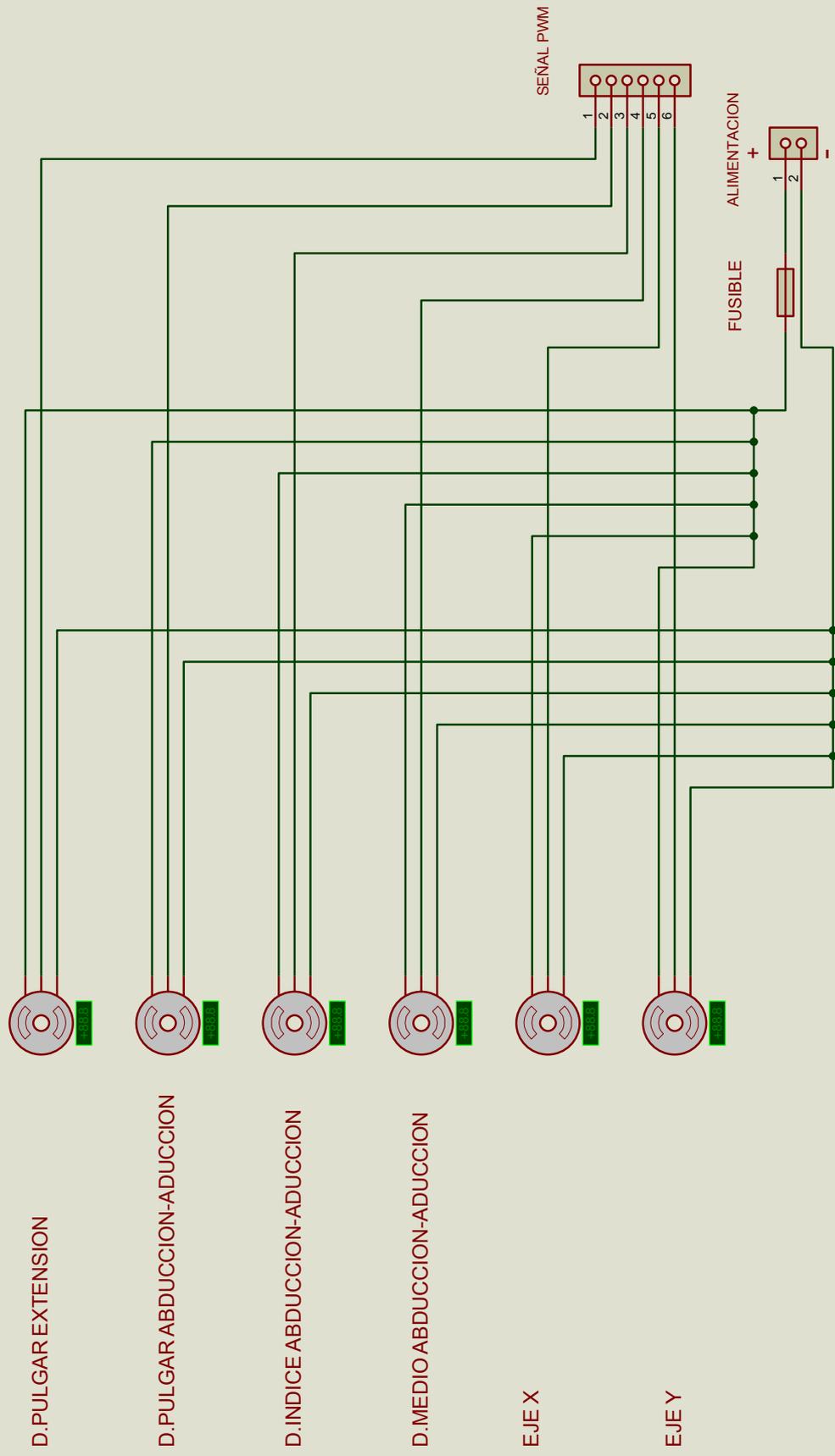
Anexo 8.- Circuito para la fabricación de la placa electrónica.

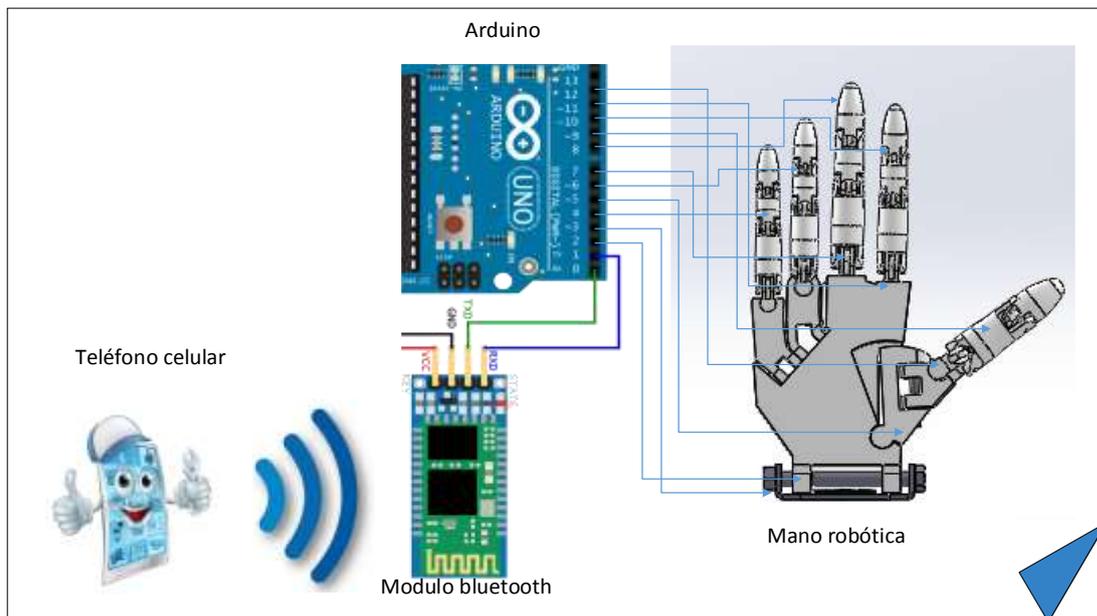


Anexo 9.- Diagrama eléctrico de conexión.



SERVOMOTORES





Anexo 10.- Programación del microcontrolador Arduino

```
// definición de la librería
```

```
#include <VarSpeedServo.h>
```

```
// Definición de cada uno de los servomotores
```

```
VarSpeedServo servo2, servo3, servo4,  
servo5,
```

```
servo6, servo7, servo8, servo9,
```

```
servo10, servo11, servo12, servo13;
```

```
// variable de ingreso de "dato" para recibir el  
valor enviado desde la aplicación Android
```

```
String cadenaSolicitada = "sdsdf";
```

```
String letra = "";
```

```
// variable de la velocidad de movimiento por  
defecto
```

```
static int velocidad = 60;
```

```
// Definición del nombre del proyecto
```

```
String nombre = "ManoRobot";
```

```
// Definición de la posición con respecto al  
alfabeto
```

```
int posicionAlfabeto = 10;
```

```
int contador = 1;
```

```
#define DEBUG(a) Serial.println(a);
```

```
// método principal
```

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
// Asociación entre cada uno de los
servomotores y los pines de conexiones de la
placa de Arduino
```

```
servo2.attach(2);          servo3.attach(3);
servo4.attach(4);
```

```
servo5.attach(5);          servo6.attach(6);
servo7.attach(7);
```

```
servo8.attach(8);          servo9.attach(9);
servo10.attach(10);
```

```
servo11.attach(11);        servo12.attach(12);
servo13.attach(13);
```

```
// inicialización de los servomotores
```

```
servo2.write(100);          servo3.write(100);
servo4.write(20);
```

```
servo5.write(90);           servo6.write(20);
servo7.write(65);
```

```
servo8.write(20);           servo9.write(20);
servo10.write(20);
```

```
servo11.write(70);          servo12.write(180);
servo13.write(0);
```

```
}
```

```
// método de ejecución
```

```
void loop() {
```

```
  if (Serial.available() > 0) {
```

```
    String      entradaDatos      =
Serial.readStringUntil('\n');
```

```
if(entradaDatos == "-"){
```

```
  minima();
```

```
}else if (entradaDatos == "="){
```

```
  normal();
```

```
}else if (entradaDatos == "+"){
```

```
  maxima();
```

```
}
```

```
int x = 0;
```

```
for(x = 0; x <= entradaDatos.length(); x++){
```

```
  letra = obtenerValor(entradaDatos,',',x);
```

```
  Serial.println(letra);
```

```
  delay(2000);
```

```
  obtenerLetra(letra);
```

```
  //envioValoresAndroid(letra);
```

```
}
```

```
envioValoresAndroid(letra);
```

```
delay(500);
```

```
}
```

```
}
```

```
/**
```

```
*  FUNCION  PARA  SEPARAR  LOS
CARACTERES  DE  LA  CADENA
RECIBIDA
```

```
*/
```

```
String  obtenerValor(String  dato,  char
separador, int index)
```

```
{
```

```

int encontrar = 0;
int strIndex[] = {0, -1};
int maxIndex = dato.length()-1;

for(int i=0; i<=maxIndex &&
encontrar<=index; i++){
    if(dato.charAt(i)==separador ||
i==maxIndex){
        encontrar++;
        strIndex[0] = strIndex[1]+1;
        strIndex[1] = (i == maxIndex) ? i+1 : i;
    }
}

return encontrar>index ?
dato.substring(strIndex[0], strIndex[1]) : "";
}
/**
 * Posición de los Servomotores
 */
String obtenerLetra(String letra){
    if(letra == "a"){
        letraA();
    }else if (letra == "b"){
        letraB();
    }else if (letra == "c"){
        letraC();
    }else if (letra == "d"){
        letraD();
    }else if (letra == "e"){
        letraE();
    }else if (letra == "f"){
        letraF();
    }else if (letra == "g"){
        letraG();
    }else if (letra == "h"){
        letraH();
    }else if (letra == "i"){
        letraI();
    }else if (letra == "j"){
        letraJ();
    }else if (letra == "k"){
        letraK();
    }else if (letra == "l"){
        letraL();
    }else if (letra == "m"){
        letraM();
    }else if (letra == "n"){
        letraN();
    }else if (letra == "o"){
        letraO();
    }else if (letra == "p"){
        letraP();
    }else if (letra == "q"){
        letraQ();
    }else if (letra == "r"){

```

```

    letraR());
}else if (letra == "s"){
    letraS();
}else if (letra == "t"){
    letraT();
}else if (letra == "u"){
    letraU();
}else if (letra == "v"){
    letraV();
}else if (letra == "w"){
    letraW();
}else if (letra == "x"){
    letraX();
}else if (letra == "y"){
    letraY();
}else if (letra == "z"){
    letraZ();
}else if (letra == "0"){
    letra0();
}else if (letra == "1"){
    letra1();
}else if (letra == "2"){
    letra2();
}else if (letra == "3"){
    letra3();
}else if (letra == "4"){
    letra4();
}else if (letra == "5"){

```

```

    letra5();
}else if (letra == "6"){
    letra6();
}else if (letra == "7"){
    letra7();
}else if (letra == "8"){
    letra8();
}else if (letra == "9"){
    letra9();
}
return letra;
delay(500);
}
/**
 * CREACIÓN DE LA FUNCIÓN PARA EL
 * ENVIO DE PARÁMETROS A LA
 * APLICACIÓN ANDROID
 */
String envioValoresAndroid(String letra){
    // envio del parámetro '#', para comenzar el
    // envío de los datos, de esta manera la
    // aplicaciación móvil reconoce la acción
    Serial.print('#');
    // envio del nombre de la aplicación
    Serial.print(nombre);
    //separamos los datos con el $, así no es más
    // fácil debuggear la información que enviamos
    Serial.print('$');

```

```
// envio del DATO recibido por medio del
Bluetooth hacia la aplicación móvil
```

```
Serial.print(letra);
```

```
//separamos los datos con el $, así no es más
fácil debuggear la información que enviamos
```

```
Serial.print('$');
```

```
// envio de la posicion
```

```
void minima() {
```

```
  velocidad = 30;
```

```
  Serial.println("minima");
```

```
}
```

```
void normal() {
```

```
  velocidad = 60;
```

```
  Serial.println("normal");
```

```
}
```

```
void maxima() {
```

```
  velocidad = 90;
```

```
  Serial.println("maxima");
```

```
}
```

```
/**
```

```
* FUNCIONES PARA LA POSICION DE
CADA UNO DE LOS DEDOS DE LA
MANO ROBÓTICA
```

```
*/
```

```
void letraA() {
```

```
  Serial.print(posicionAlfabeto);
```

```
  //con esto damos a conocer la finalización
del String de datos
```

```
  Serial.println('~');
```

```
  delay(500);
```

```
  return letra;
```

```
}
```

```
servo2.write(100, velocidad, false);
```

```
servo3.write(100, velocidad, false);
```

```
servo4.write(160, velocidad, false);
```

```
servo5.write(90, velocidad, false);
```

```
servo6.write(120, velocidad, false);
```

```
servo7.write(65, velocidad, false);
```

```
servo8.write(140, velocidad, false);
```

```
servo9.write(20, velocidad, false);
```

```
servo10.write(170, velocidad, false);
```

```
servo11.write(70, velocidad, false);
```

```
servo12.write(180, velocidad, false);
```

```
}
```

```
void letraB() {
```

```
servo2.write(100, velocidad, false);
```

```
servo3.write(100, velocidad, false);
```

```
servo4.write(20, velocidad, false);
```

```
servo5.write(90, velocidad, false);
```

```
servo6.write(20, velocidad, false);
```

```
servo7.write(65, velocidad, false);
```

```
servo8.write(20, velocidad, false);
```

```
servo9.write(160, velocidad, false);
```

```
servo10.write(20, velocidad, false);
```

```
servo11.write(70, velocidad, false);
```

```
servo12.write(180, velocidad, false);
```

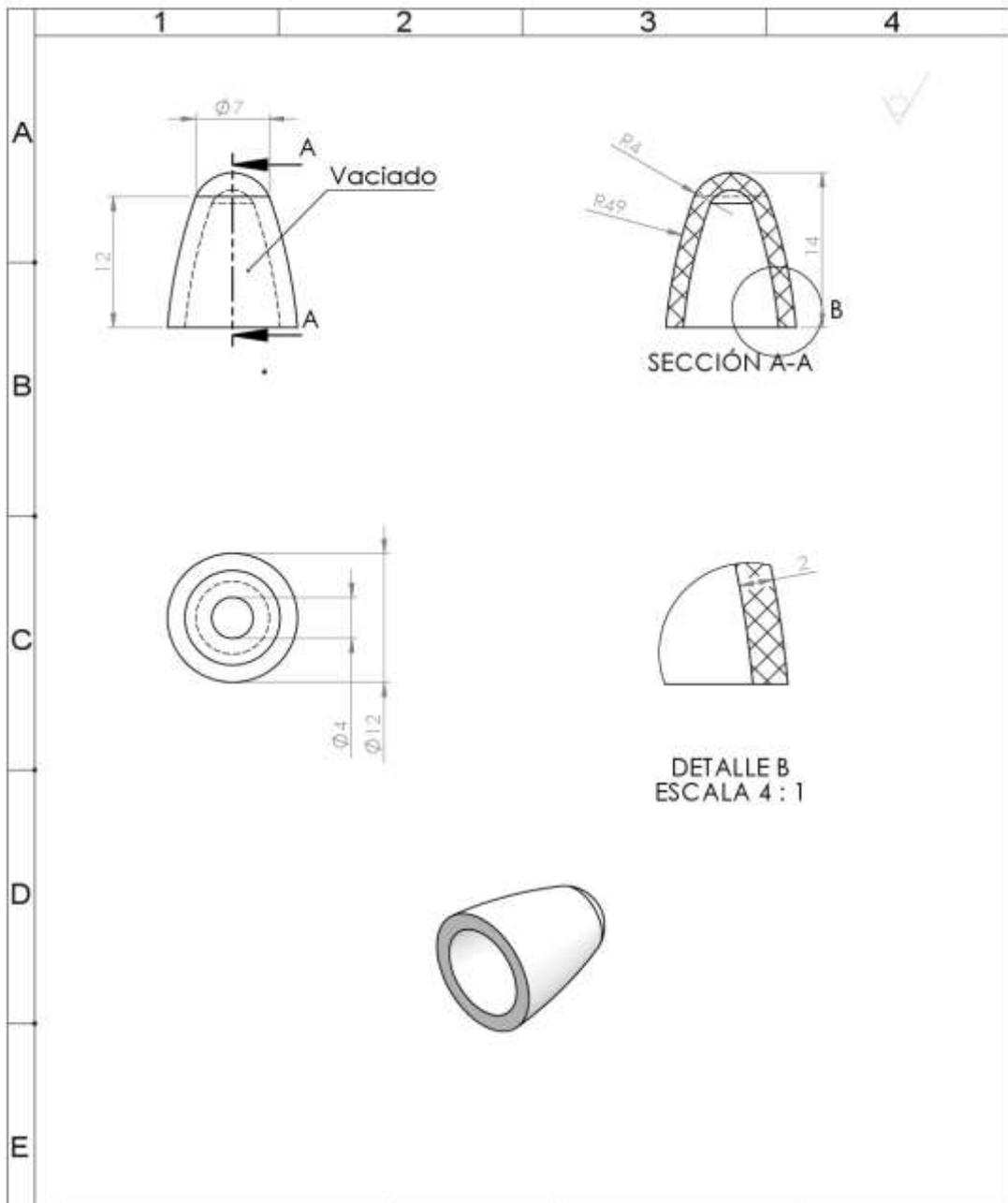
```

}
void letraC() {
    servo2.write(140, velocidad, false);
    servo3.write(100, velocidad, false);
    servo4.write(20, velocidad, false);
    servo5.write(90, velocidad, false);
    servo6.write(20, velocidad, false);
    servo7.write(65, velocidad, false);
    servo8.write( 20, velocidad, false);
    servo9.write(20, velocidad, false);
    servo10.write(20, velocidad, false);
    servo11.write(70, velocidad, false);
    servo12.write(180, velocidad, false);
}
void letraD() {
    servo2.write(100, velocidad, false);
    servo3.write(100, velocidad, false);
    servo4.write(140, velocidad, false);
    servo5.write(90, velocidad, false);
    servo6.write(120, velocidad, false);
    servo7.write(65, velocidad, false);
    servo8.write(140, velocidad, false);
    servo9.write(160, velocidad, false);
    servo10.write(20, velocidad, false);
    servo11.write(70, velocidad, false);
    servo12.write(180, velocidad, false);
}
void letraE() {
    servo2.write(100, velocidad, false);
    servo3.write(100, velocidad, false);
    servo4.write(90, velocidad, false);
    servo5.write(90, velocidad, false);
    servo6.write(60, velocidad, false);
    servo7.write(65, velocidad, false);
    servo8.write(80, velocidad, false);
    servo9.write(80, velocidad, false);
    servo10.write(75, velocidad, false);
    servo11.write(70, velocidad, false);
    servo12.write(180, velocidad, false);
}
void letraF() {
    servo2.write(100, velocidad, false);
    servo3.write(100, velocidad, false);
    servo4.write(20, velocidad, false);
    servo5.write(90, velocidad, false);
    servo6.write(20, velocidad, false);
    servo7.write(65, velocidad, false);
    servo8.write(20, velocidad, false);
    servo9.write(120, velocidad, false);
    servo10.write(175, velocidad, false);
    servo11.write(70, velocidad, false);
    servo12.write(180, velocidad, false);
    servo13.write(100, velocidad, false);
}

```

CONTINUA

**Anexo 11- Planos de impresión 3D
de piezas mecánicas.**



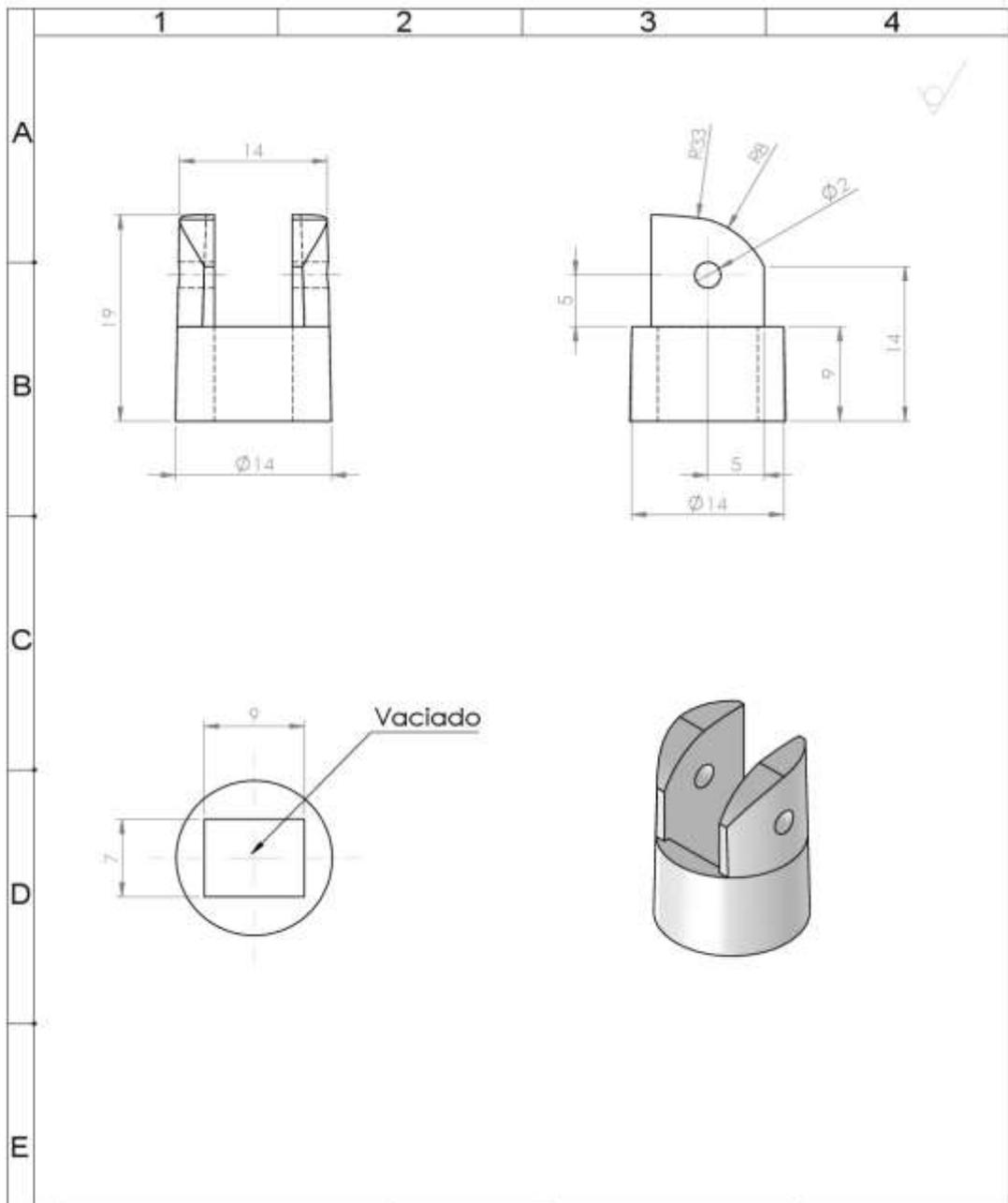
1	D. MEÑIQUE FALANQUE DISTAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	• CENTRO R49
File	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018		≥ 1		
Rev.				
Apró				
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N°	UTC-MR-DM-201	D. MEÑIQUE FALANQUE DISTAL 1.



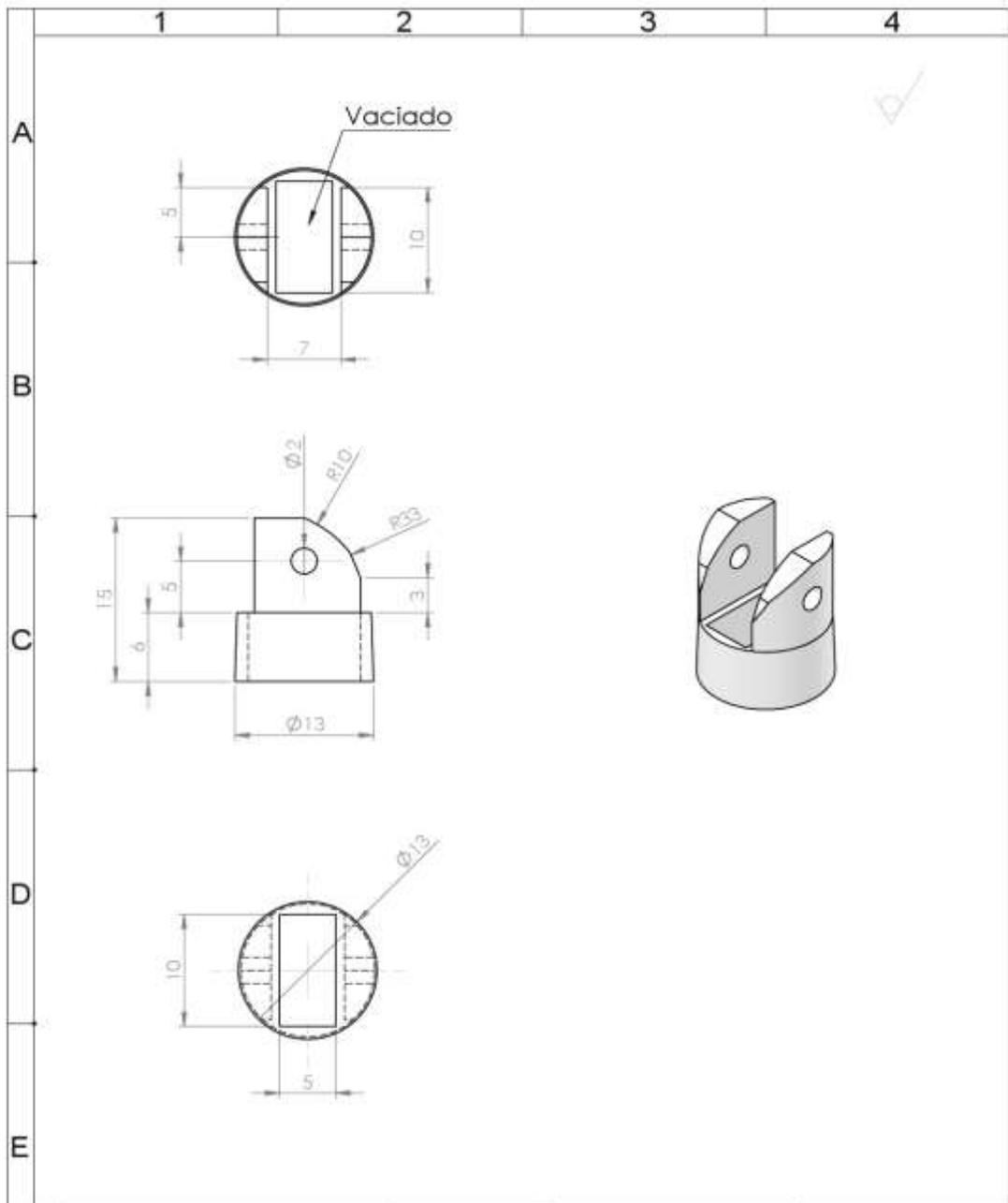
1	D. MEÑIQUE FALANGUE PROXIMAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apro.	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC- MR-DM-206	D. MEÑIQUE FALANGUE PROXIMAL 2



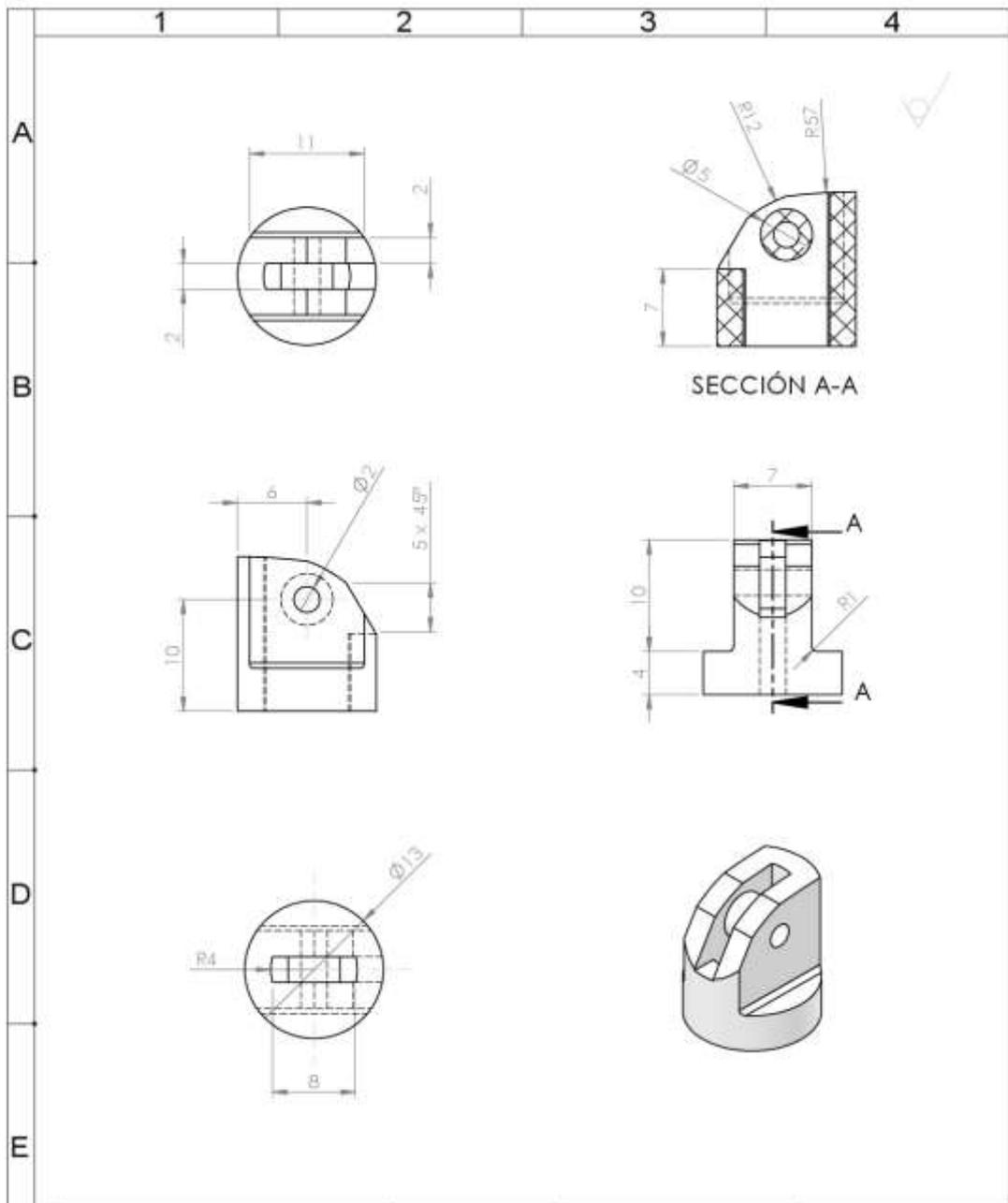
1	D. MEÑIQUE FALANGUE MEDIAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina N°	Código UTC- MR-DM-203	Denominación: D. MEÑIQUE FALANGUE MEDIAL 1
Material ABS	Tolerancias ± 0.2			



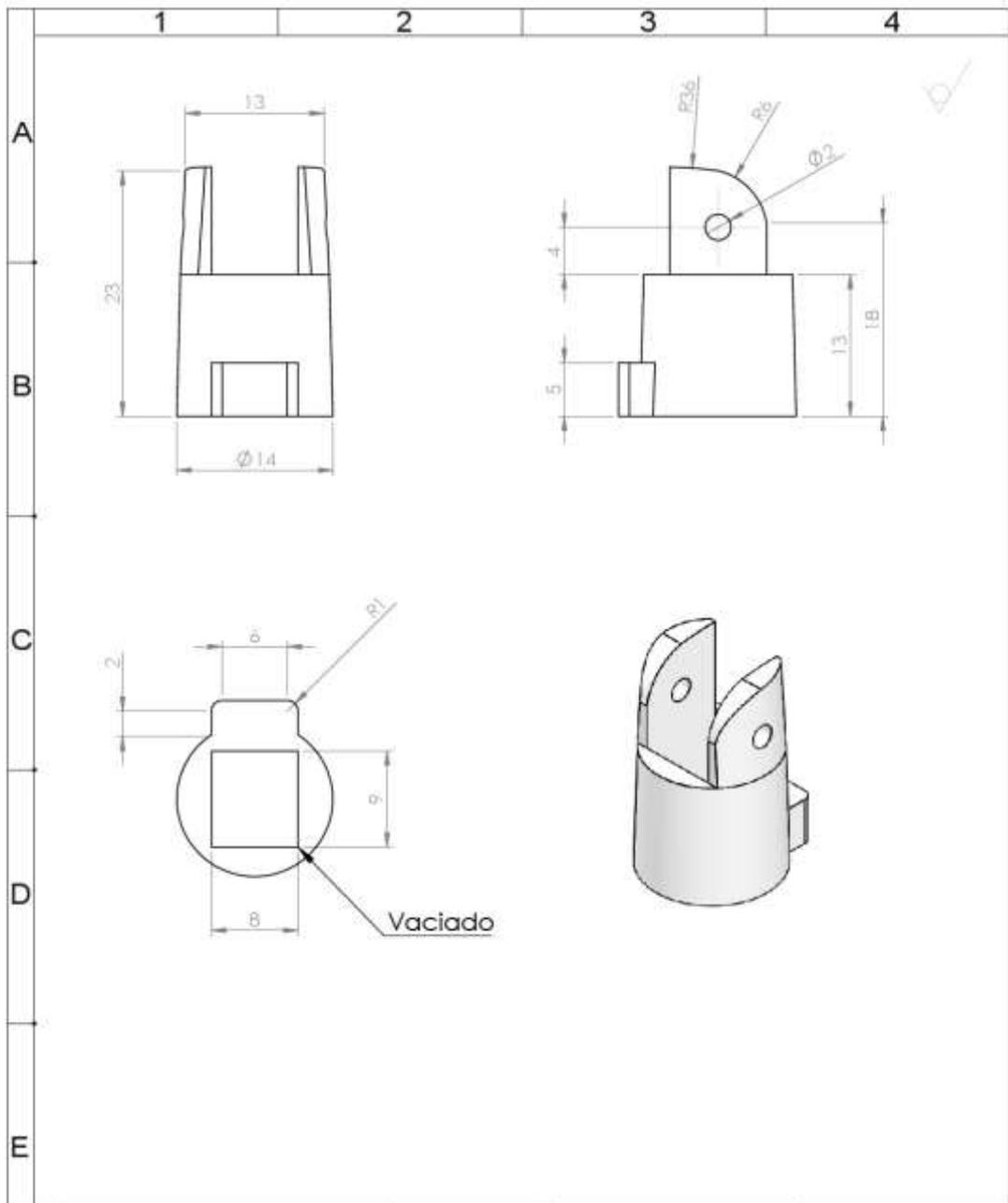
1	D. MEÑIQUE FALANGUE MEDIAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
1	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lamina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC- MR-DM-204	D. MEÑIQUE FALANGUE MEDIAL 2



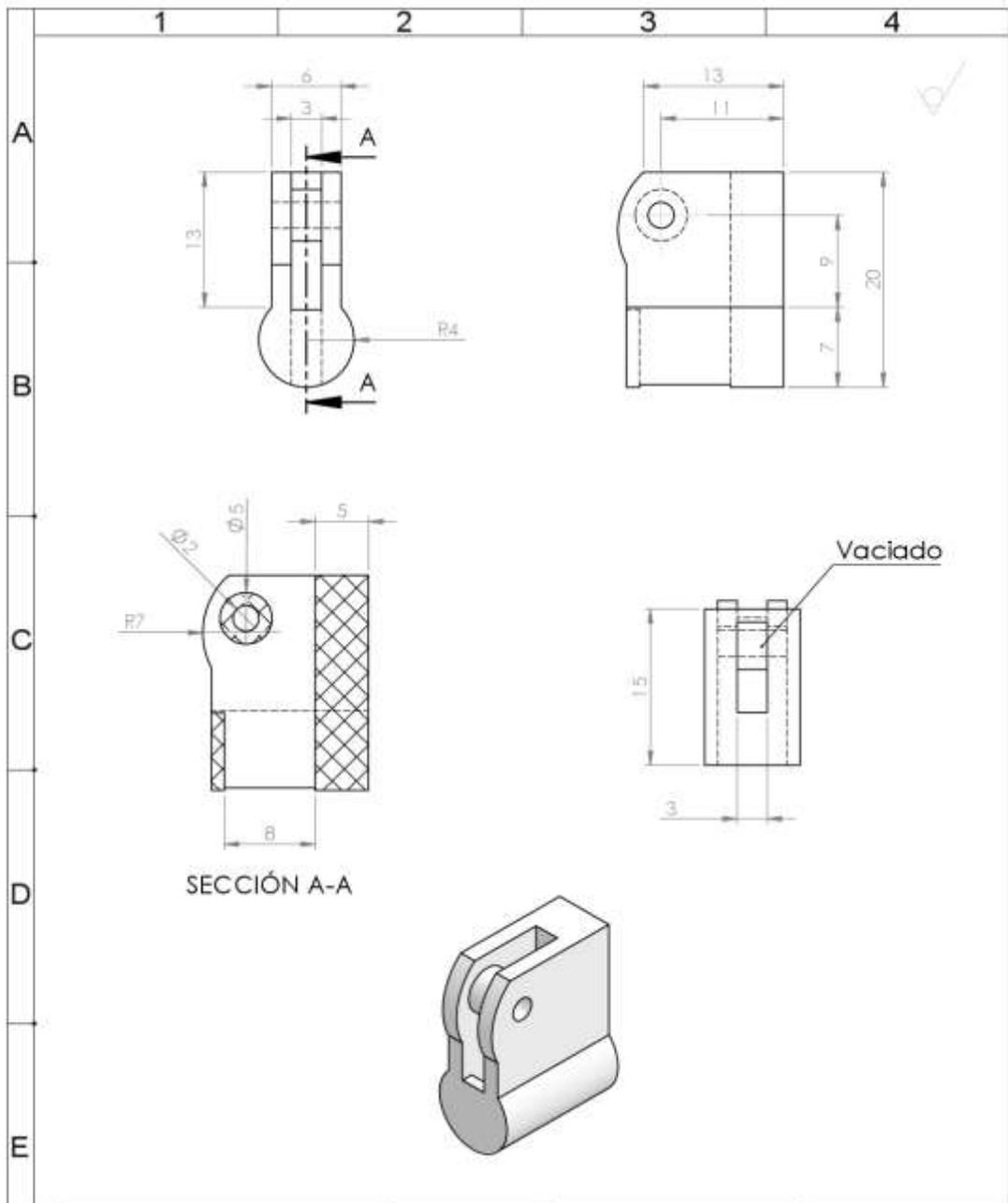
1	D. MEÑIQUE FALANGUE PROXIMAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apro.	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC- MR-DM-205	D. MEÑIQUE FALANGUE PROXIMAL 1



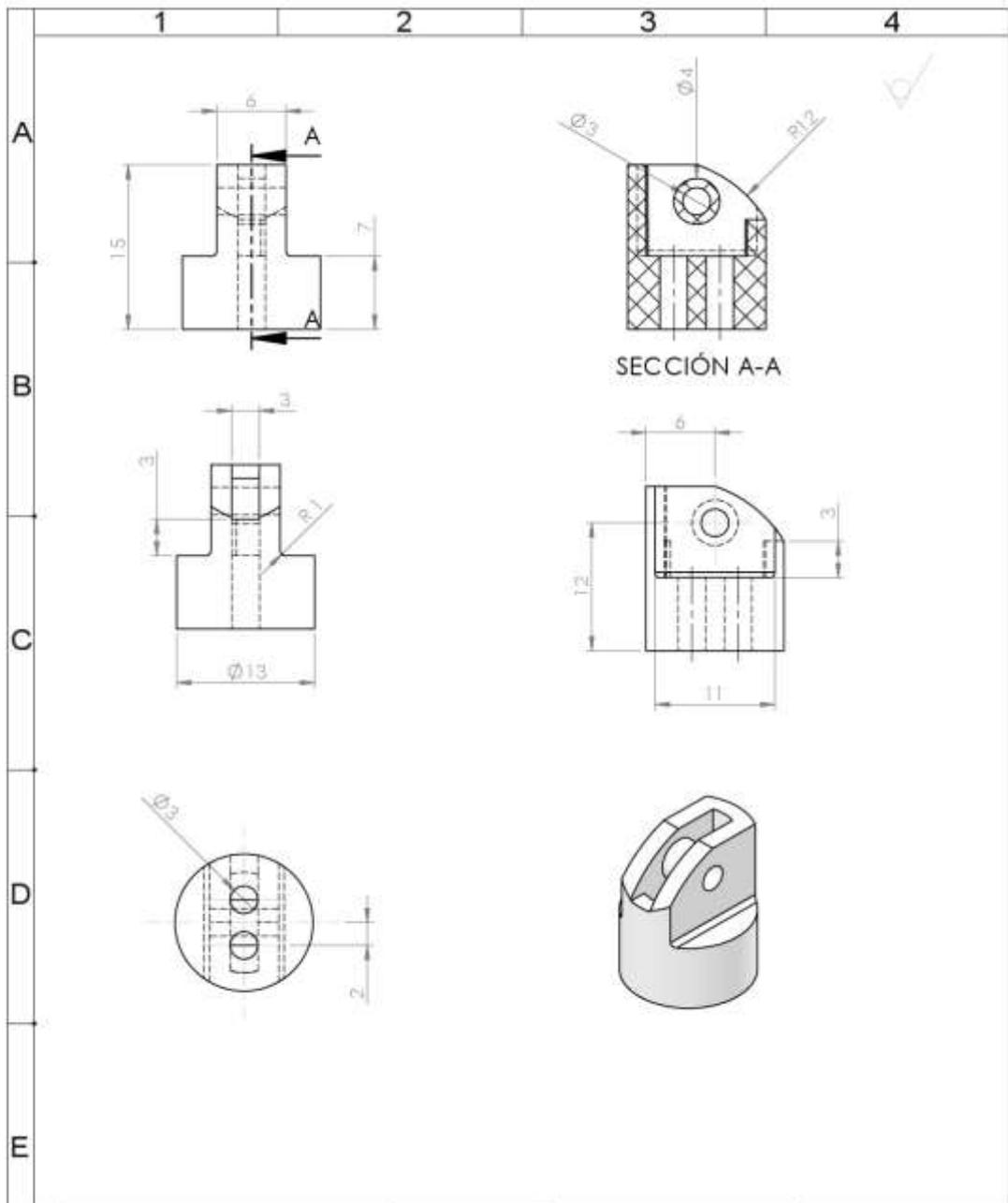
1	D. MEÑIQUE METACARPO 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina N°	Código UTC- MR-DM-207	Denominación: D. MEÑIQUE METACARPO 1
Material ABS	Tolerancias ± 0.2			



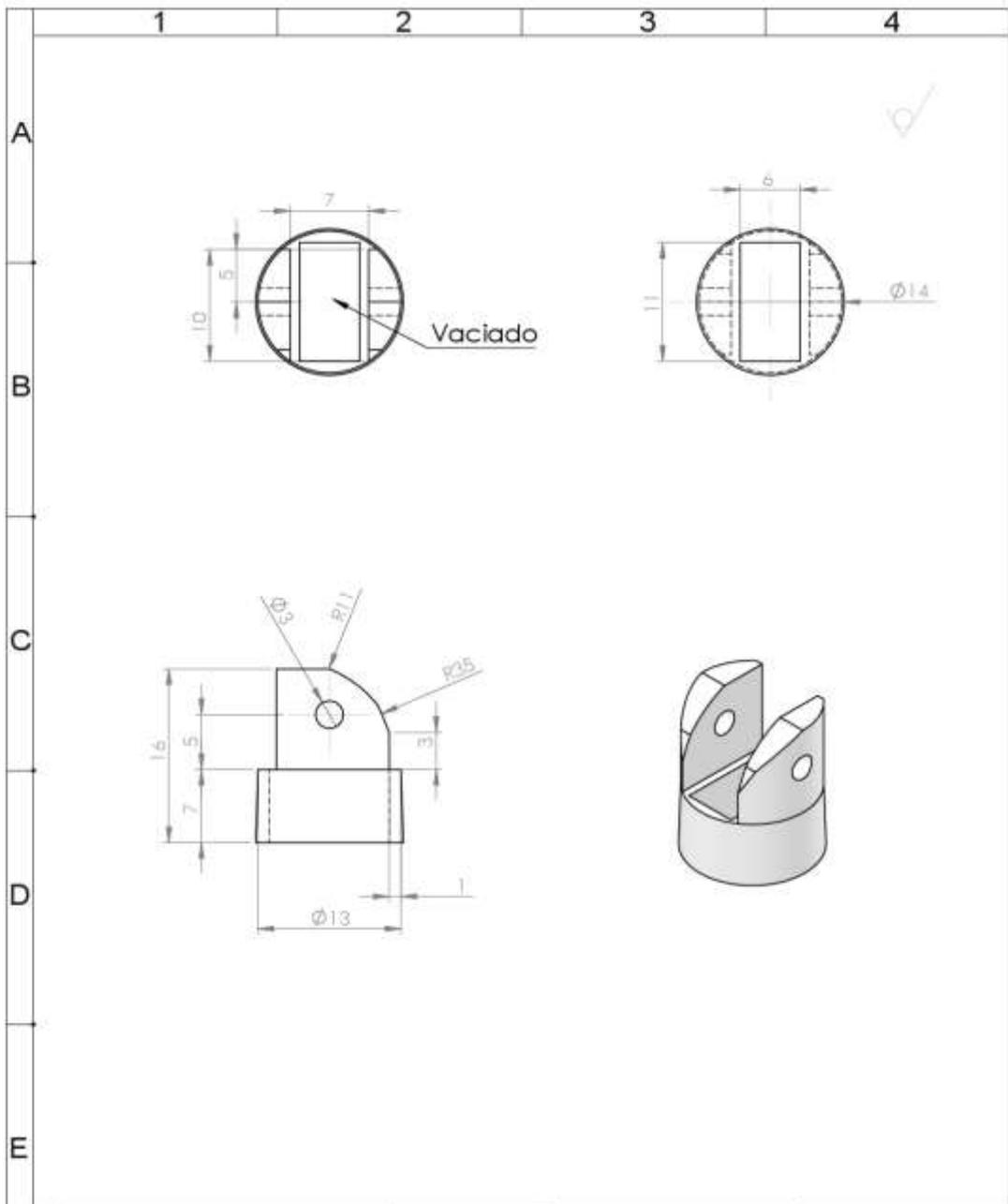
1	D. ANULAR FALANGE DISTAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC- MR-DA-302	D. ANULAR FALANGE DISTAL 2



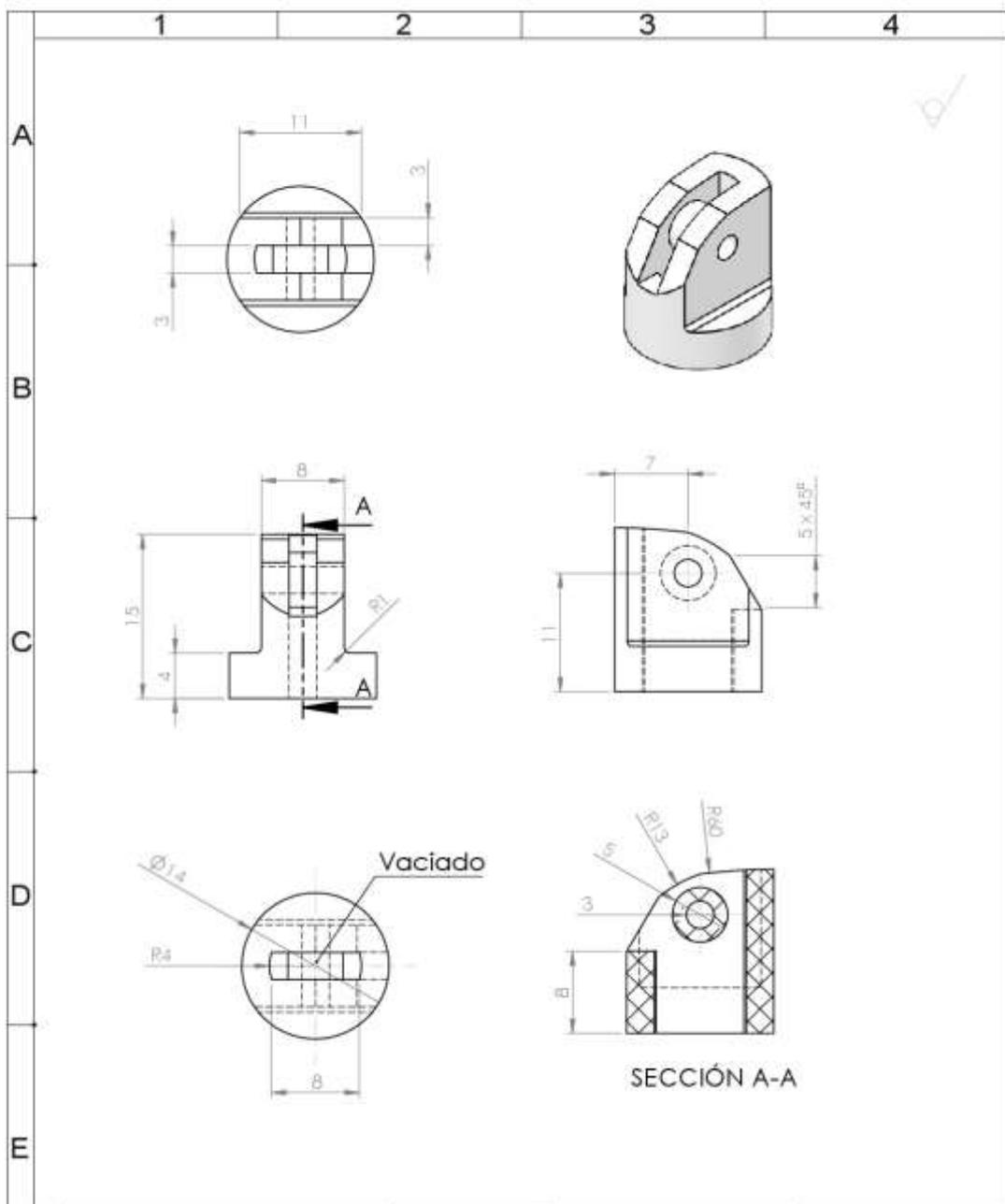
1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC- MR-DA-303	Denominación: D. ANULAR FALANGE MEDIAL 1.
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



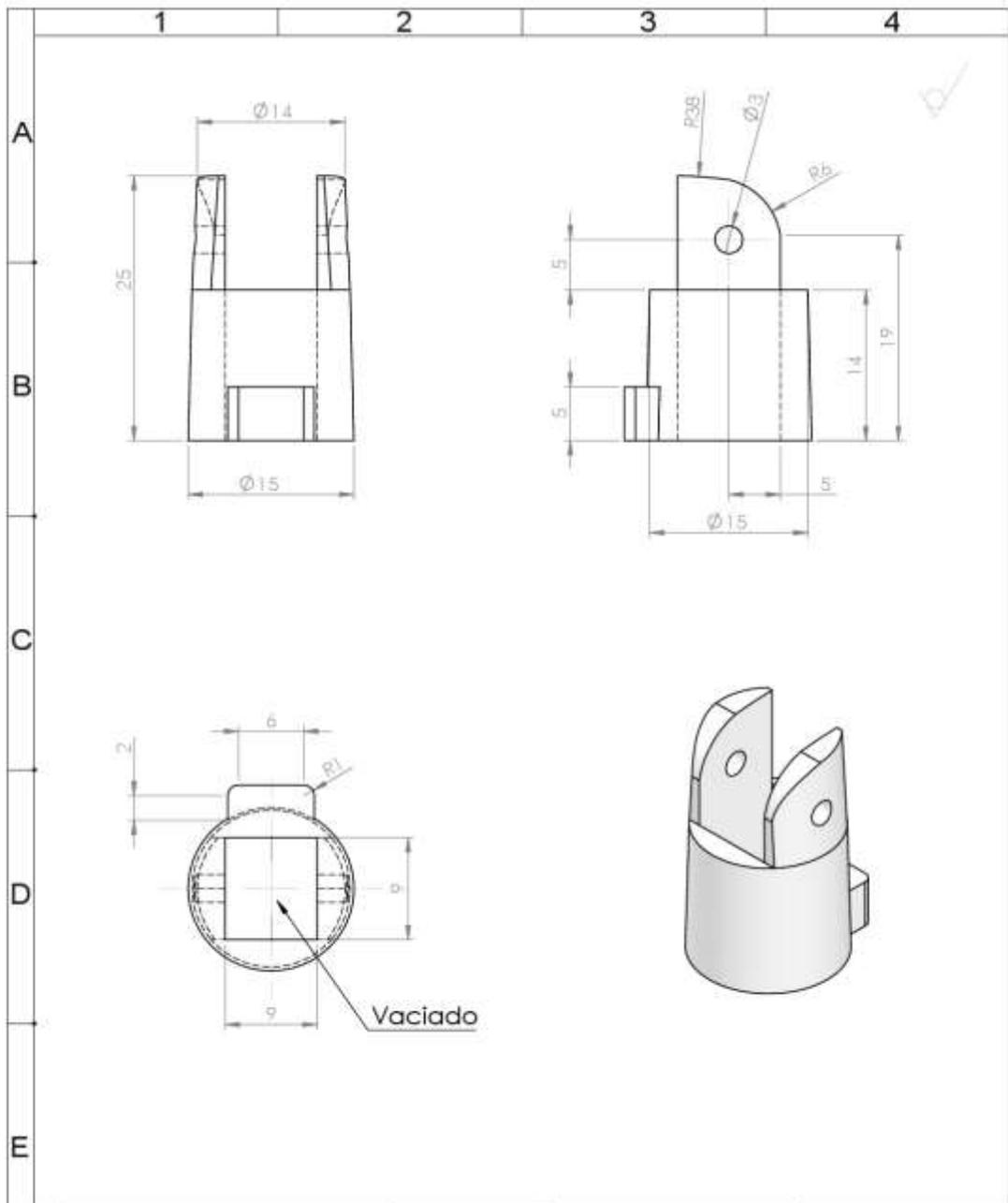
1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DA-304	Denominación: D. ANULAR FALANGE MEDIAL 2
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



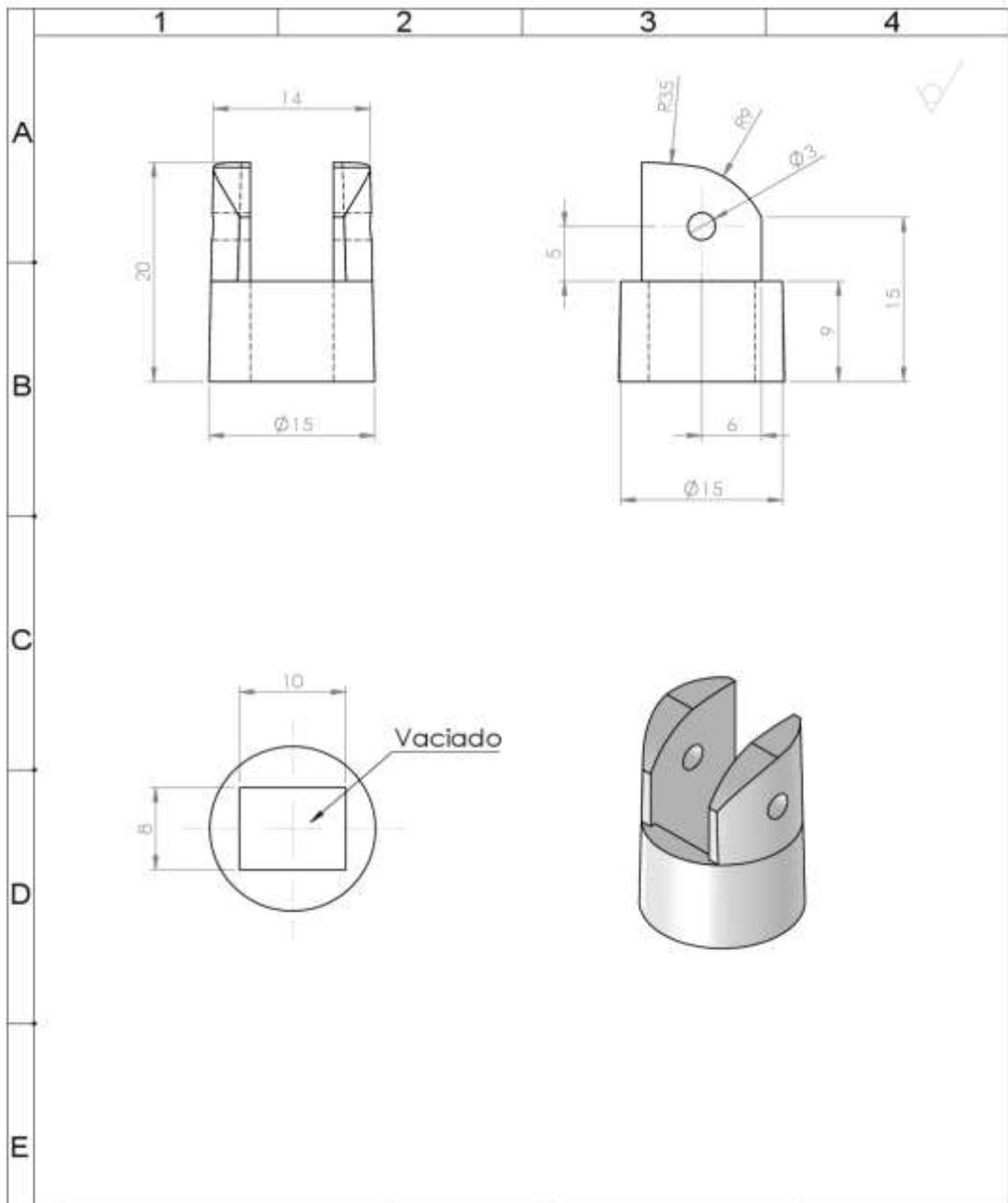
1	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DA-305	Denominación: D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 1
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



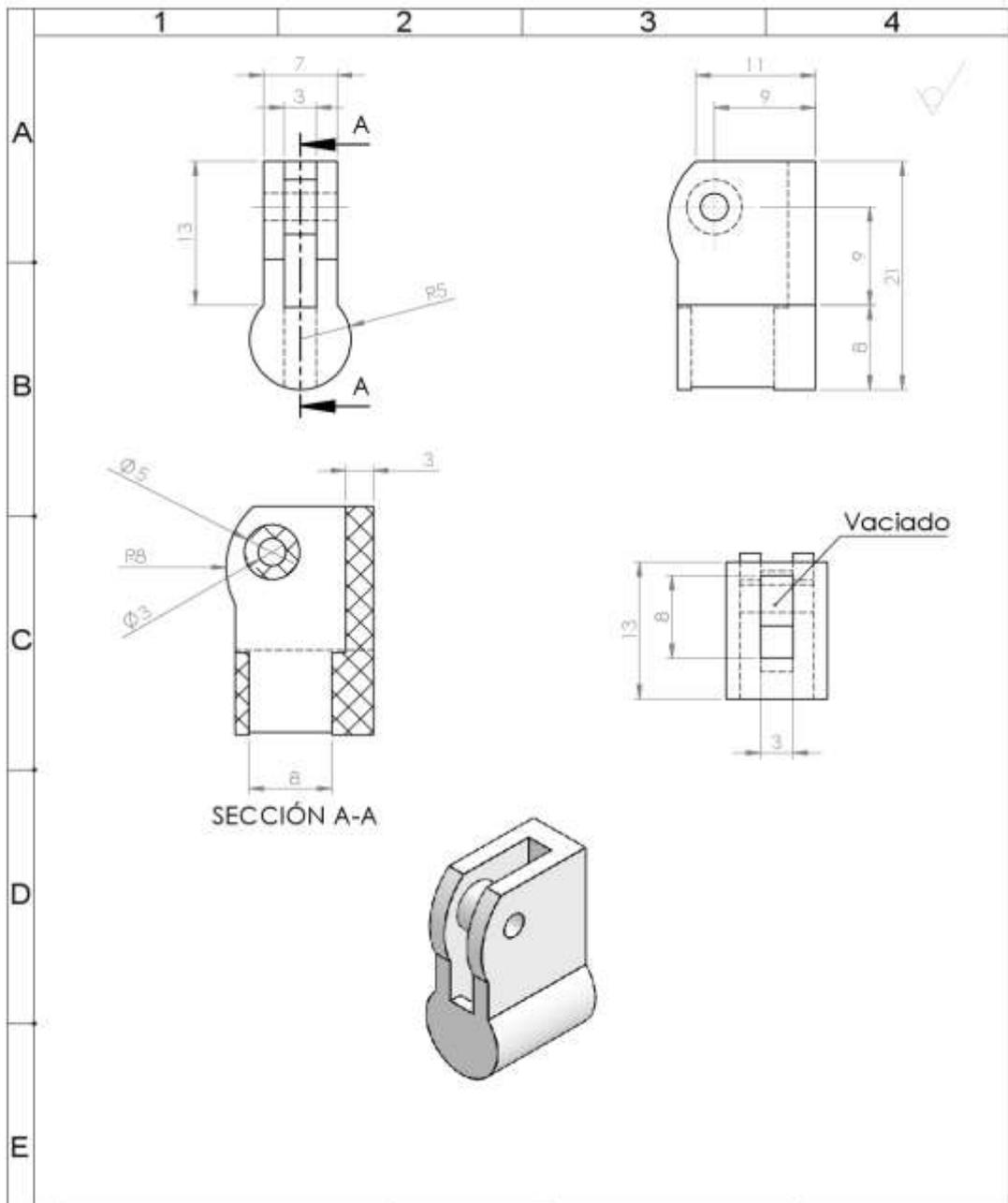
1	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC- MR-DA-305	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 2



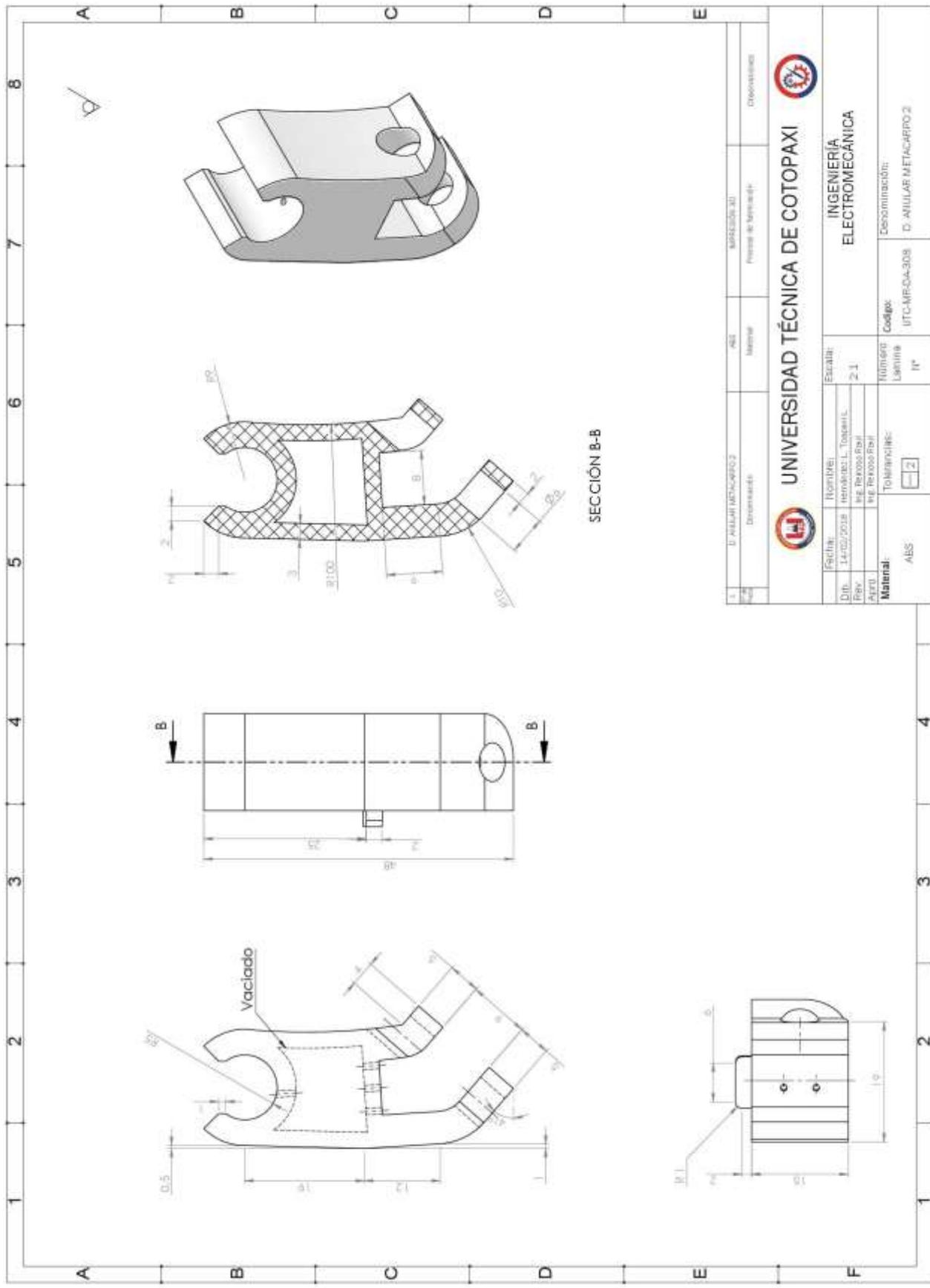
1	D. ANULAR METACARPO 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

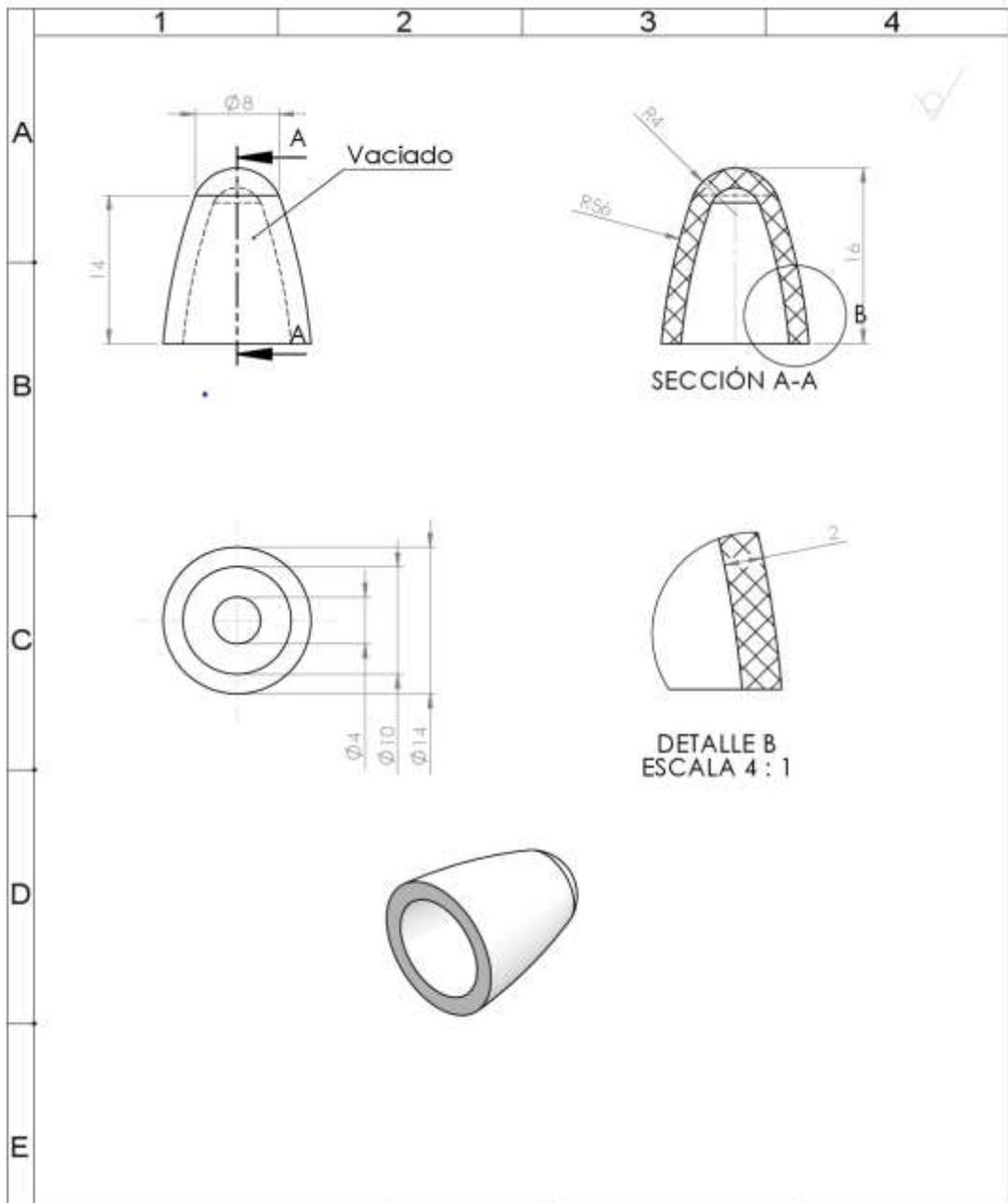


Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DA-307	Denominación: D. ANULAR METACARPO 1
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



SECCIÓN B-B

D. AYLLAR METACARRIO 2		ABS	MATERIALES	PROCESO DE FABRICACIÓN	OTRO
Documento		Materia			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
Fecha:	Nombre:	Escala:			
Dib.:	Nombre:	Número:			
Rev.:	Ing. Ferrosos Pail	2.1			
Apro:	Ing. Ferrosos Pail				
Materia:	Tolerancias:	Número Lámina:	Denominación:		
ABS	±0.2	1*	UTC-MP-QA-308	D. AYLLAR METACARRIO 2	



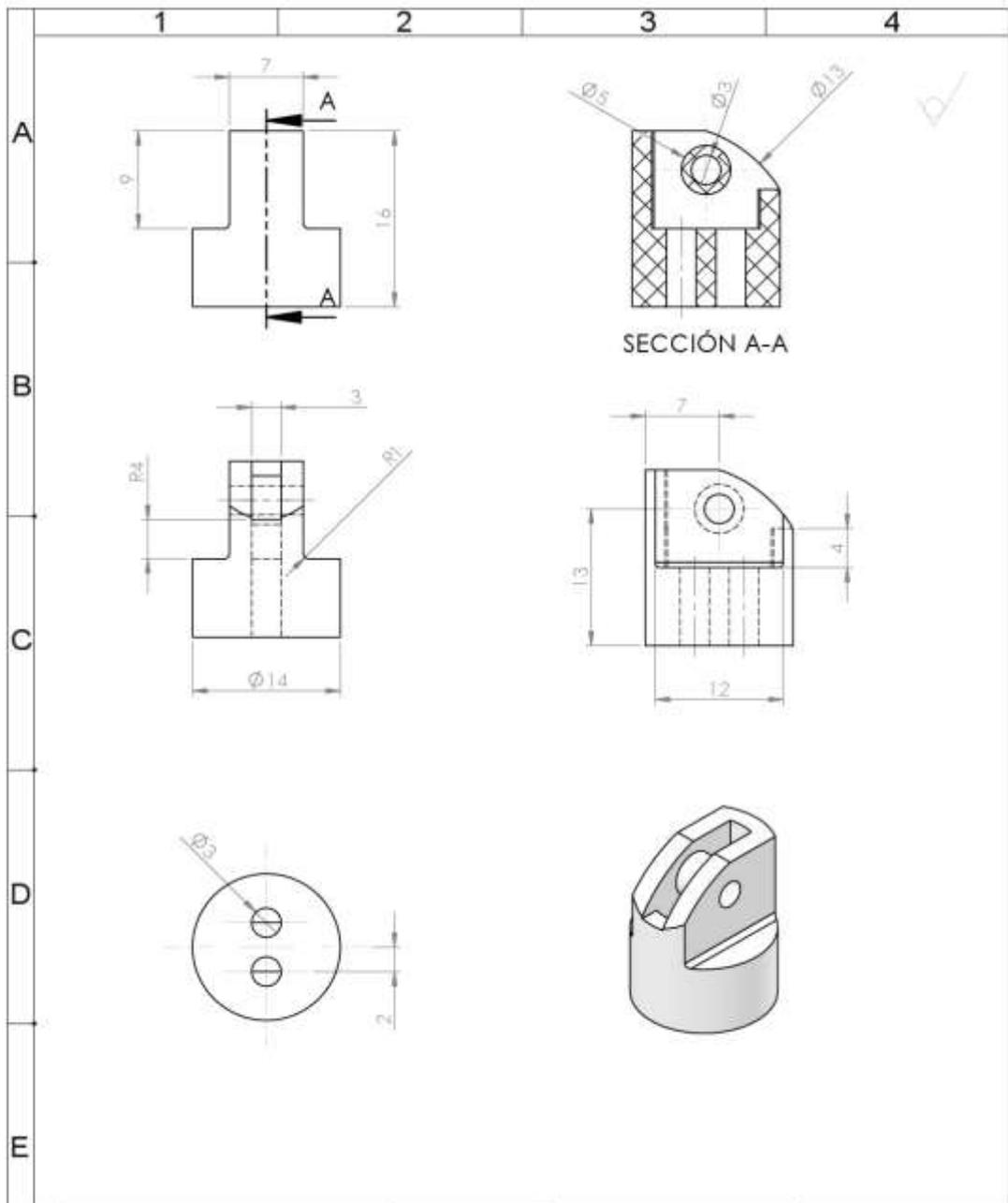
1	D. INDICE FALANGE DISTAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	• CENTRO R56
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DM-501	Denominación: D. INDICE FALANGE DISTAL 1
Material ABS	Tolerancias ± 0.3			



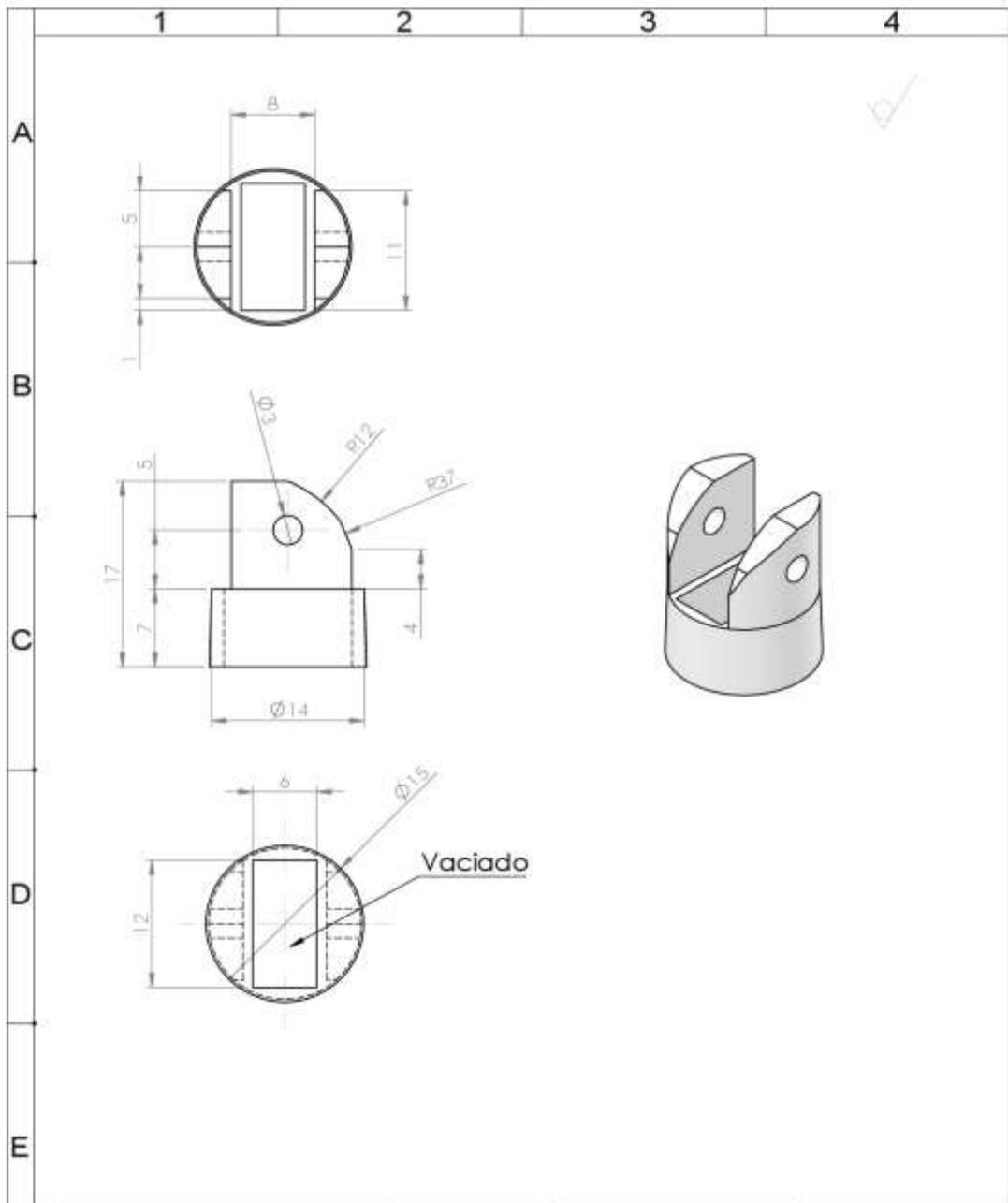
1	D. INDICE FALANGE DISTAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC-MR-DM-502	D. INDICE FALANGE DISTAL 2



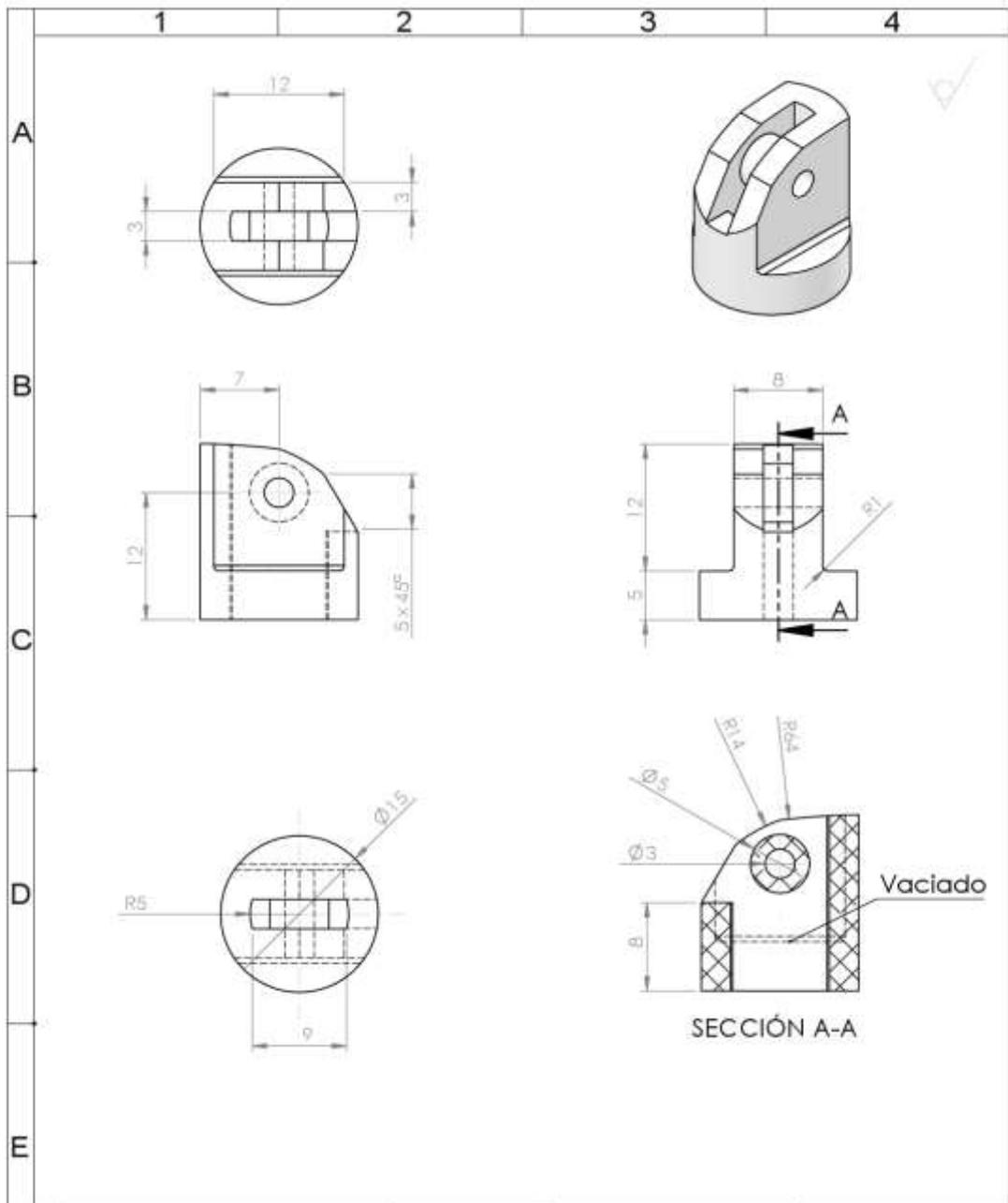
1	D. INDICE FALANGE MEDIAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DM-503	Denominación: D. INDICE FALANGE MEDIAL 1
Material ABS	Tolerancias ± 0.2			



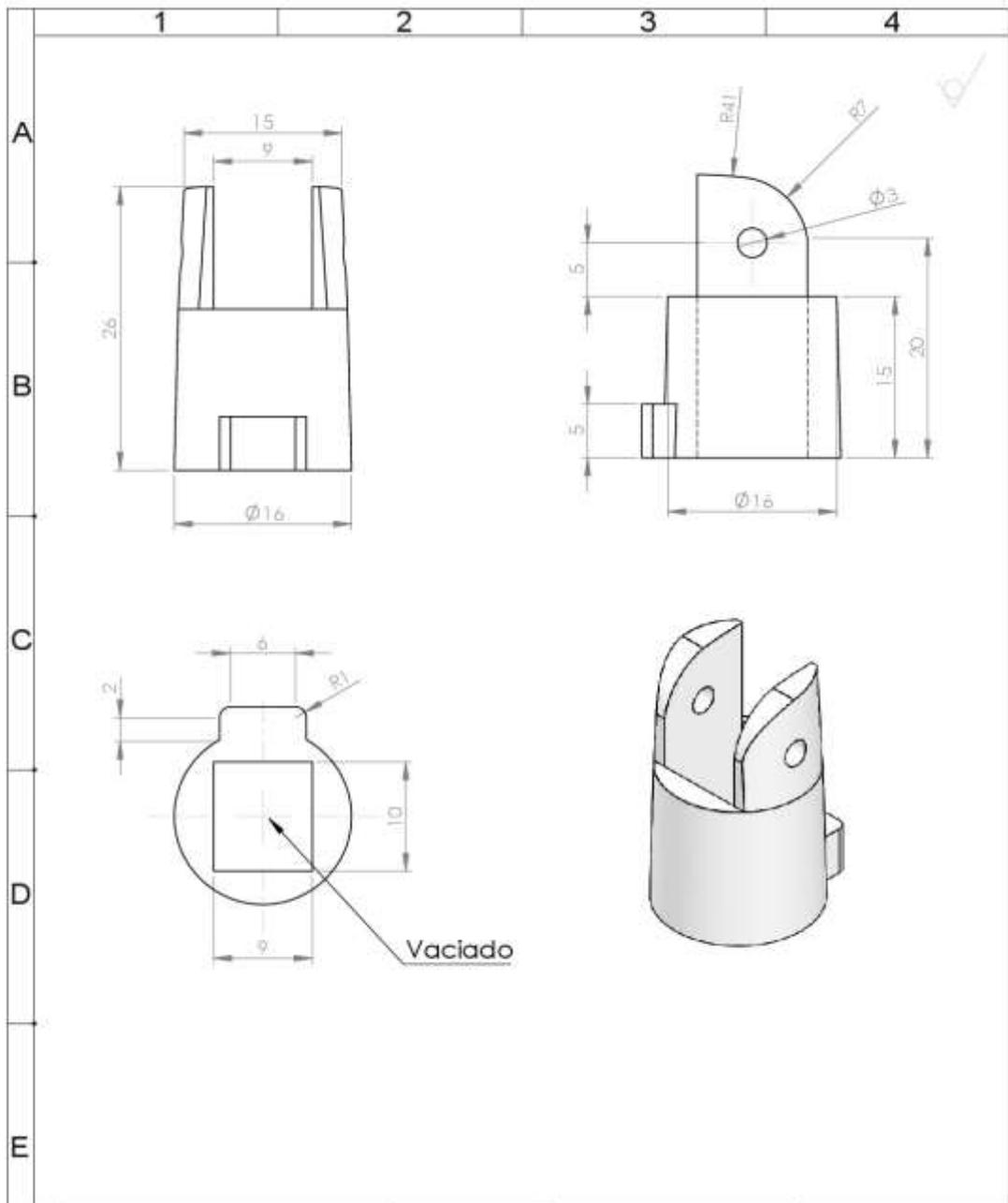
1	D. INDICE FALANGE MEDIAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
i	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.		Ing. Reinoso Raúl			
Apró		Ing. Reinoso Raúl			
Material		Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS		±0.2	N°	UTC-MR-DM-504	D. INDICE FALANGE MEDIAL 2



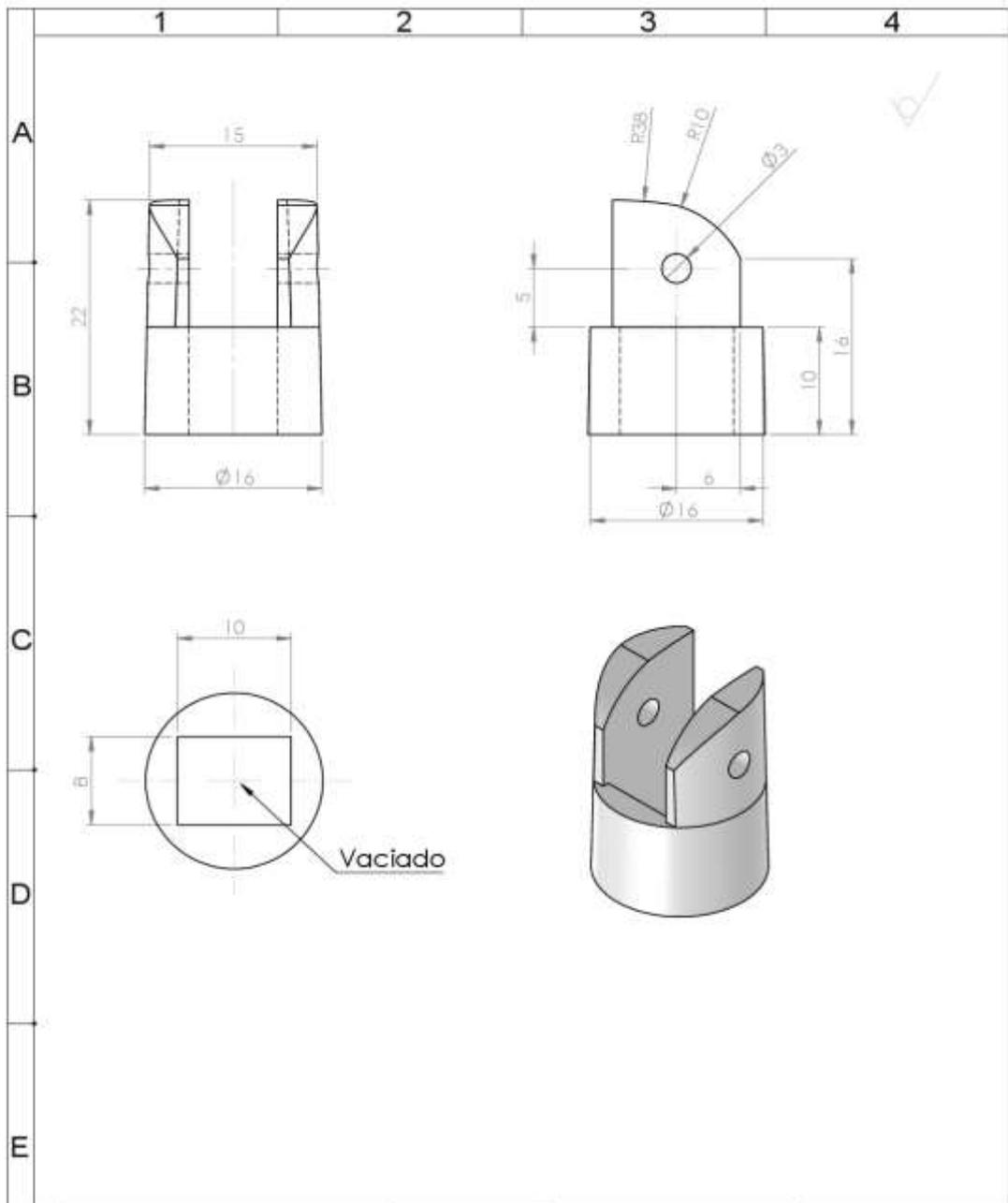
1	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC- MR-DI-505	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 1



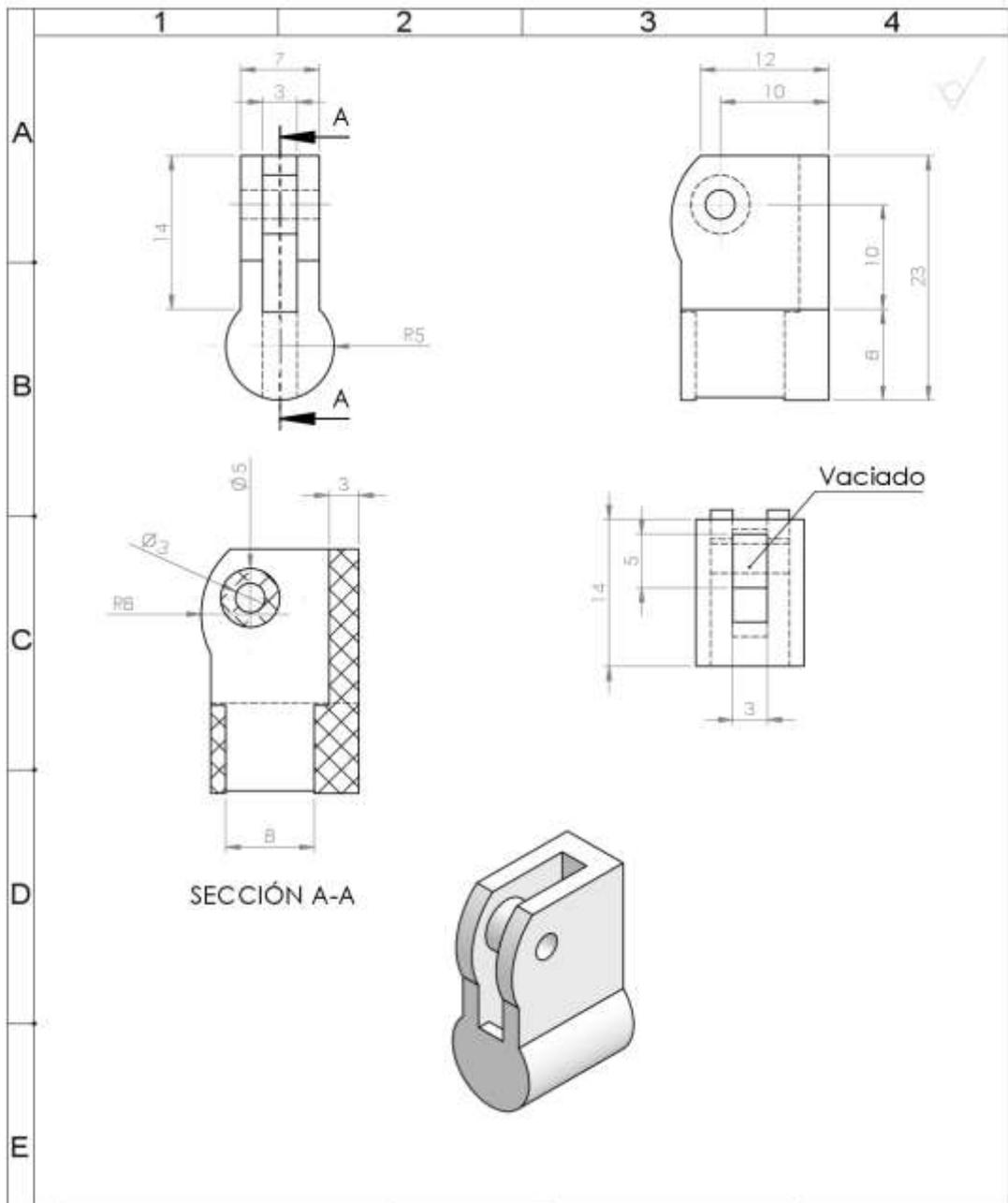
1	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC- MR-DM-506	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 2
ABS	± 0.2			



SECCIÓN A-A

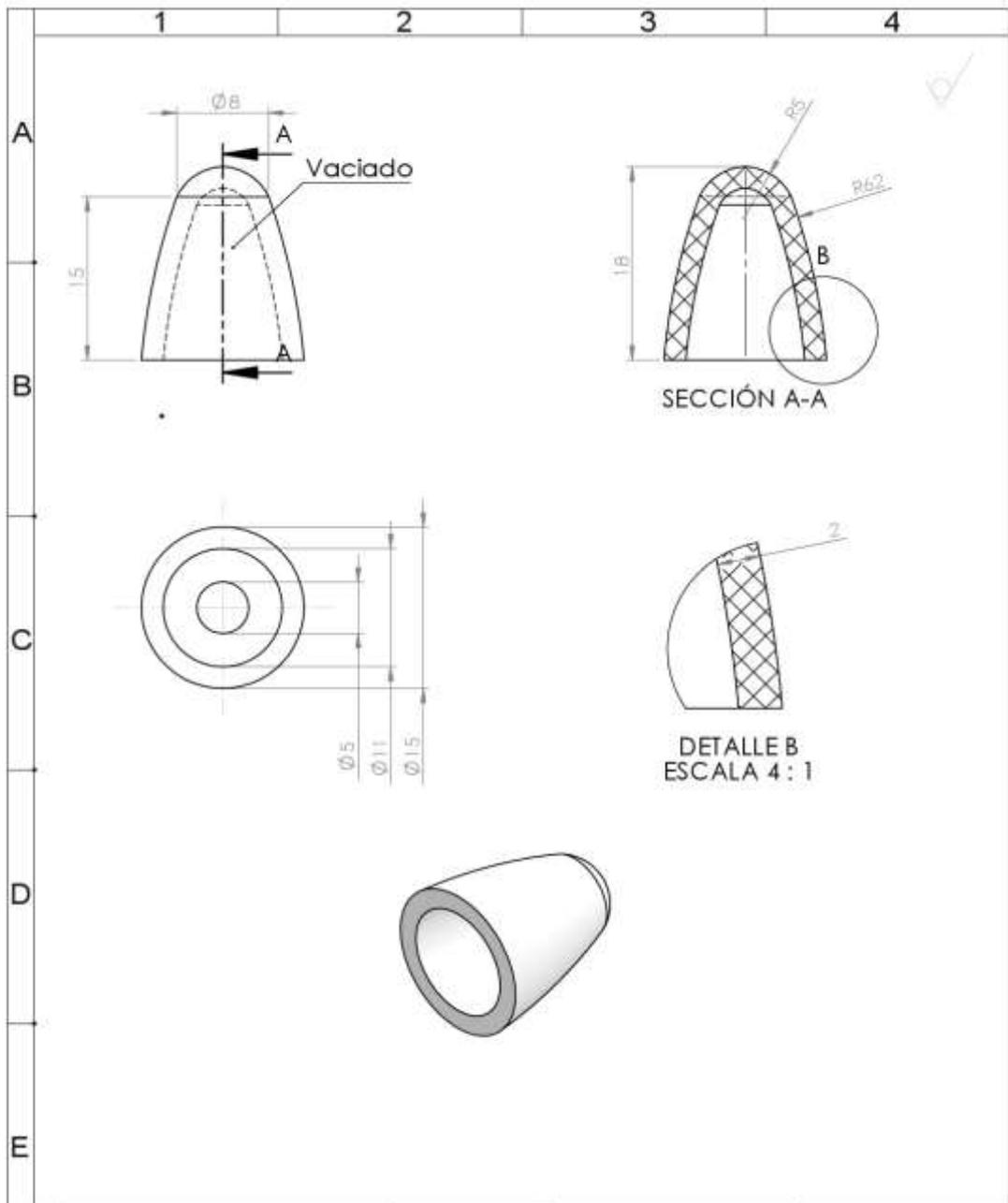
1	D. INDICE METACARPO 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernández D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apro.	Ing. Reinoso Raúl			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS	± 0.2	N*	UTC-MR-DI-507	D. INDICE METACARPO 1



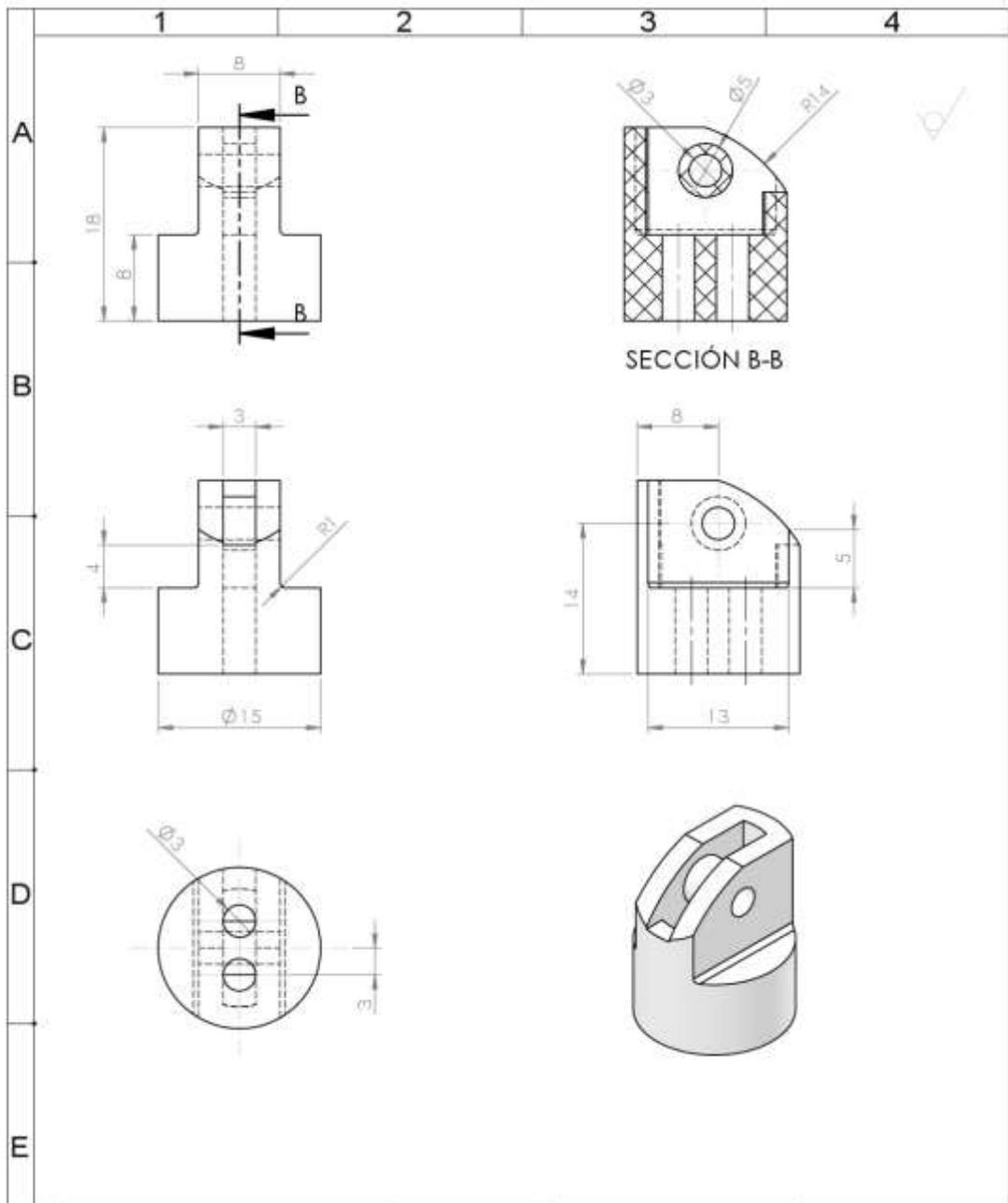
1	D: MEDIO FALANGE DISTAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	• CENTRO R62
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC- MR-DM-101	D: MEDIO FALANGE DISTAL 1.



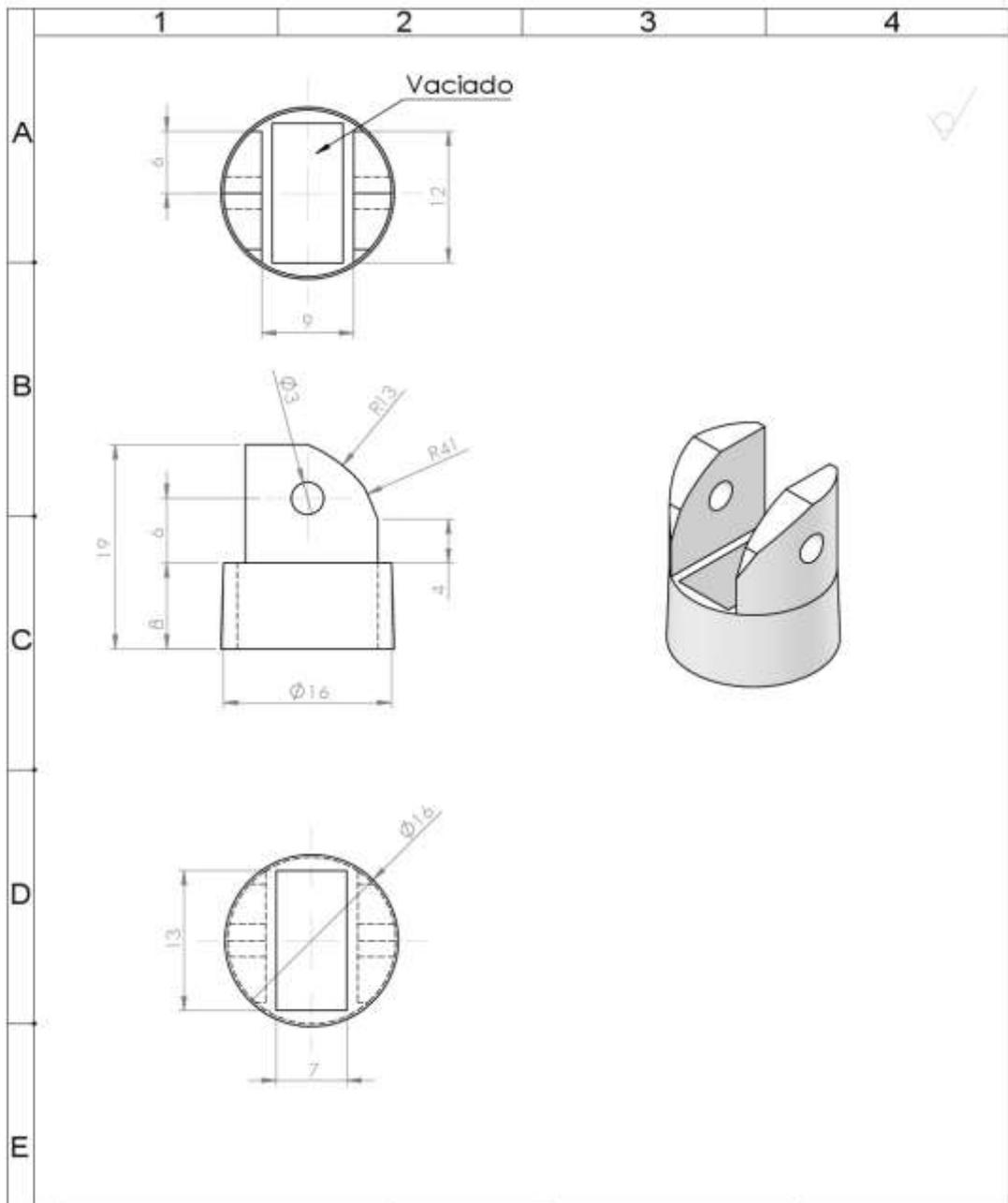
1	D. MEDIO FALANGE DISTAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DM-102	Denominación: D. MEDIO FALANGE DISTAL 2
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



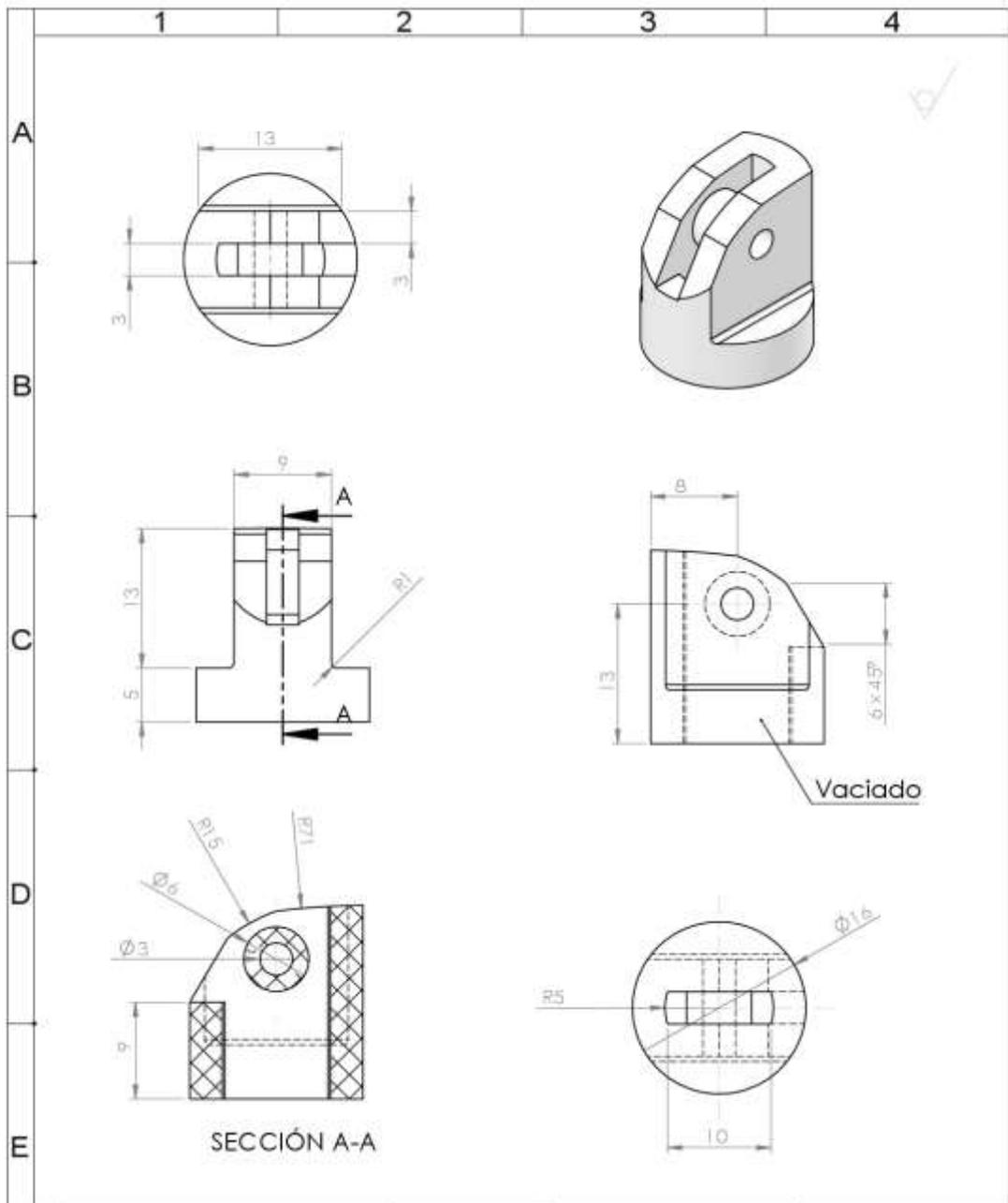
1	D. MEDIO FALANGE MEDIAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC- MR-DM-403	D. MEDIO FALANGE MEDIAL 1
ABS.	± 0.2			



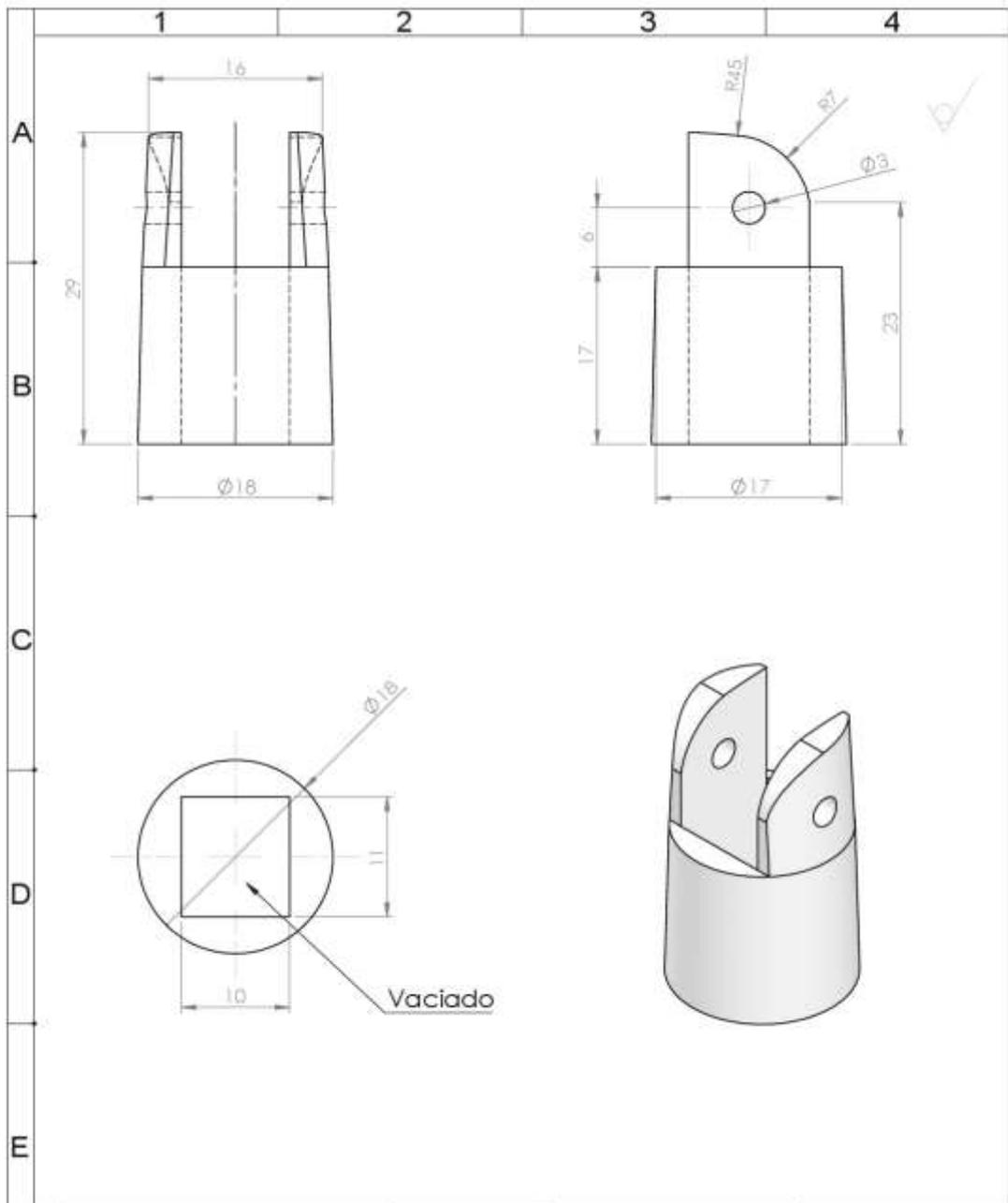
1	D. MEDIO FALANGE MEDIAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC- MR-DA-404	D. MEDIO FALANGE MEDIAL 2



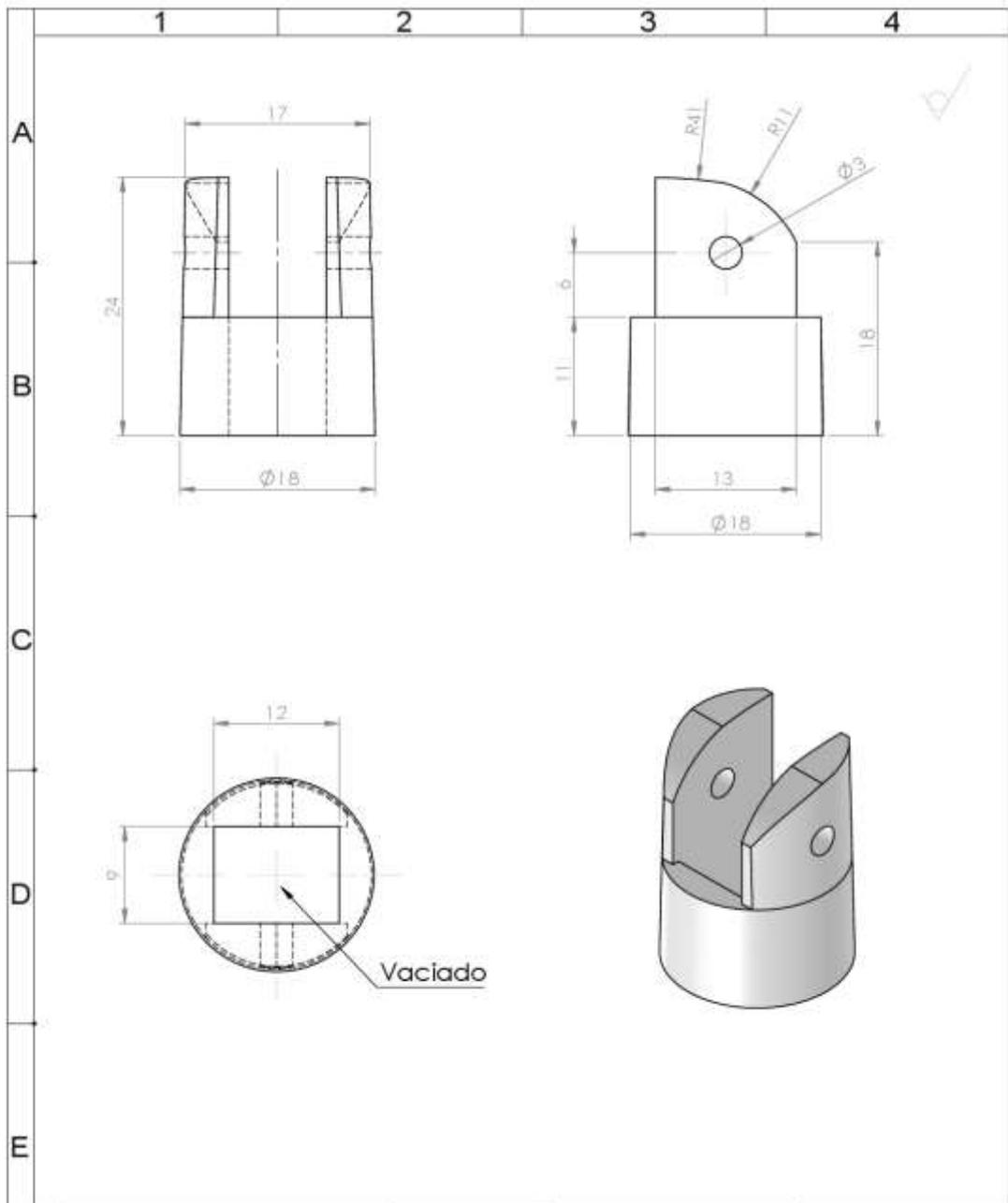
1	D. MEDIO FALANGE PROXIMAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC-MR-DM-405	D. MEDIO FALANGE PROXIMAL 1
ABS.	± 0.2			



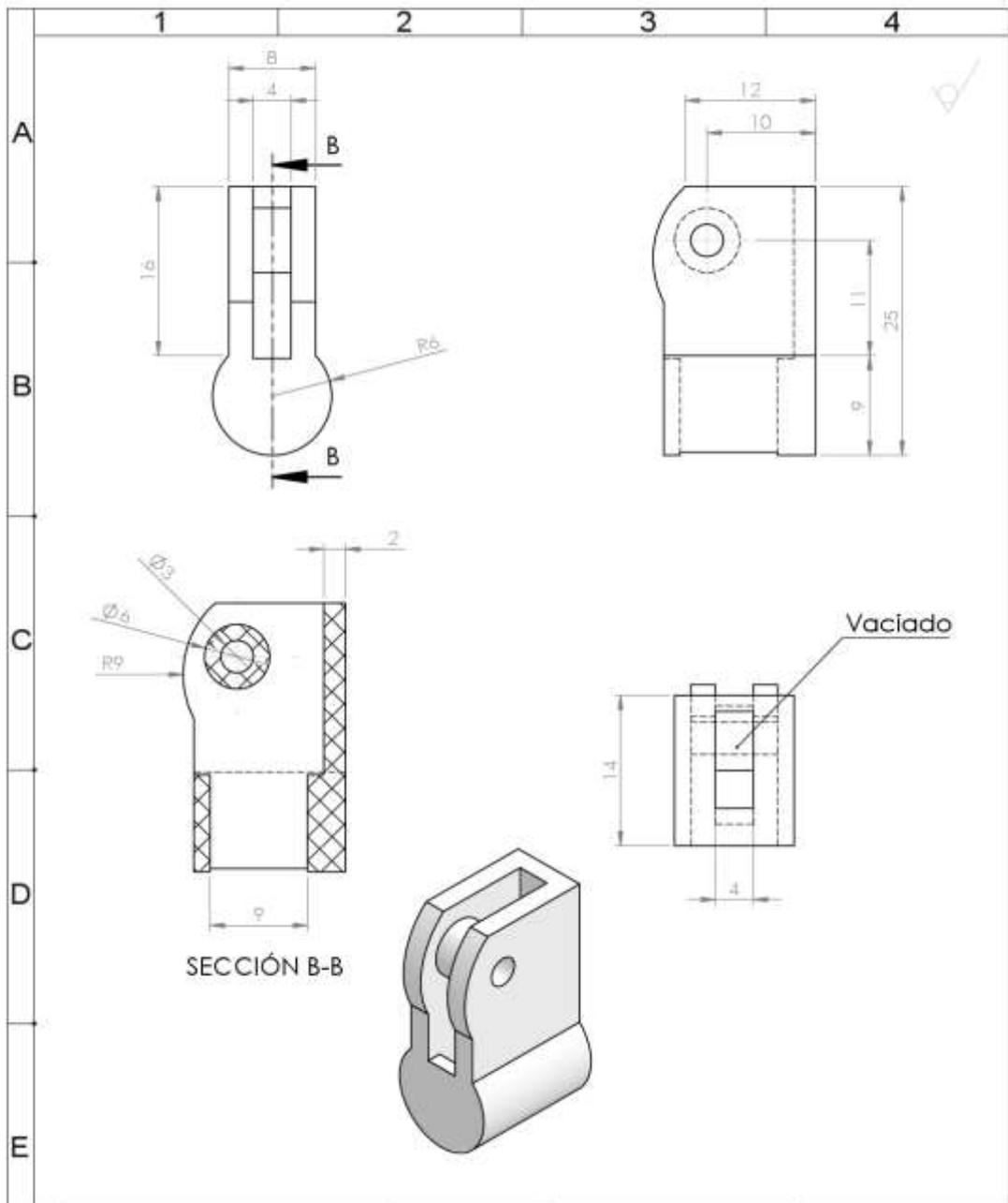
1	D. MEDIO FALANGE PROXIMAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC-MR-DM-106	D. MEDIO FALANGE PROXIMAL 2
ABS.	± 0.2			



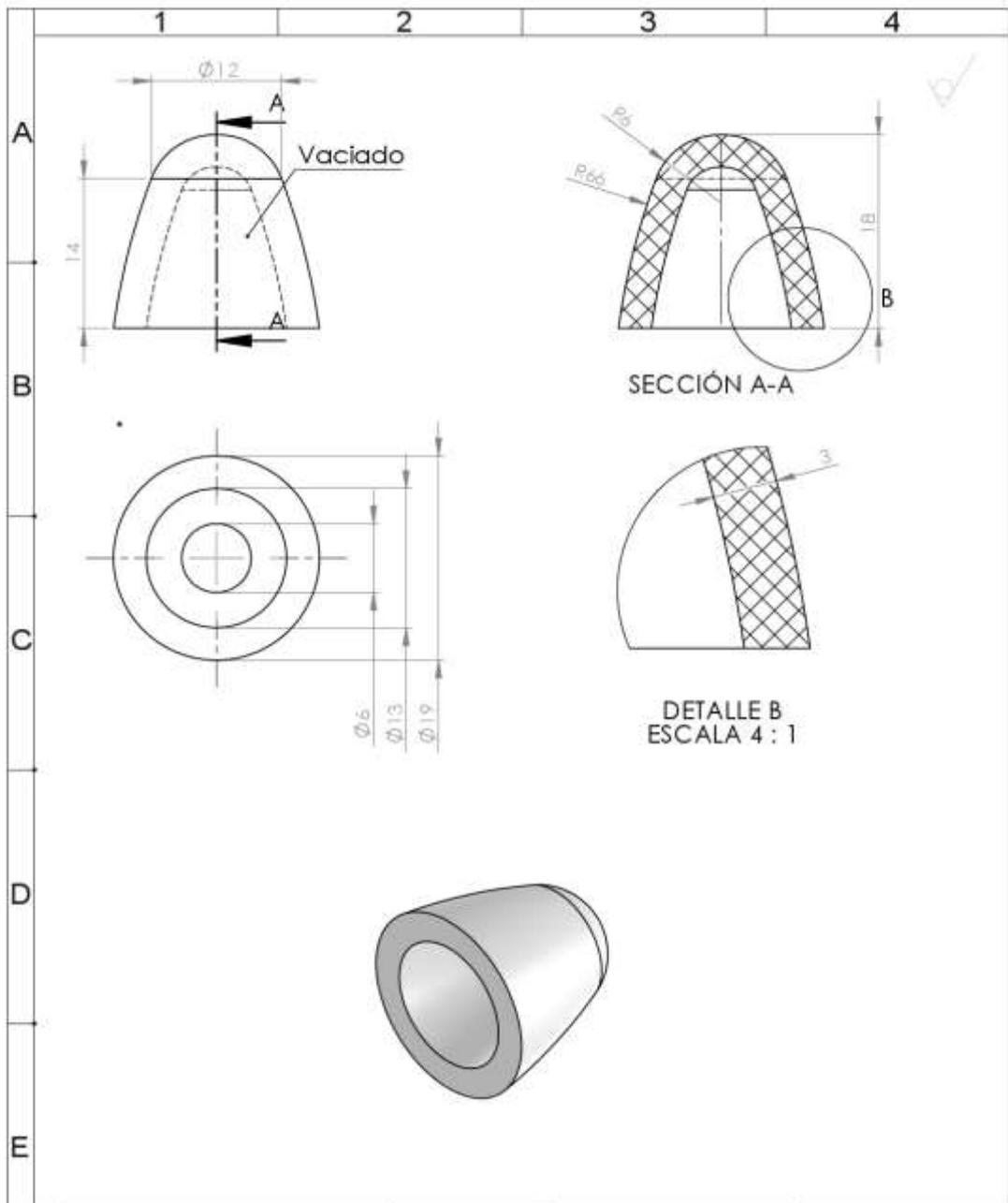
1	D. MEDIO METACARPO 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DM-407	Denominación: D. MEDIO METACARPO 1
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



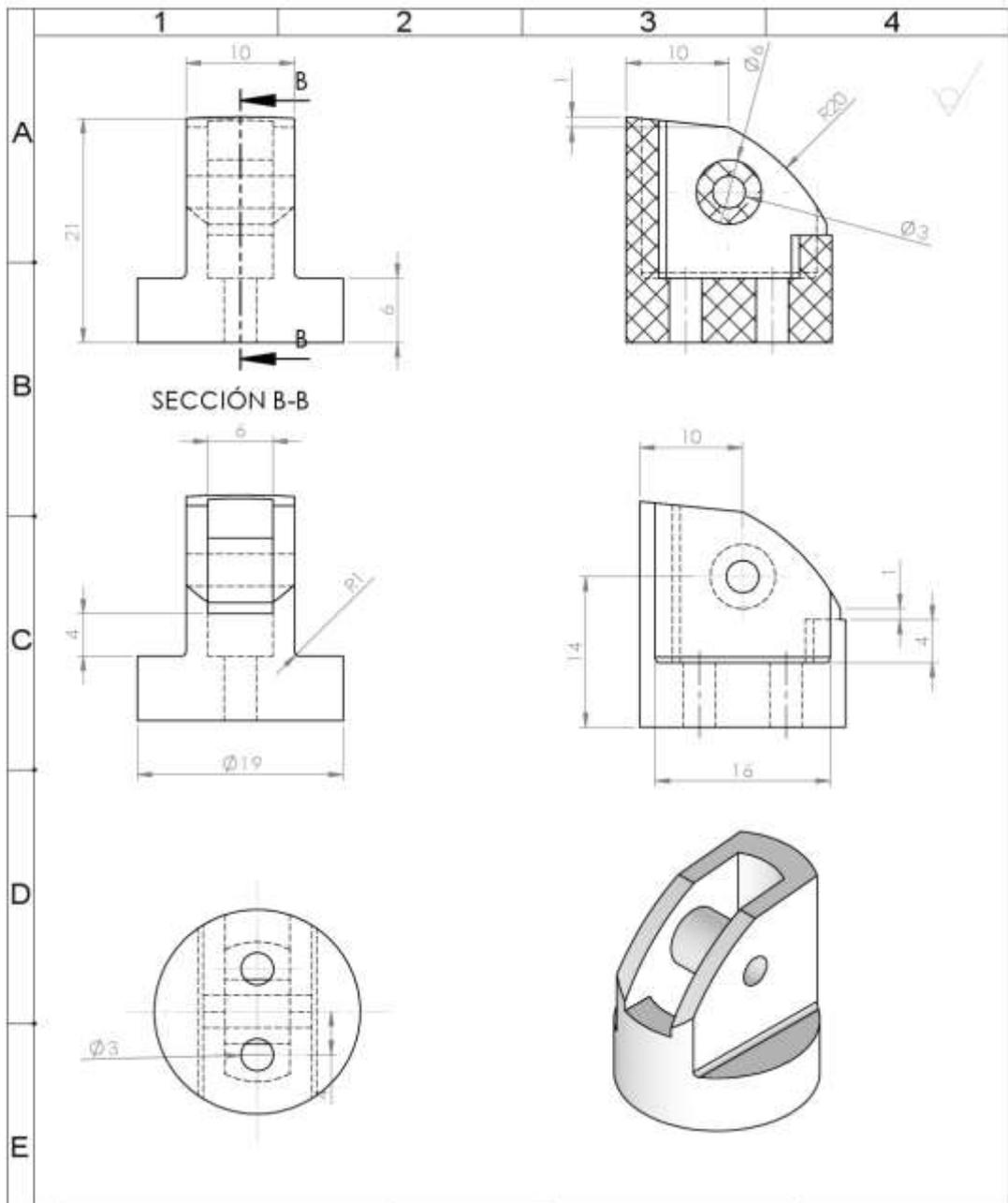
1	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	• CENTRO R65
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC-MR-DP-501	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 1



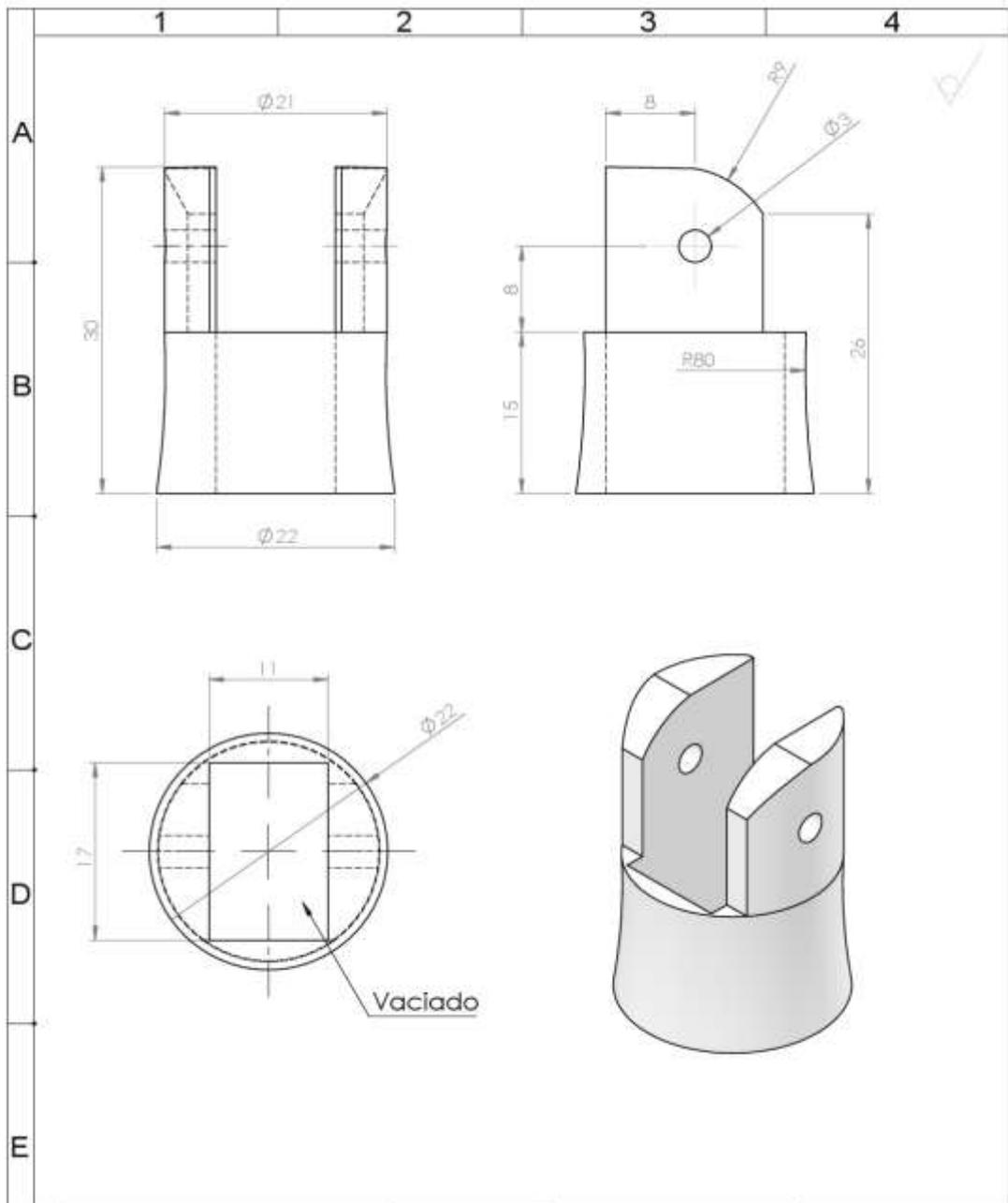
1	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apró	Ing. Reinoso Raúl	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DP-502	Denominación: D. PULGAR FALANGUE DISTAL 2
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



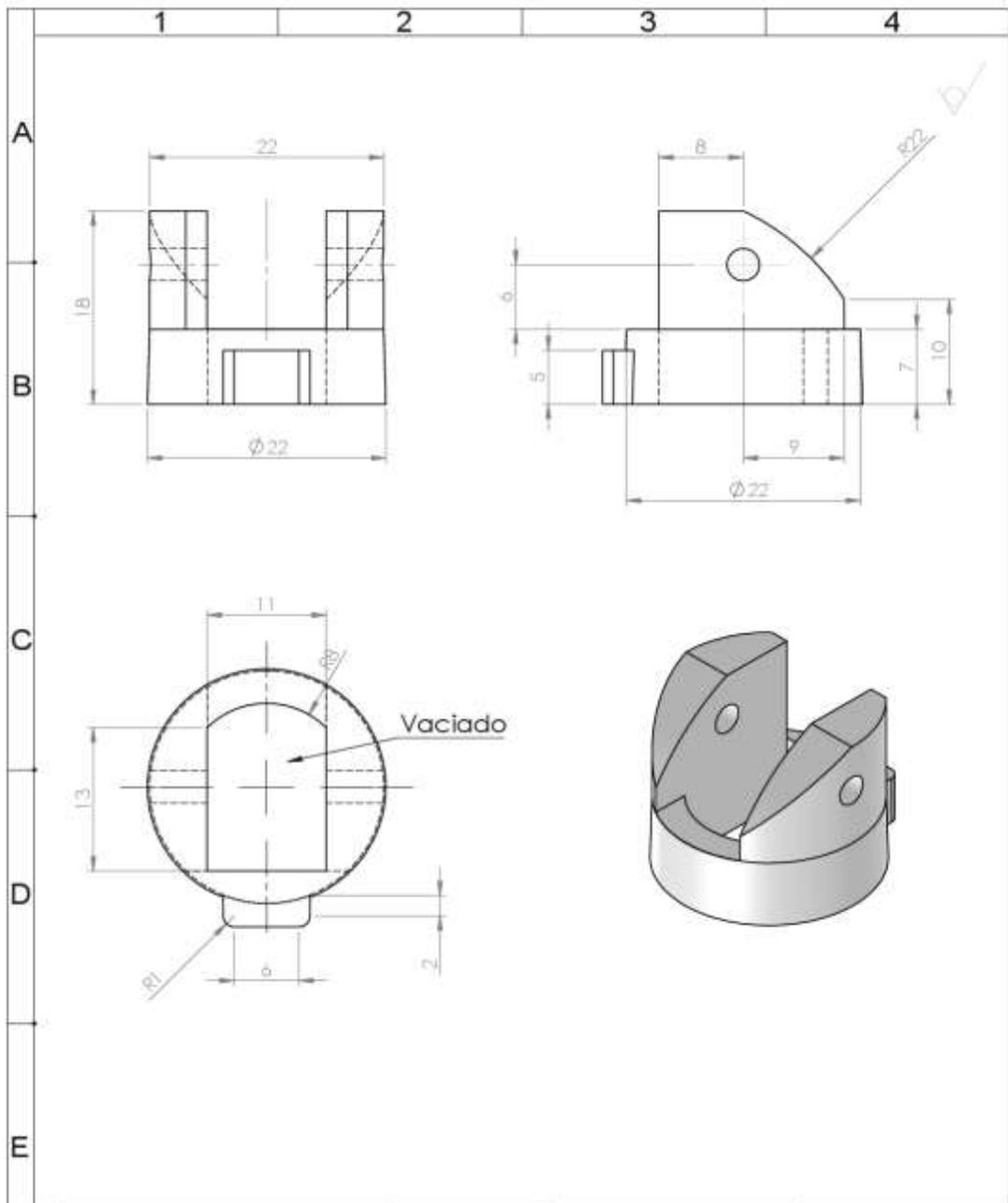
1	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC-MR-DP-503	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 1.



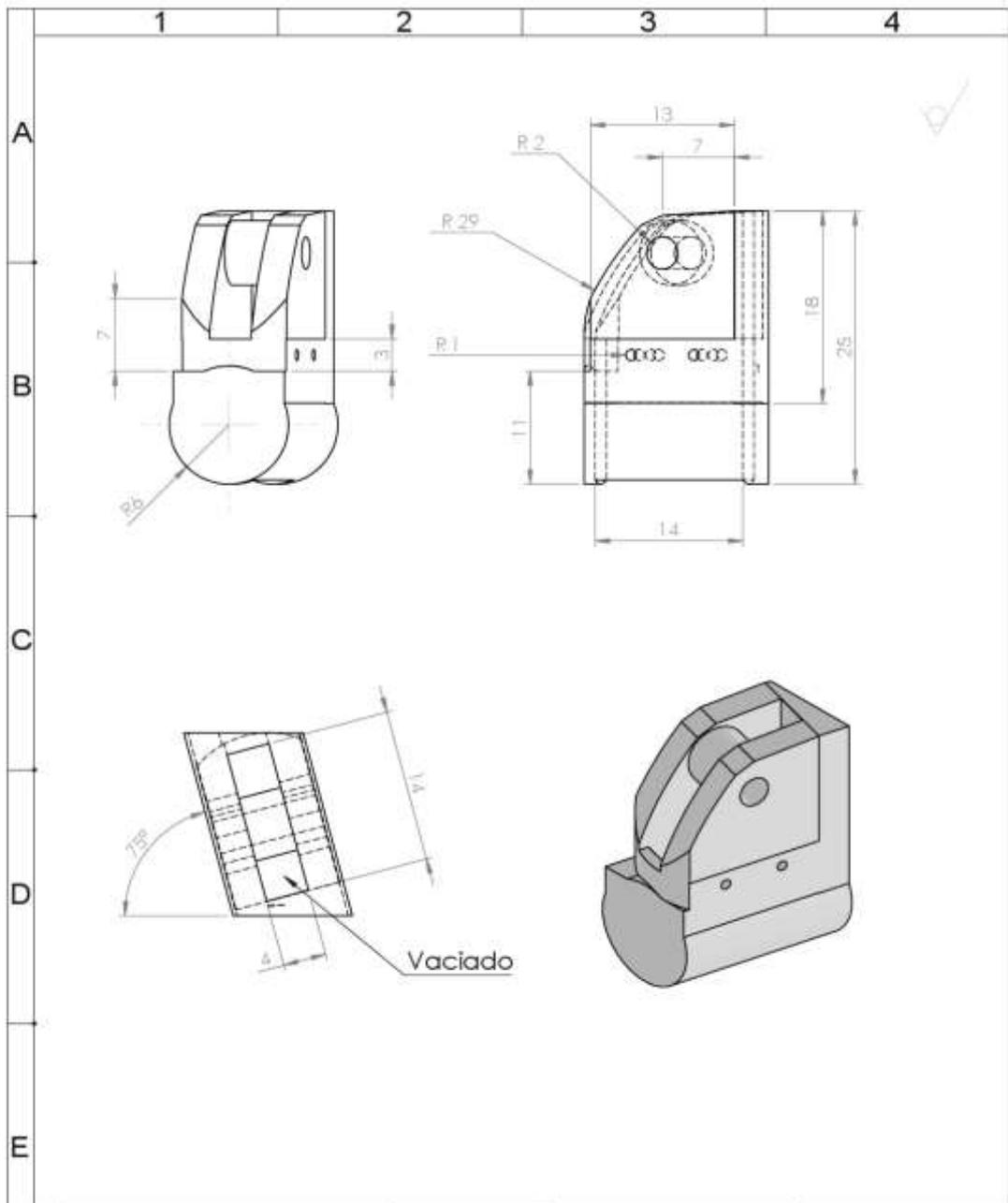
1	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC-MR-DP-604	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 2



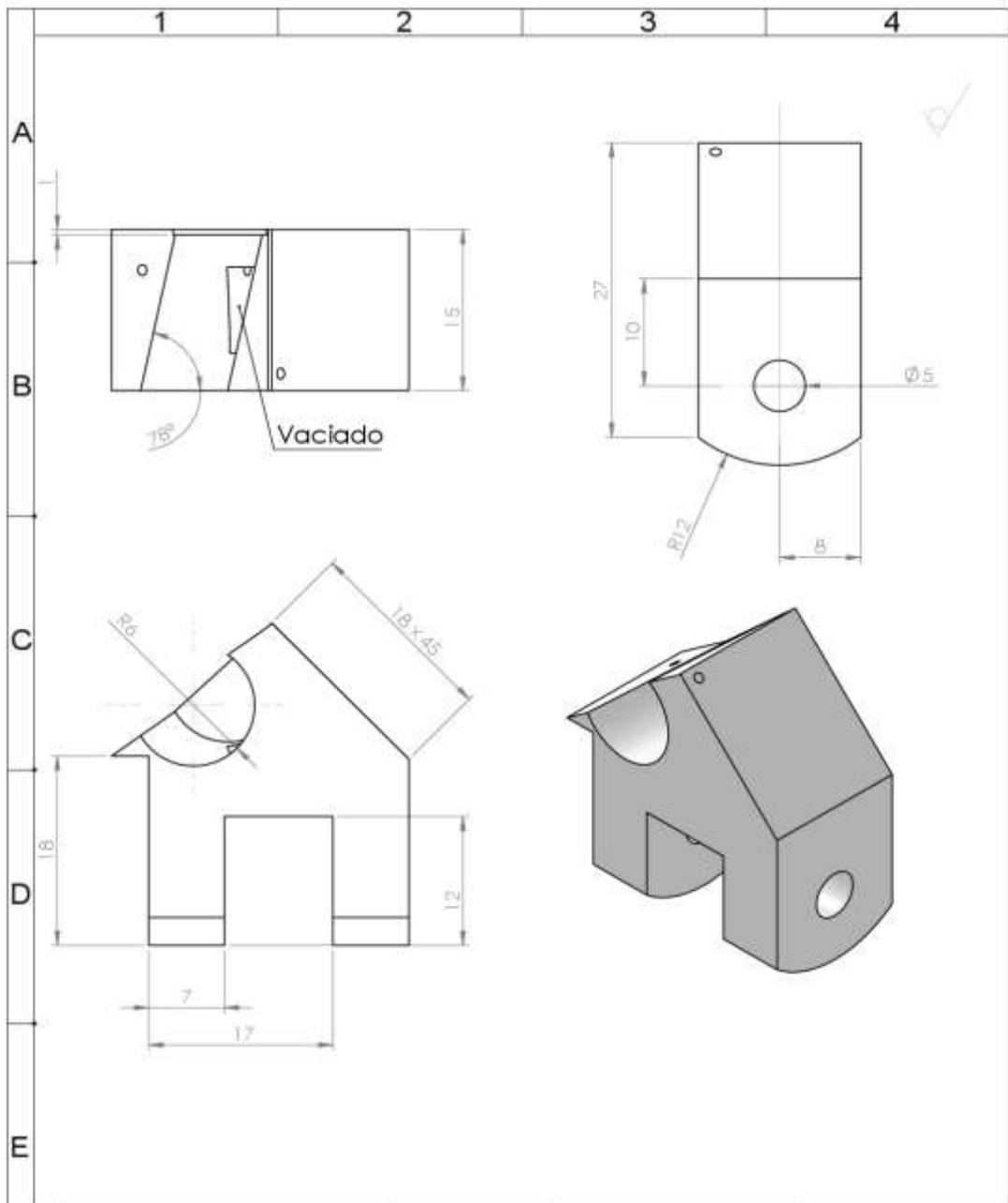
1	D. PULGAR METACARPO 1	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lamina N°	Código UTC-MR-DP-605	Denominación: D. PULGAR METACARPO 1
Material ABS.	Tolerancias ±0.2			



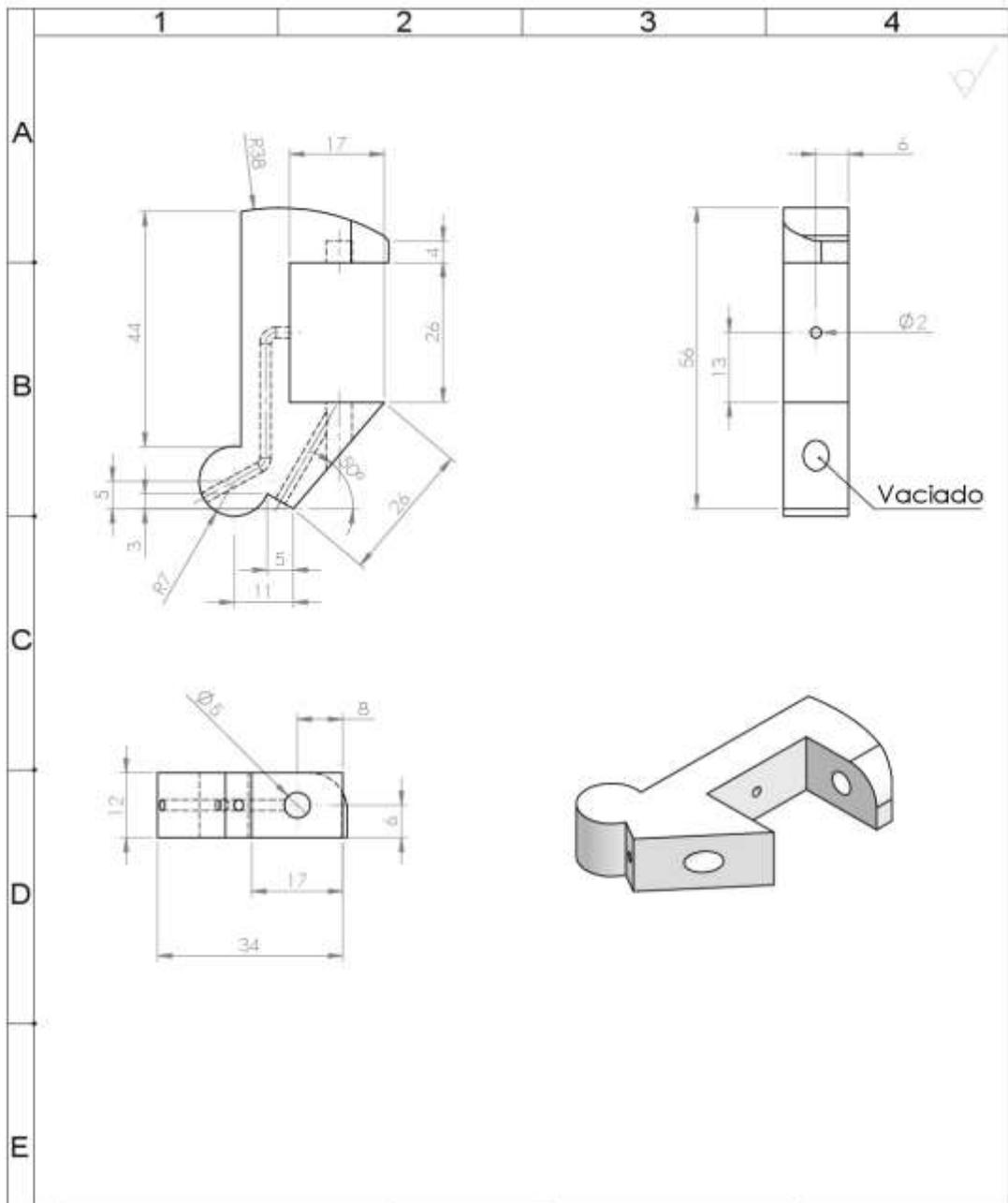
1	D. PULGAR METACARPO 2	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC-MR-DP-505	Denominación: D. PULGAR METACARPO 2
Material ABS.	Tolerancias ± 0.2			



1	D. PULGAR METACARPO 3	ABS	IMPRESIÓN 3D	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones

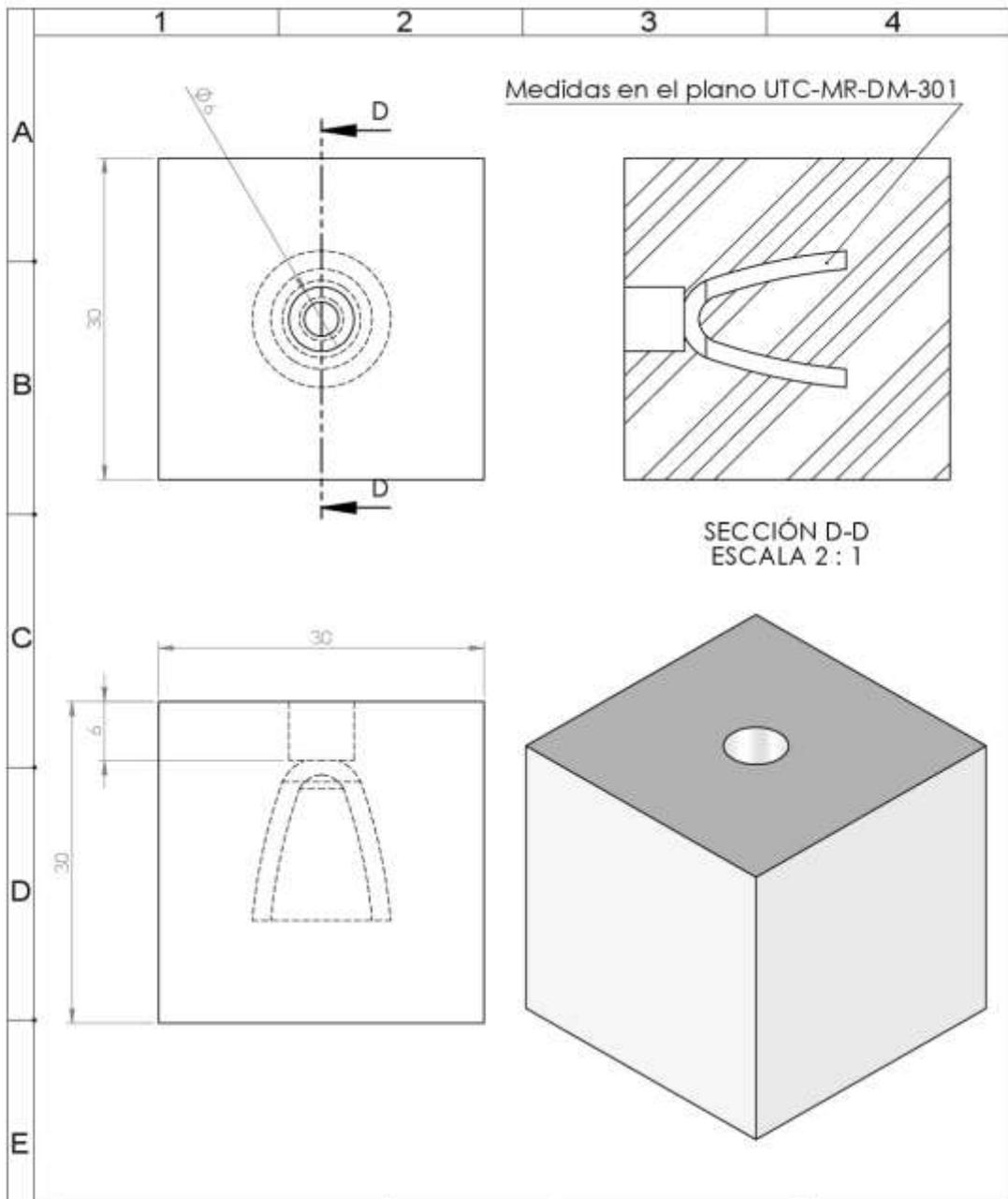


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
ABS.	± 0.2	N*	UTC- MR-DA-607	D. PULGAR METACARPO 3

Anexo 12.- Proceso de fabricación de moldes, planos de moldes.



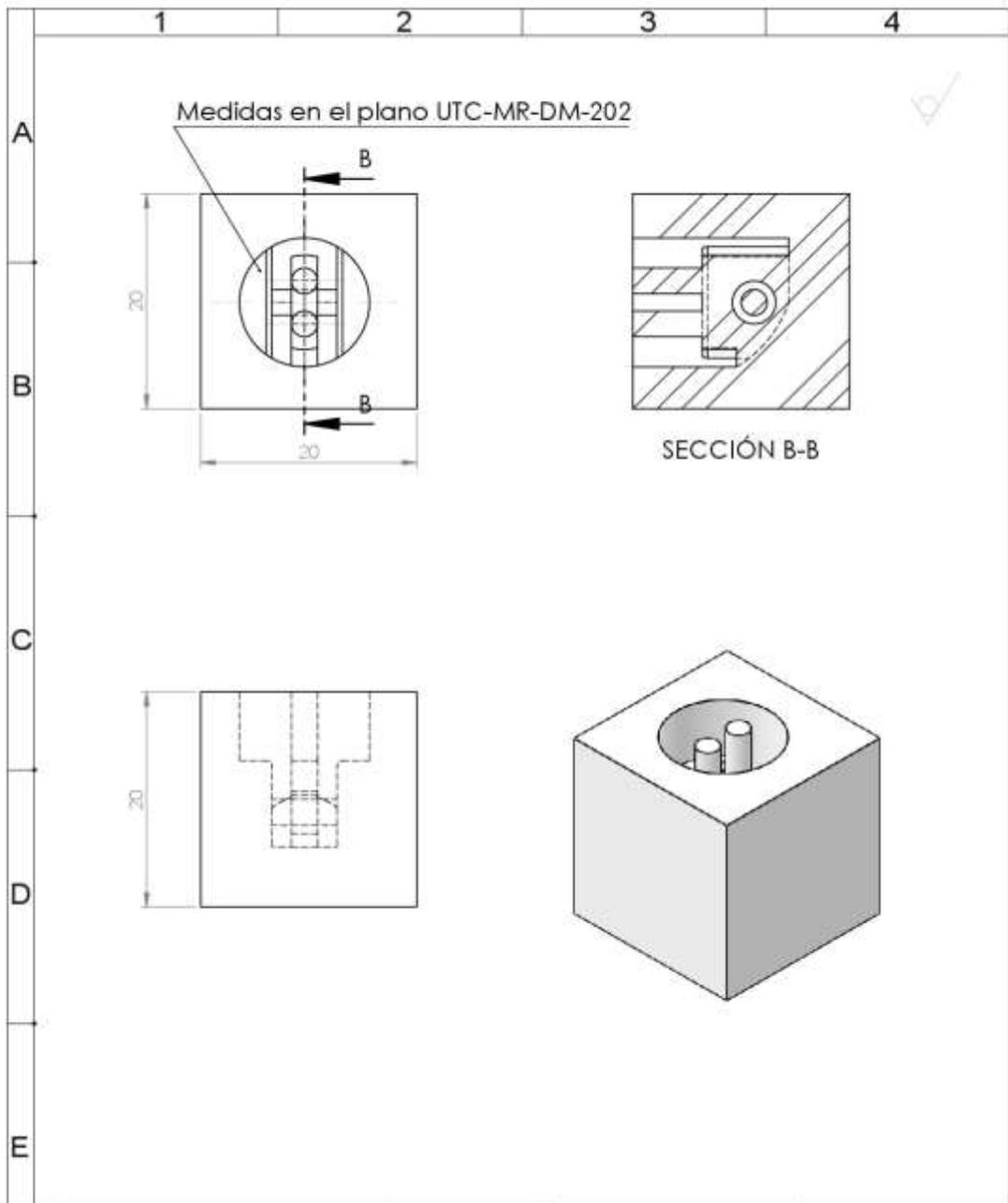
1	MOLDE ANULAR FALANGE DISTAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Materia	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raúl			
Apro.	Ing. Reinoso Raúl	Número Lamina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001	Tolerancias	N*	UTC-MR-M-DA-301	MOLDE ANULAR FALANGE DISTAL 1



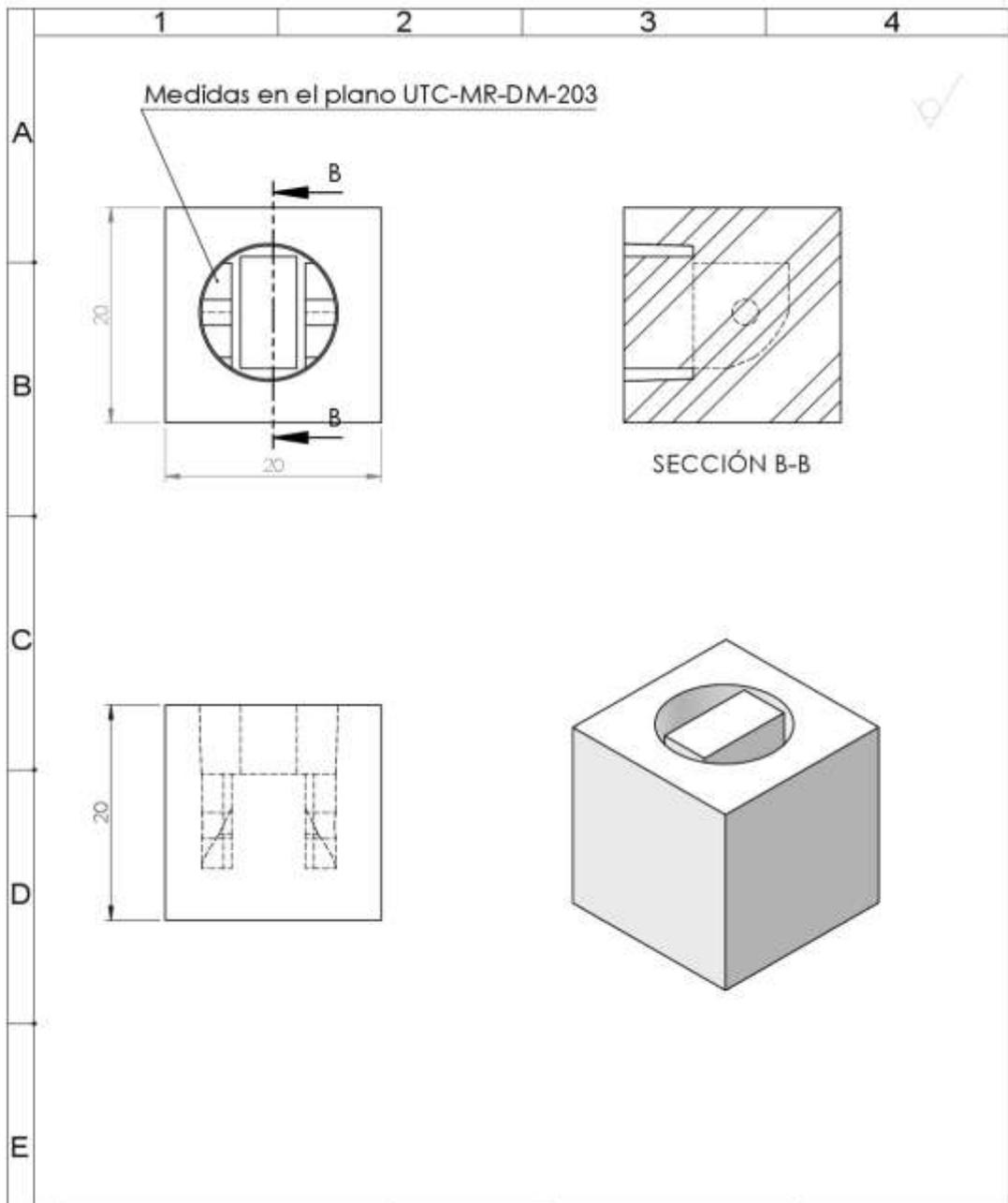
1	MOLDE MEÑIQUE FALANGE DISTAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-202	MOLDE MEÑIQUE FALANGE DISTAL 2



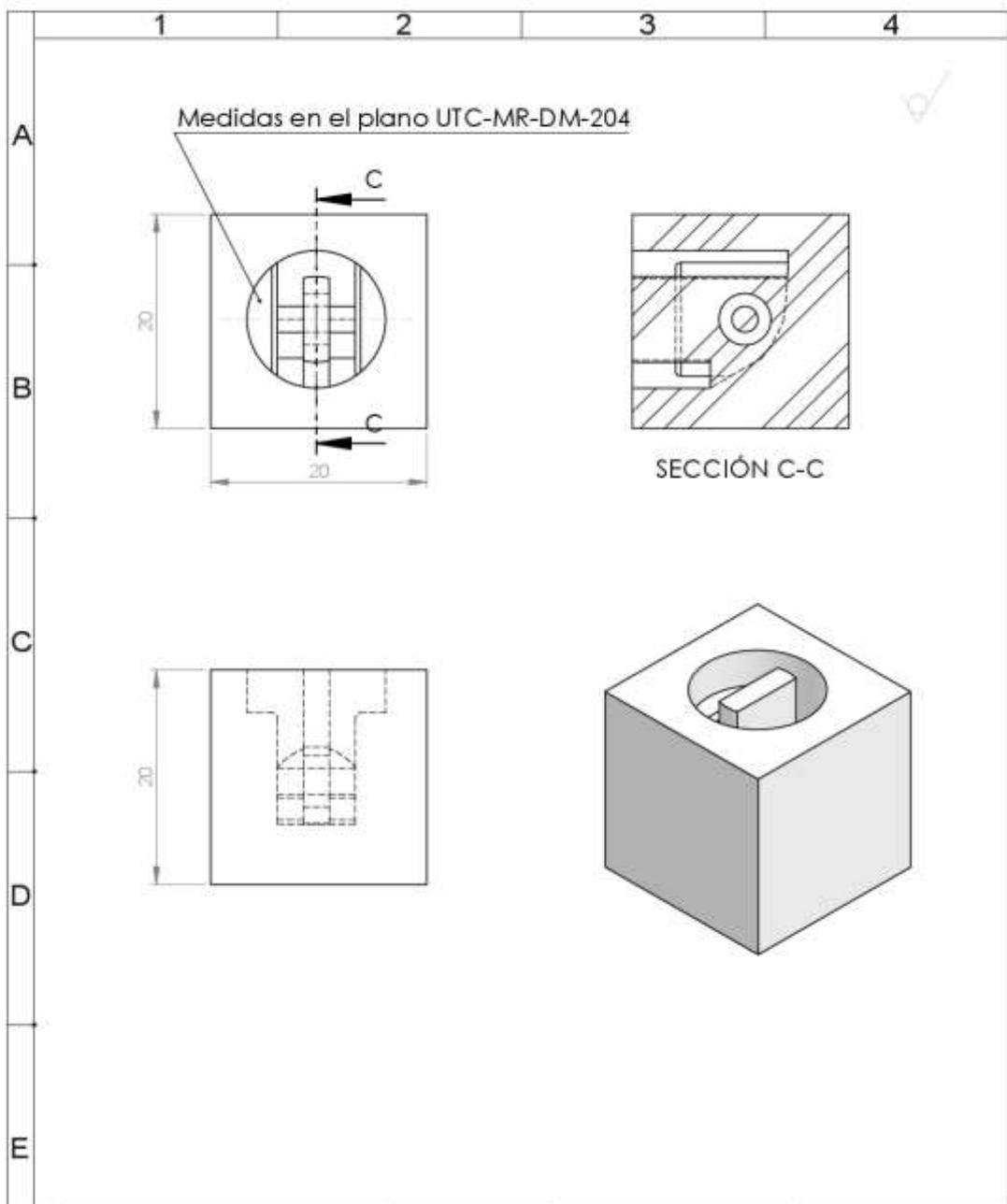
1	MOLDE MEÑIQUE FALANGE MEDIAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8201		N*	UTC- MR-M-DM-203	MOLDE MEÑIQUE FALANGE MEDIAL 1



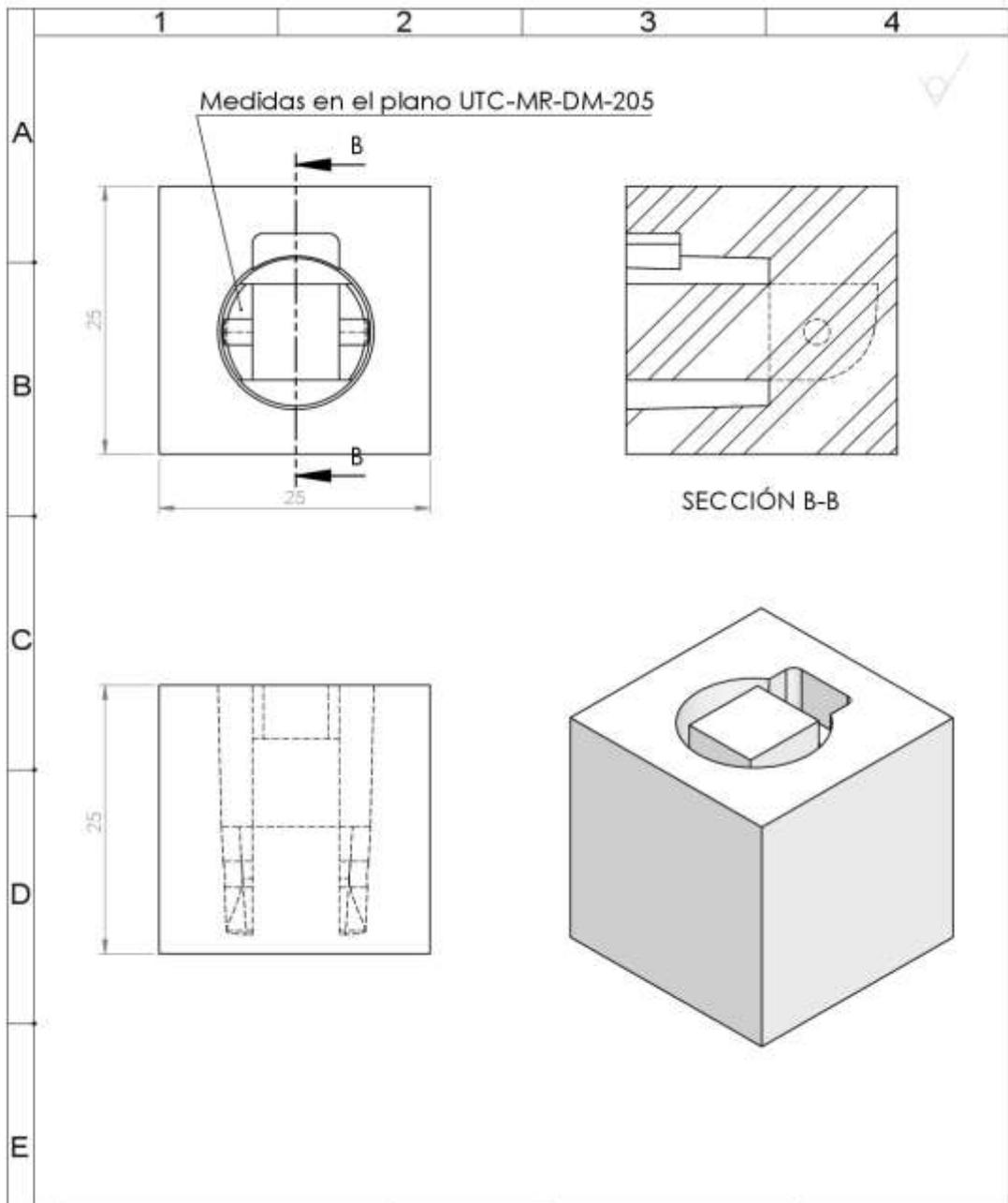
1	MOLDE MEÑIQUE FALANGE MEDIAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC-MR-M-DM-204	MOLDE MEÑIQUE FALANGE MEDIAL 2
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001				



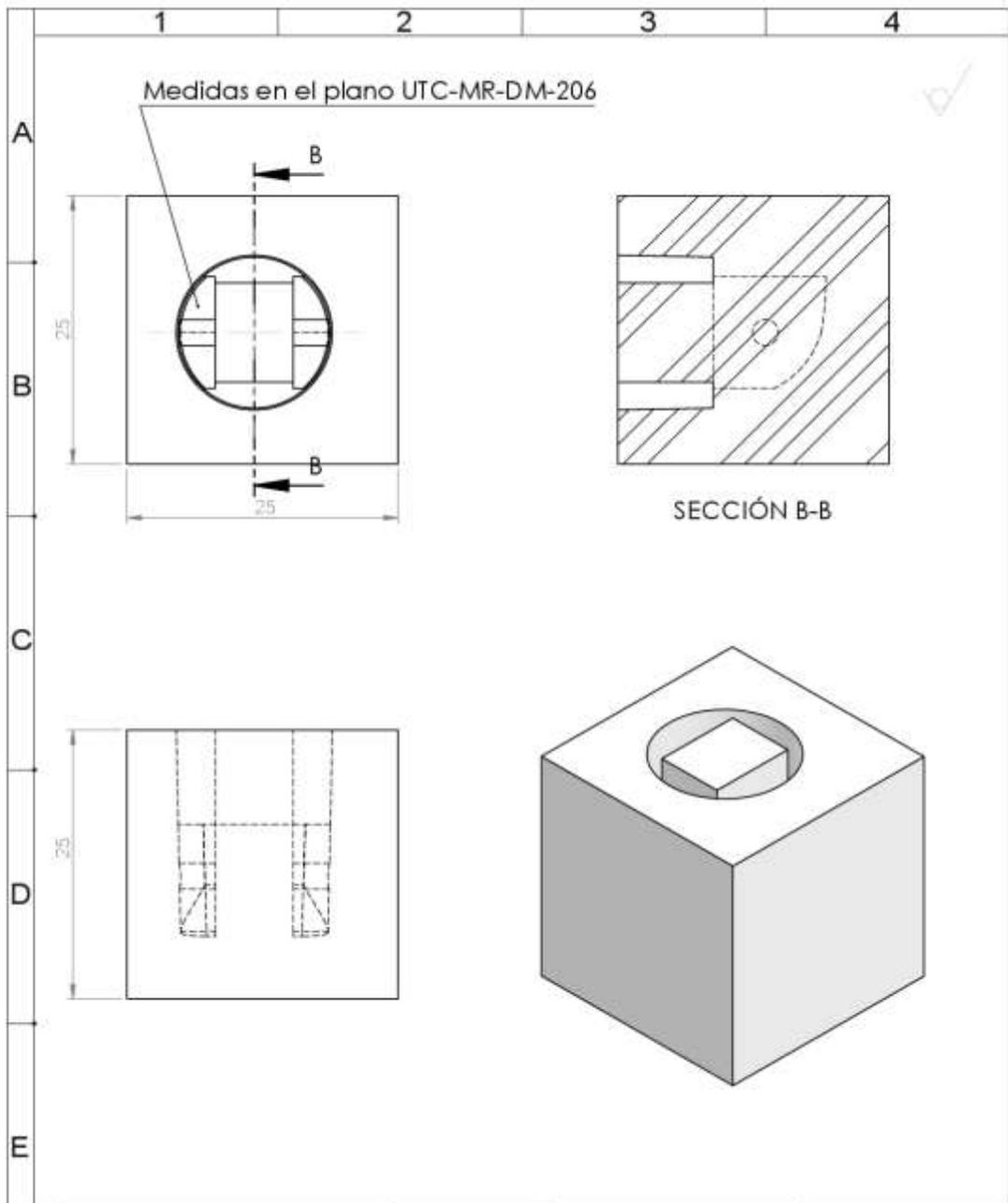
1	MOLDE MEÑIQUE FALANGE PROXIMAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apro.	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-205	MOLDE MEÑIQUE FALANGE PROXIMAL 1



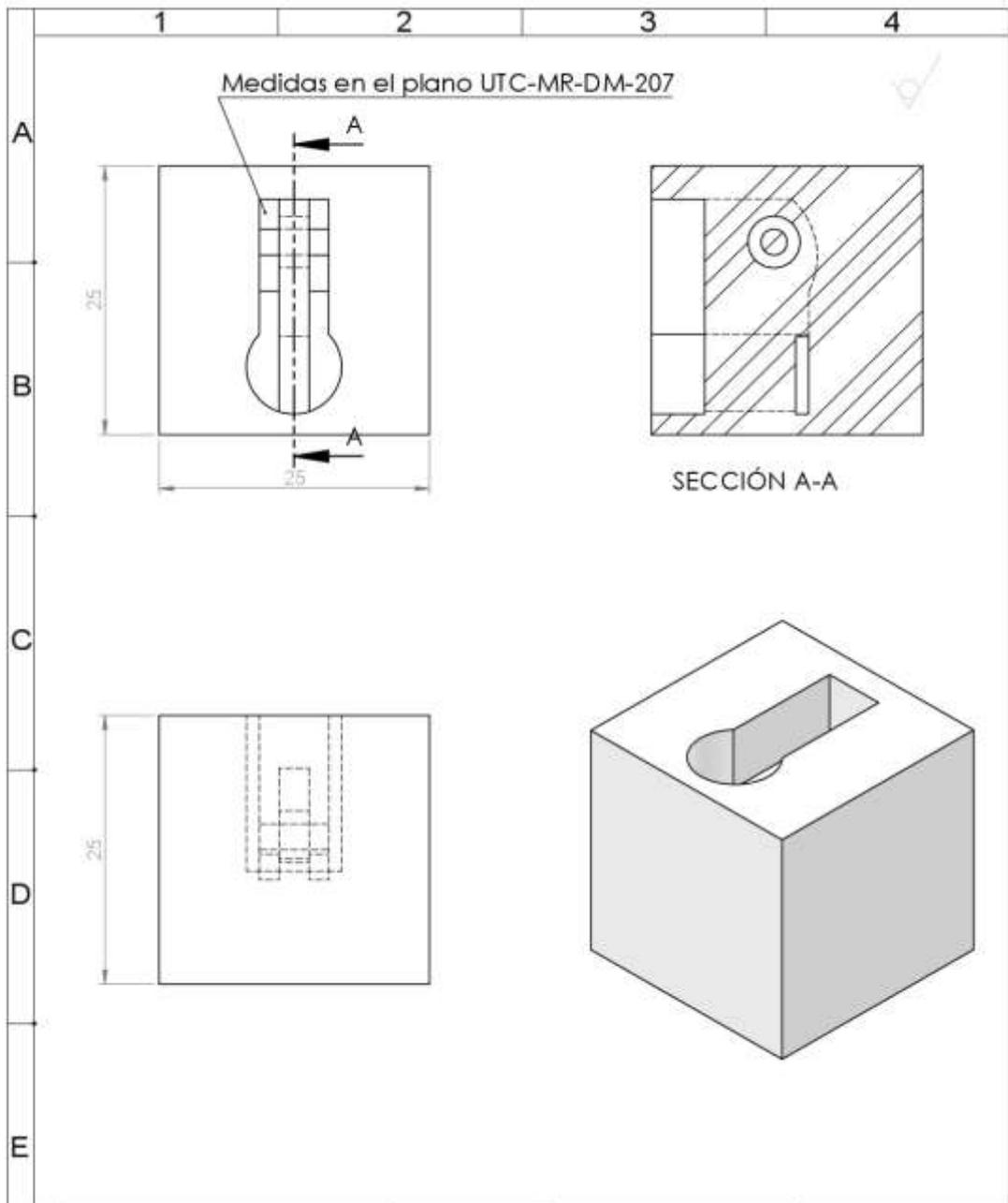
1	MOLDE MEÑIQUE FALANGE PROXIMAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-206	MOLDE MEÑIQUE FALANGE PROXIMAL 2



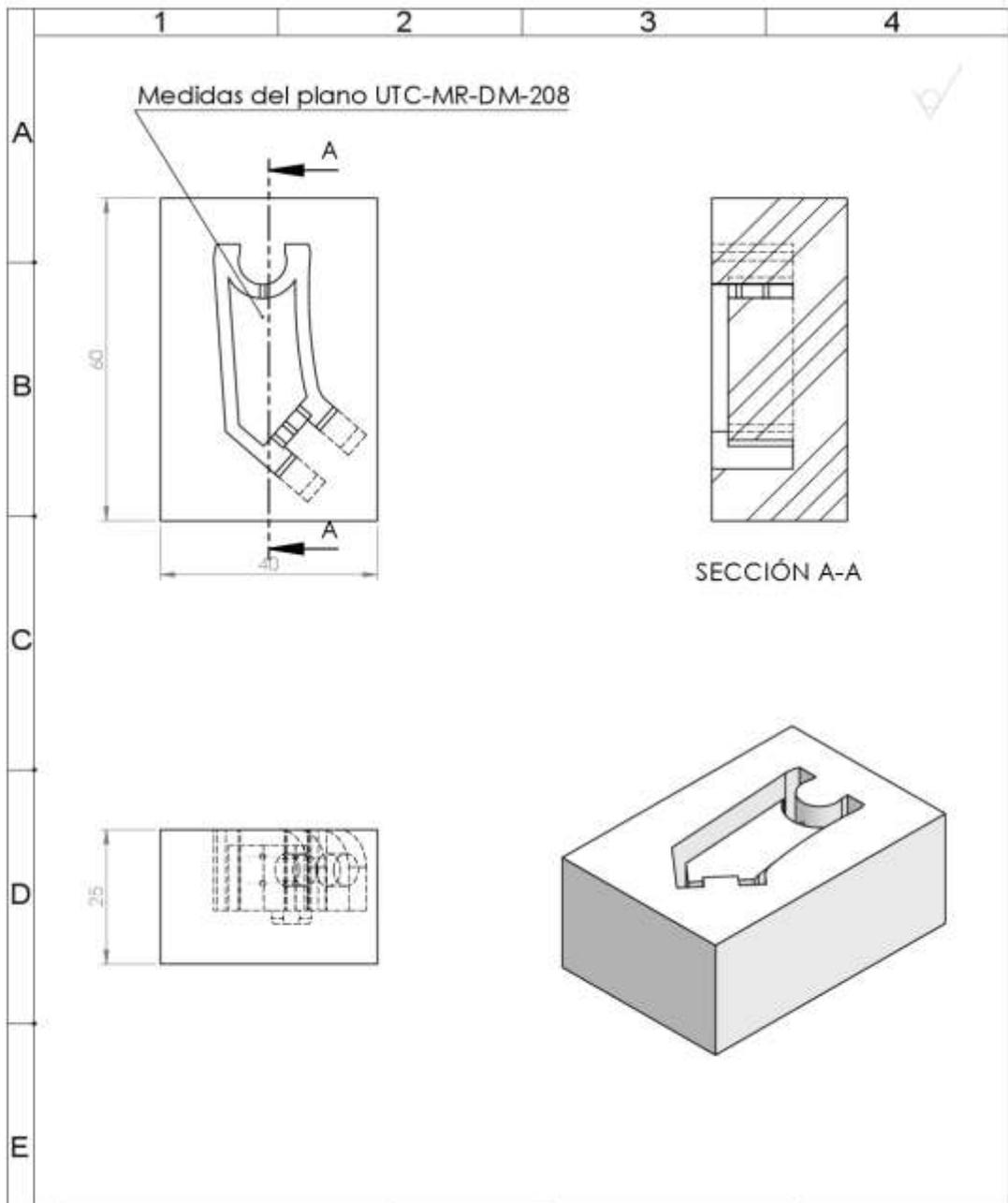
1	MOLDE MEÑIQUE METACARPO 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-207	MOLDE MEÑIQUE METACARPO 1



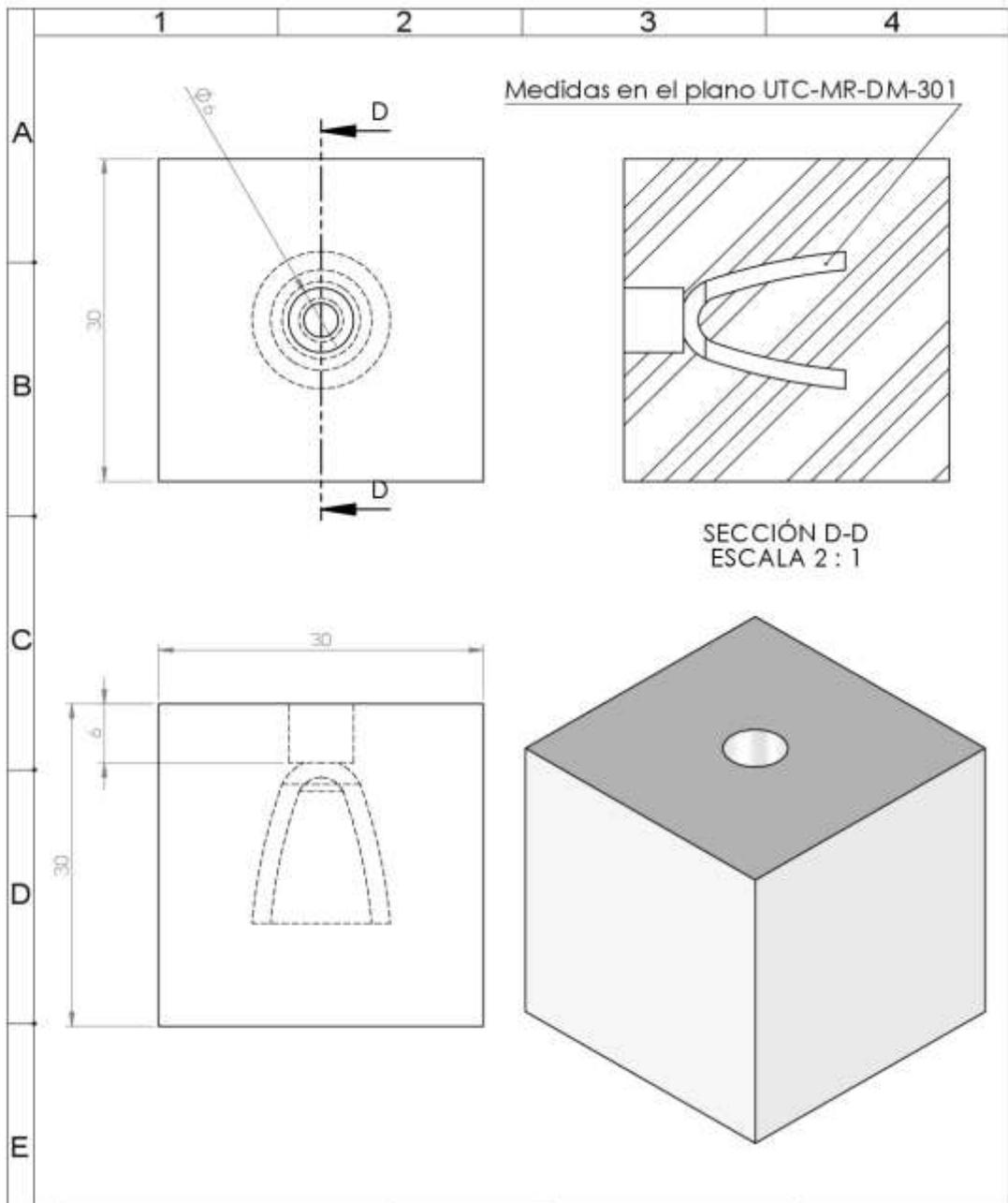
1	MOLDE MEÑIQUE METACARPO 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina	Código	Denominación:
Material	Tolerancias	N*	UTC-MR-M-DM-208	MOLDE MEÑIQUE METACARPO 2
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8201				



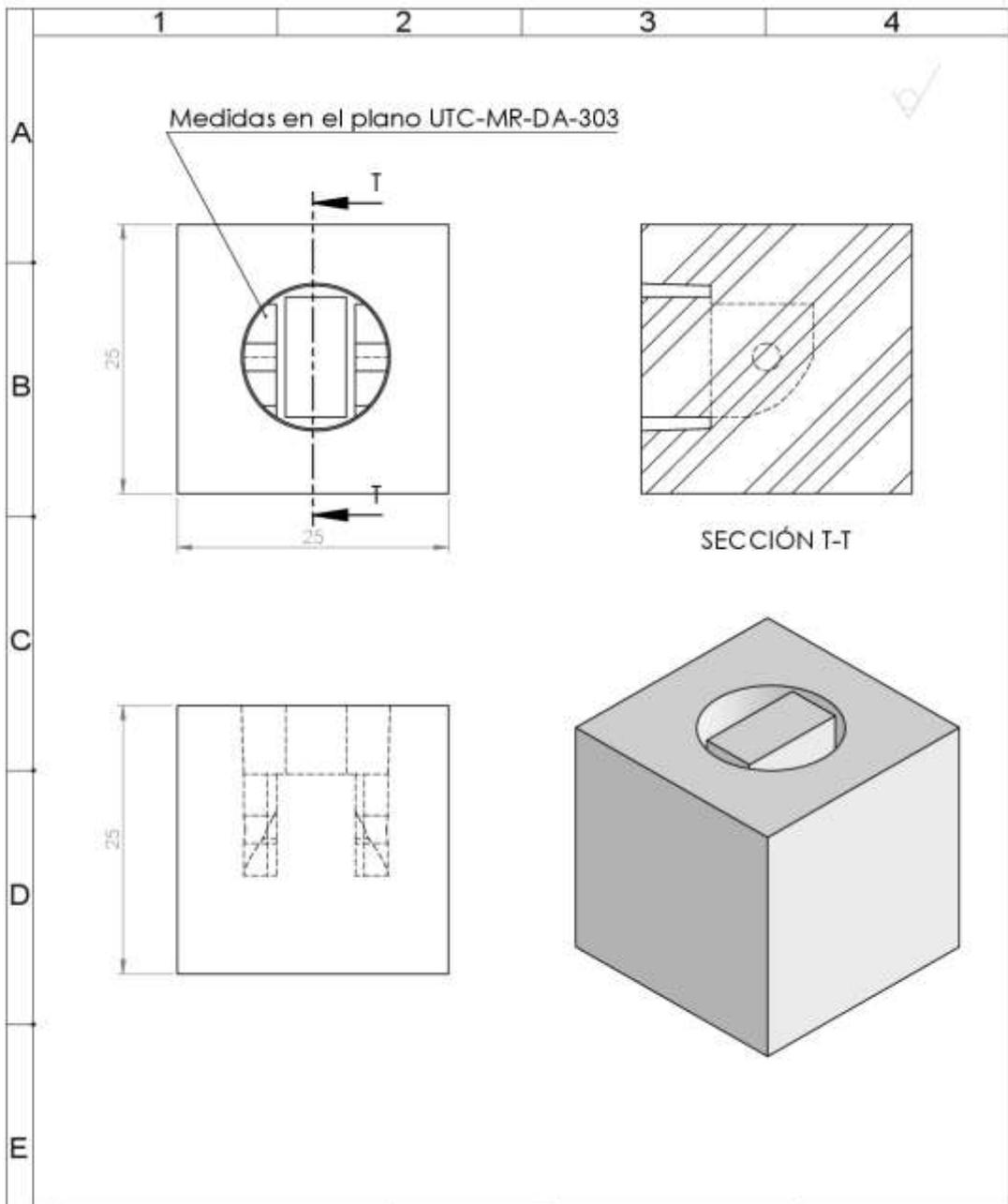
1	MOLDE ANULAR FALANGE DISTAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8201		N*	UTC-MR-M-DA-301	MOLDE ANULAR FALANGE DISTAL 1.



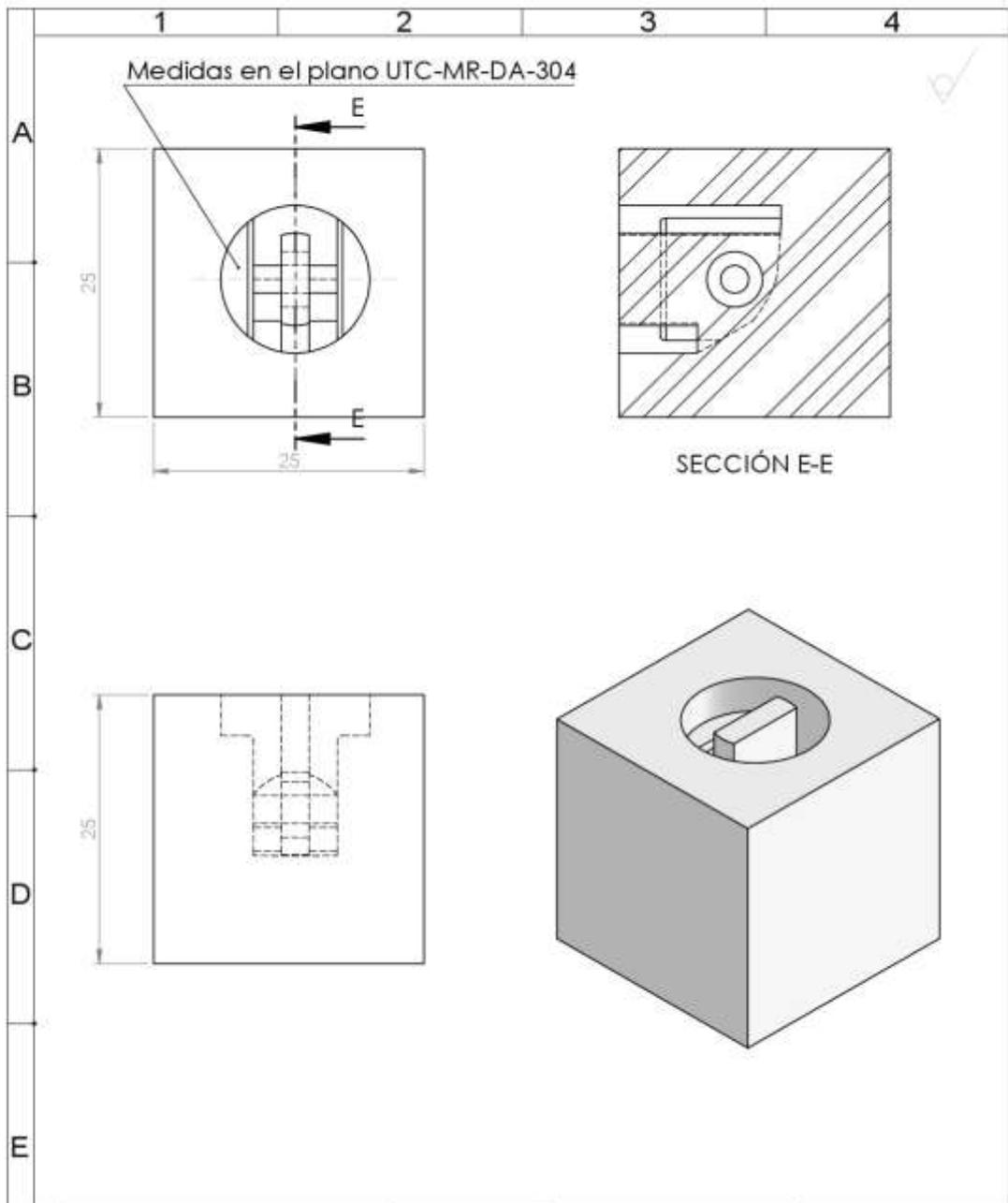
i	MOLDE ANULAR FALANGE MEDIAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO
Foto Parte	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde
			Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha: 06/02/2018 Dib. Hernandez D. Toapaxi L. Rev. Ing. Reinoso Raul Apró Ing. Reinoso Raul	Escala: 2:1 Número Lámina N*	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Material	Tolerancias	Codigo	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		UTC-MR-M-DA-303	MOLDE ANULAR FALANGE MEDIAL 1



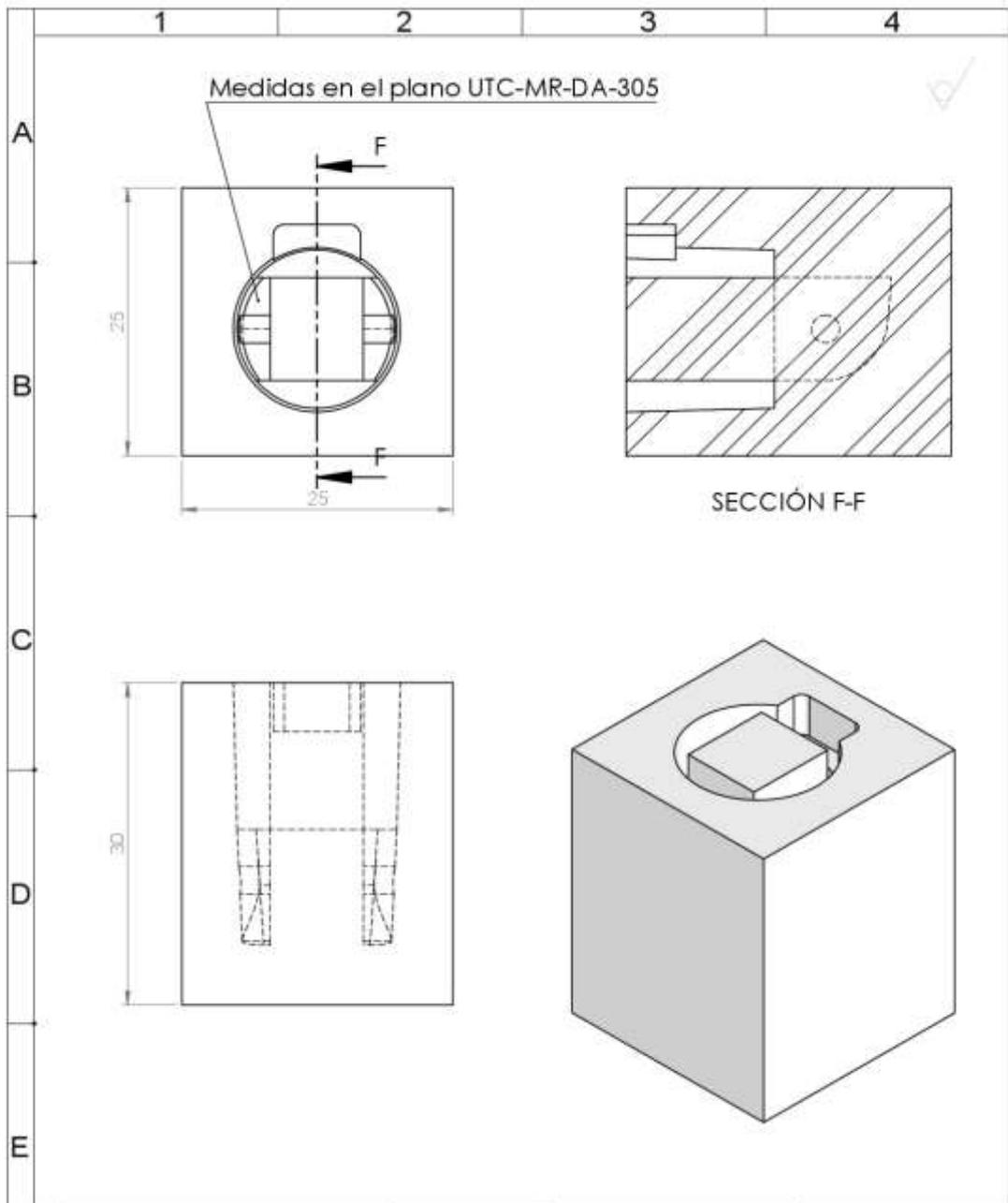
1	MOLDE ANULAR FALANGE MEDIAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DA-304	MOLDE ANULAR FALANGE MEDIAL 2



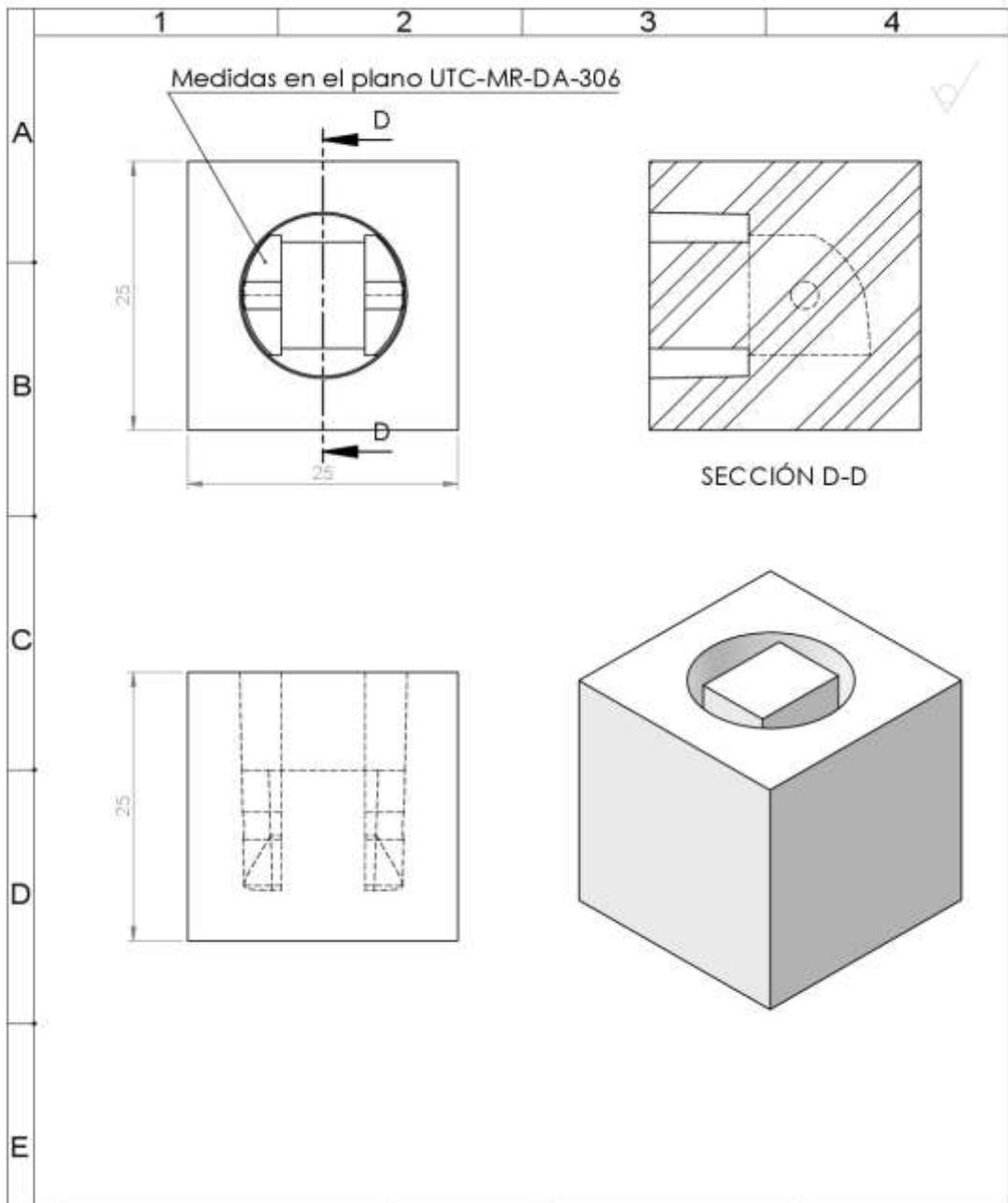
i	MOLDE ANULAR FALANGE PROXIMAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO
Foto Parte	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde
			Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha: 06/02/2018 Dib. Hernandez D. Toapaxi L. Rev. Ing. Reinoso Raul Apró Ing. Reinoso Raul	Escala: 2:1 Número Lámina: N*	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
Material: CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001	Tolerancias:	Código: UTC-MR-M-DA-305	Denominación: MOLDE ANULAR FALANGE PROXIMAL 1



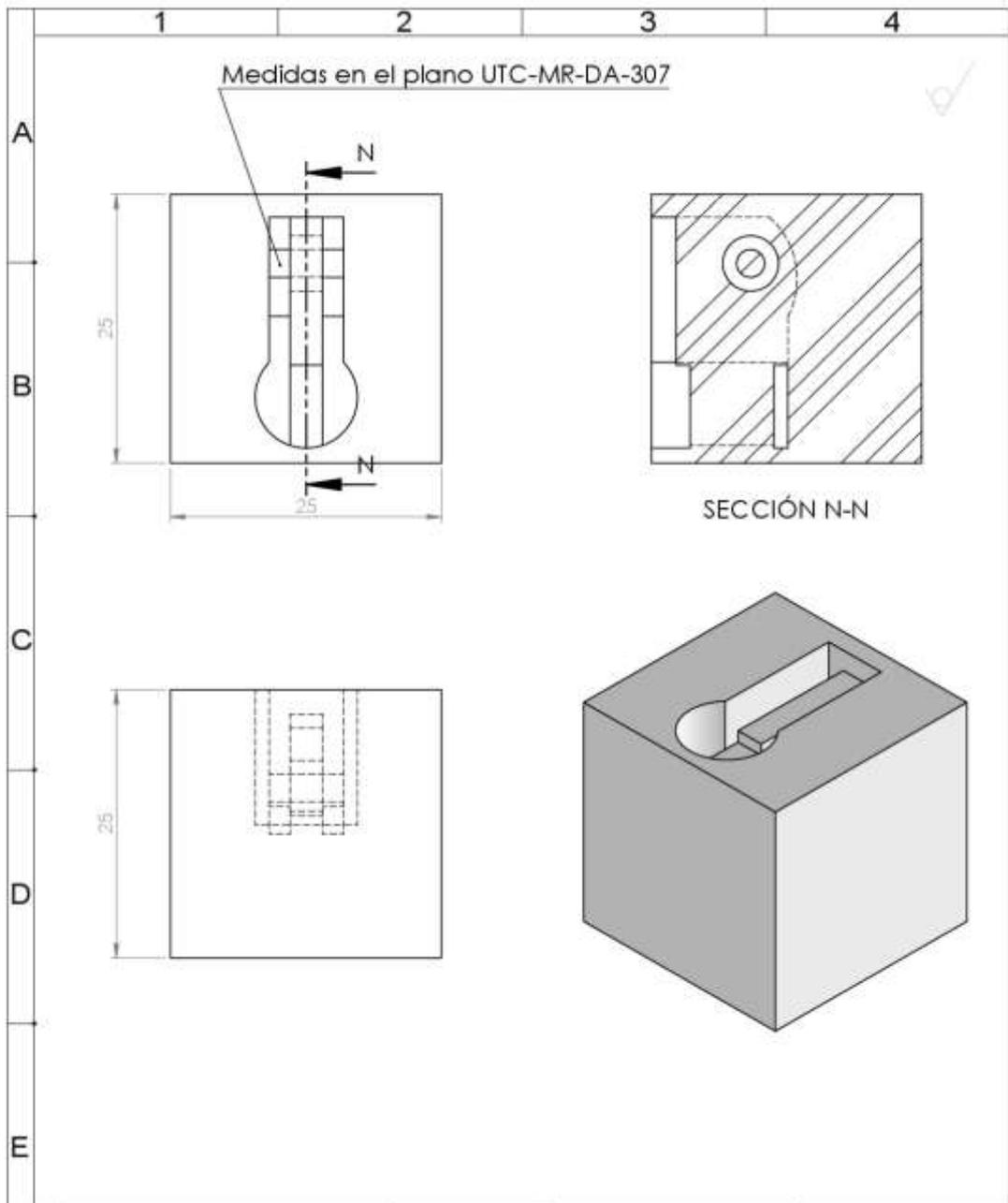
1	MOLDE ANULAR FALANGE PROXIMAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DA-306	MOLDE ANULAR FALANGE PROXIMAL 2



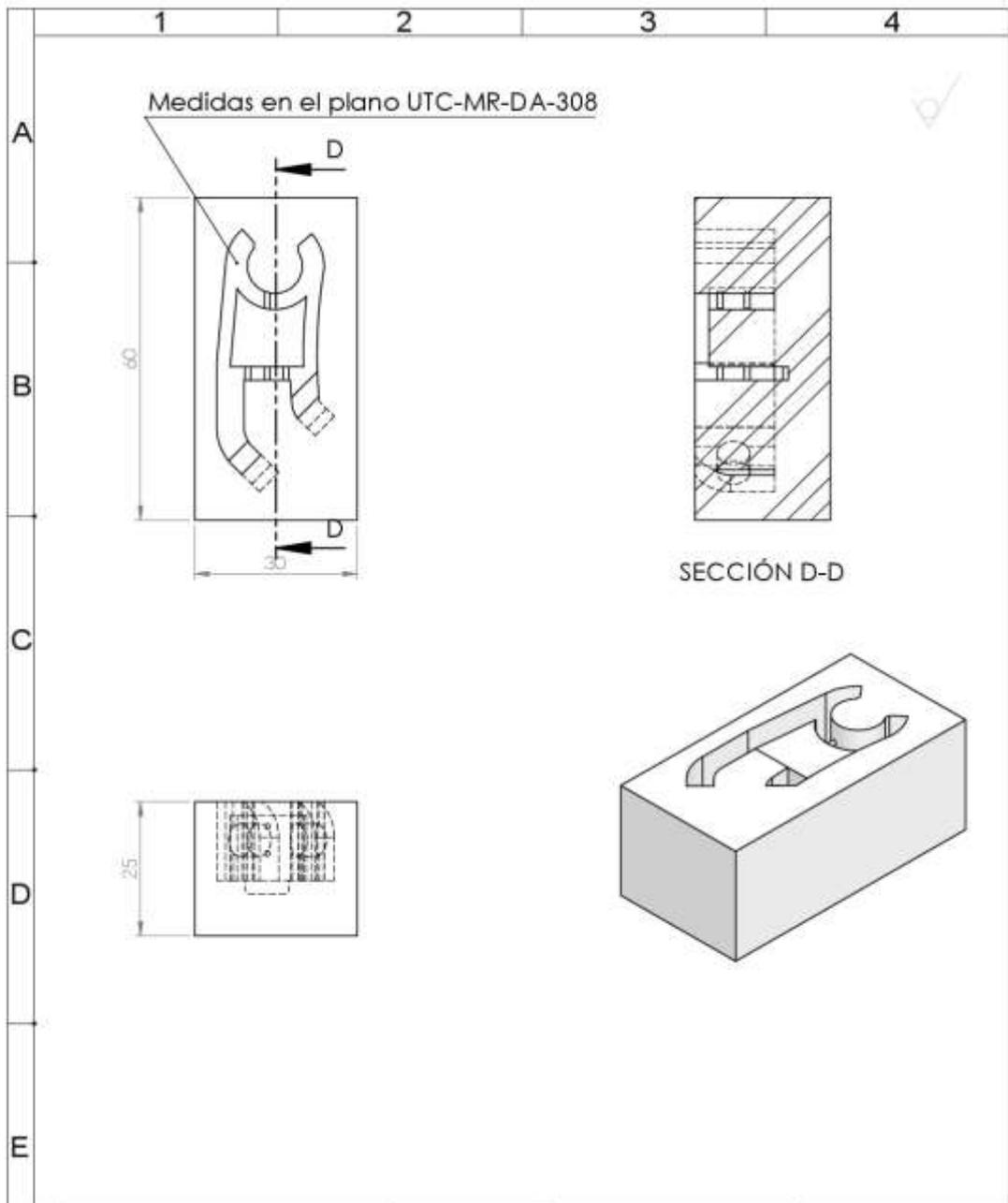
1	MOLDE ANULAR METACARPO 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DA-307	MOLDE ANULAR METACARPO 1



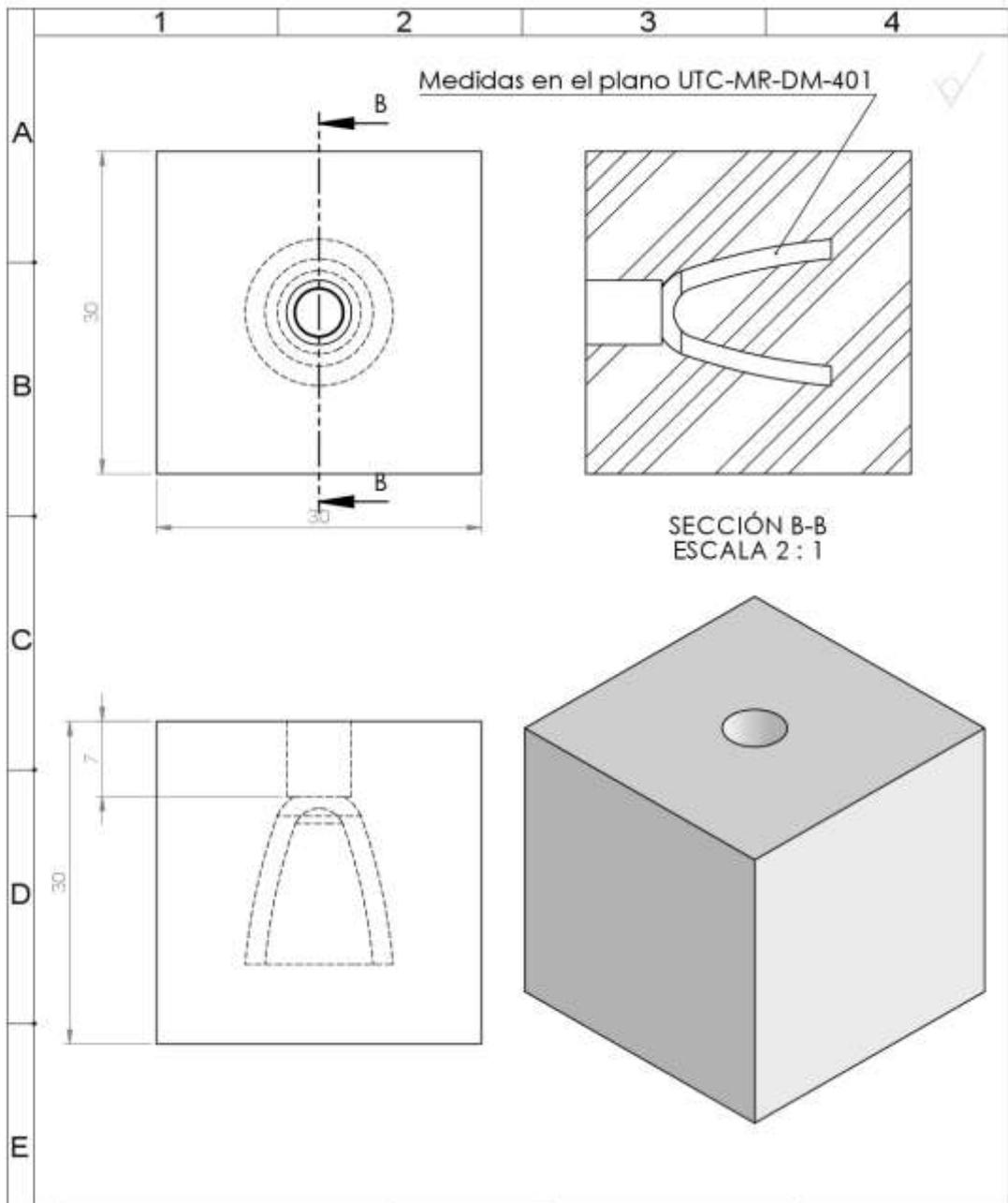
1	MOLDE ANULAR METACARPO 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Foto Parte	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	1:1		
Rev.		Ing. Reinoso Raul			
Apró		Ing. Reinoso Raul			
Material		Tolerancias	Número Lamina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001			N°	UTC-MR-M-DA-308	MOLDE ANULAR METACARPO 2



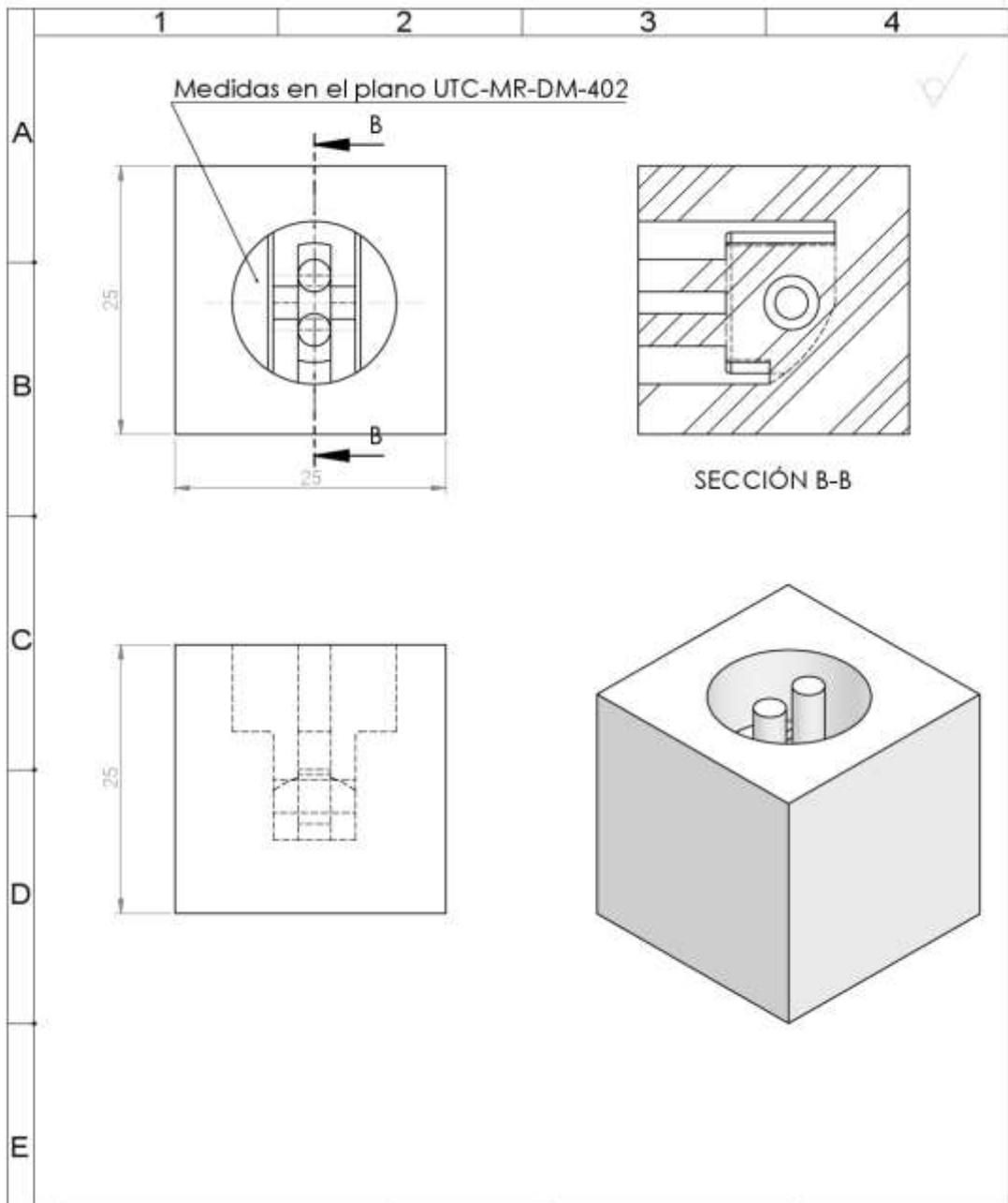
1	MOLDE MEDIO FALANGE DISTAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apro.	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-401	MOLDE MEDIO FALANGE DISTAL 1



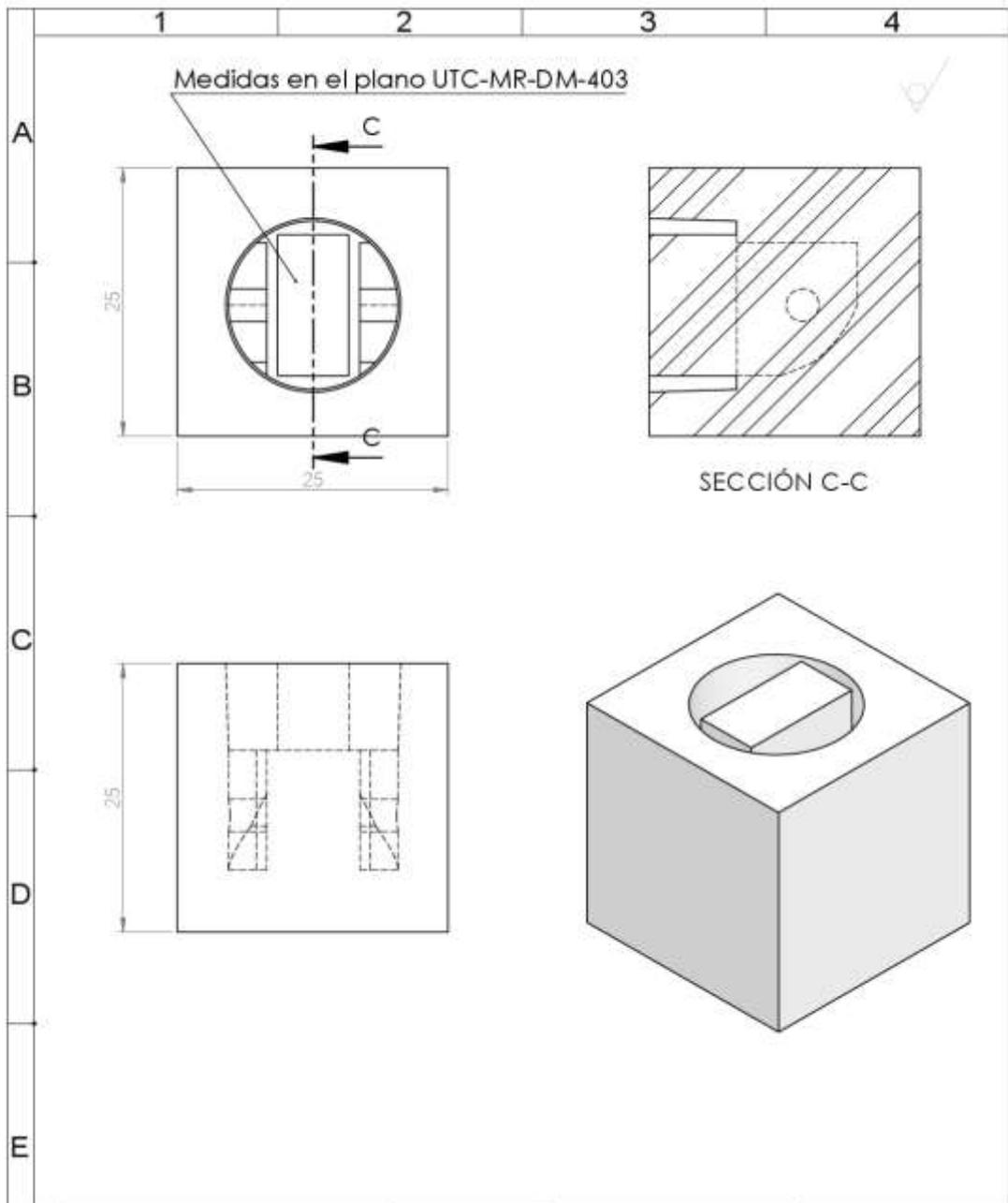
1	MOLDE MEDIO FALANGE DISTAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Foto	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.		Ing. Reinoso Raul			
Apró		Ing. Reinoso Raul			
Material		Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001			N°	UTC-MR-M-DM-402	MOLDE MEDIO FALANGE DISTAL 2



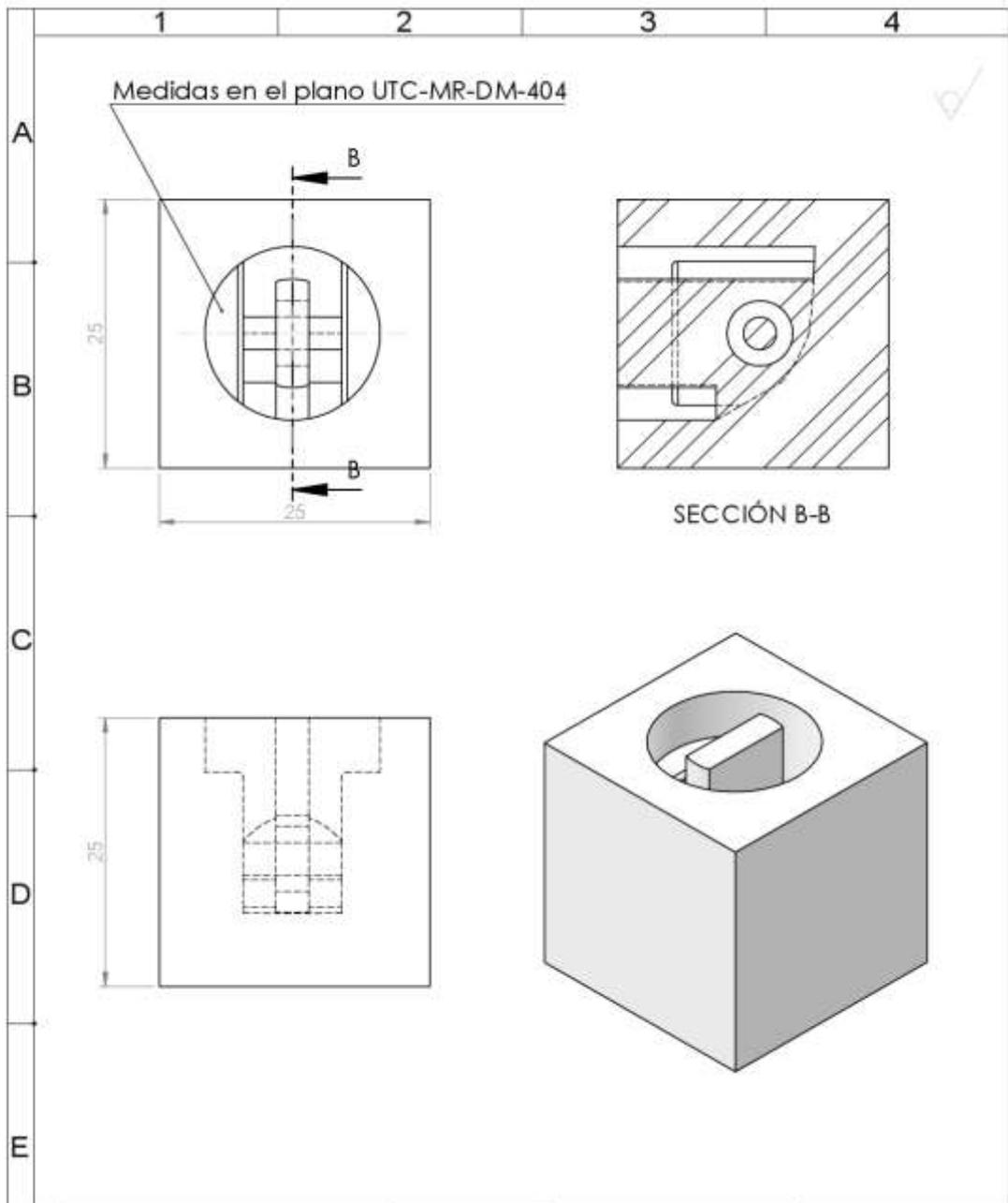
1	MOLDE MEDIO FALANGE MEDIAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-403	MOLDE MEDIO FALANGE MEDIAL 1



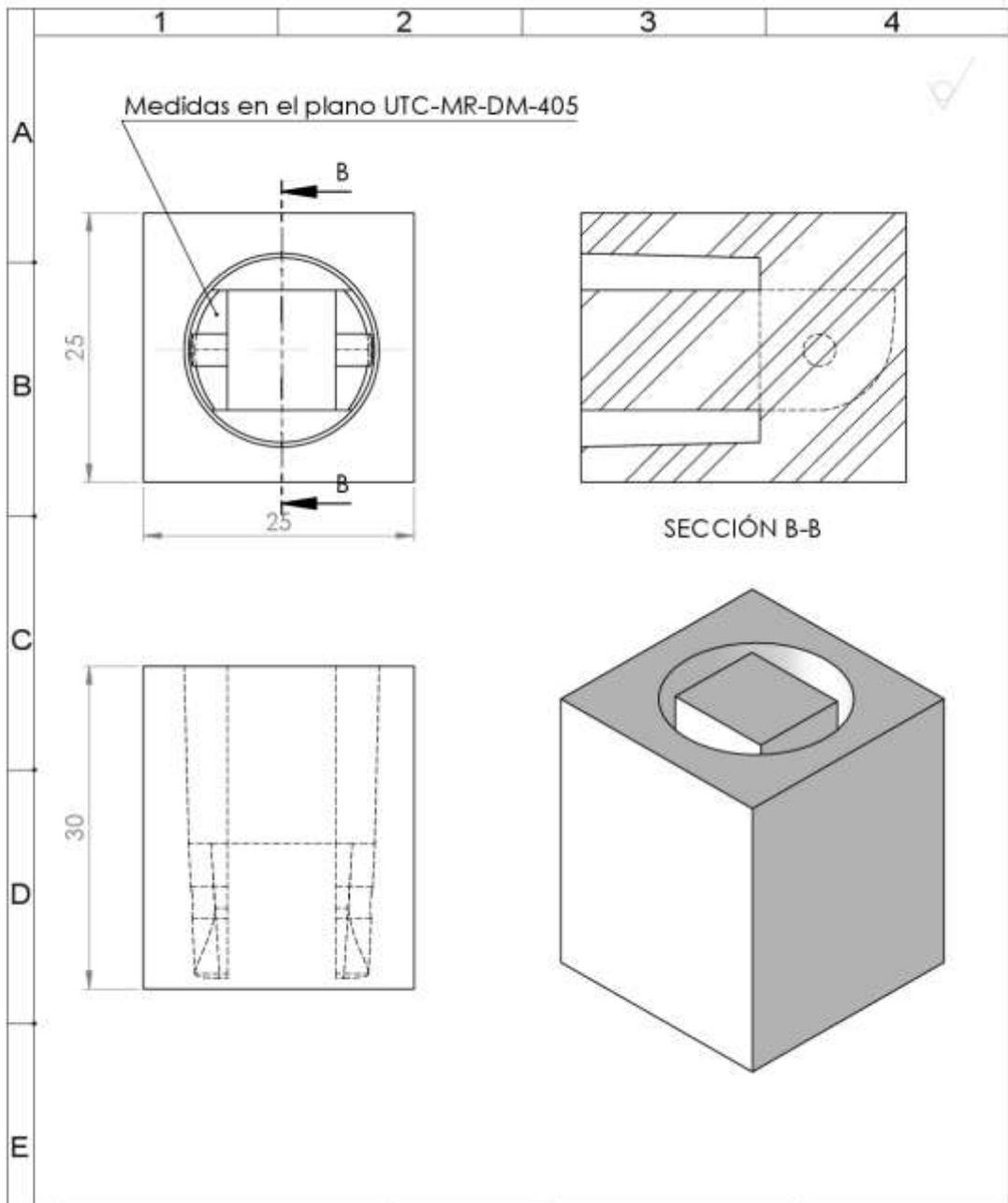
1	MOLDE MEDIO FALANGE MEDIAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.		Ing. Reinoso Raul			
Apró		Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias		Número Lamina	Codigo	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001			N°	UTC-MR-M-DM-404	MOLDE MEDIO FALANGE MEDIAL 2



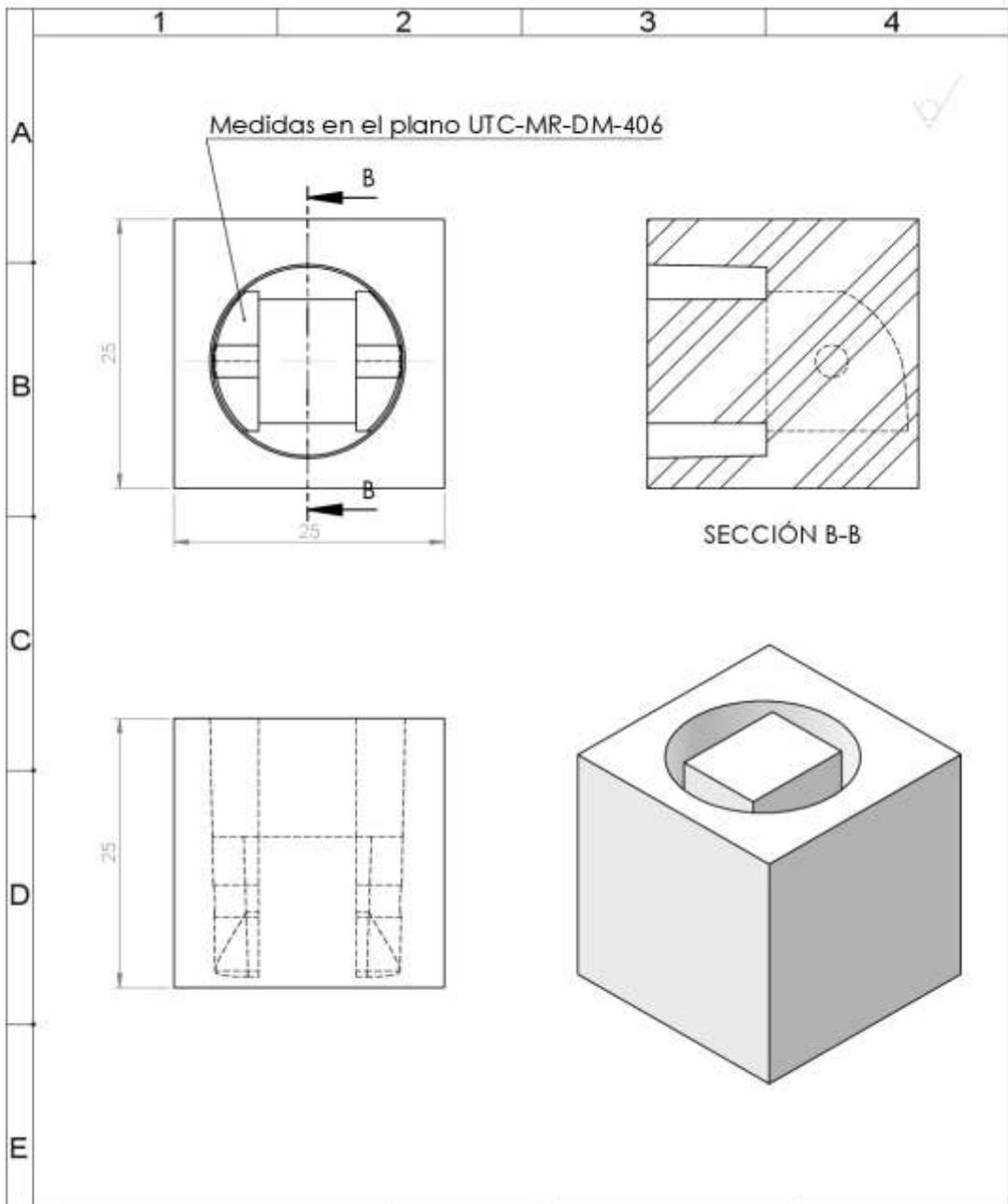
1	MOLDE MEDIO FALANGE PROXIMAL 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lamina N°	Código UTC-MR-M-DM-405	Denominación: MOLDE MEDIO FALANGE PROXIMAL 1
Material	Tolerancias			
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001				



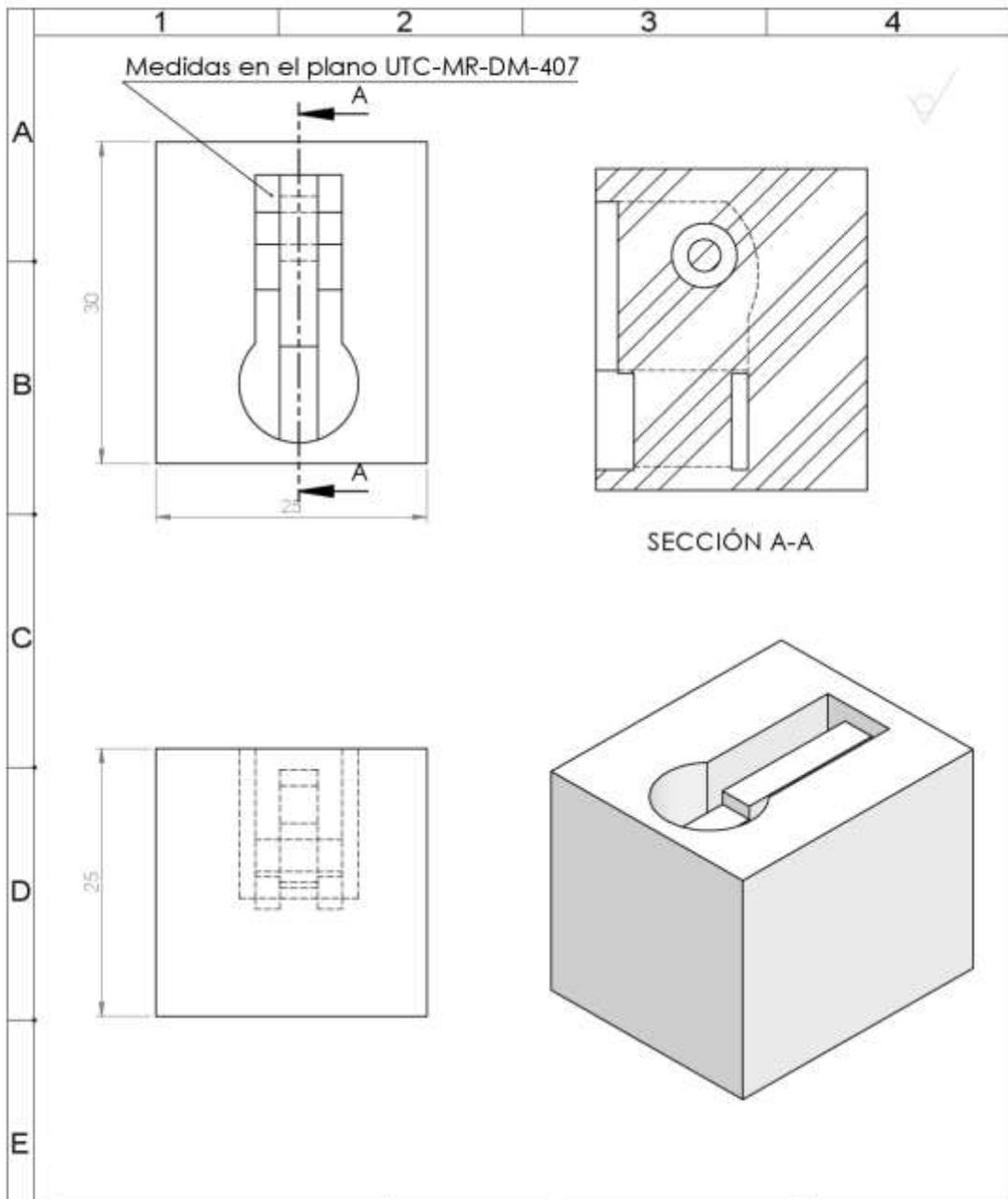
1	MOLDE MEDIO FALANGE PROXIMAL 2	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001		N*	UTC-MR-M-DM-406	MOLDE MEDIO FALANGE PROXIMAL 2



1	MOLDE MEDIO METACARPO 1	CAUCHO DE SILICONAS	MOLDEO	
File	Denominación	Material	Proceso de fabricación de molde	Observaciones

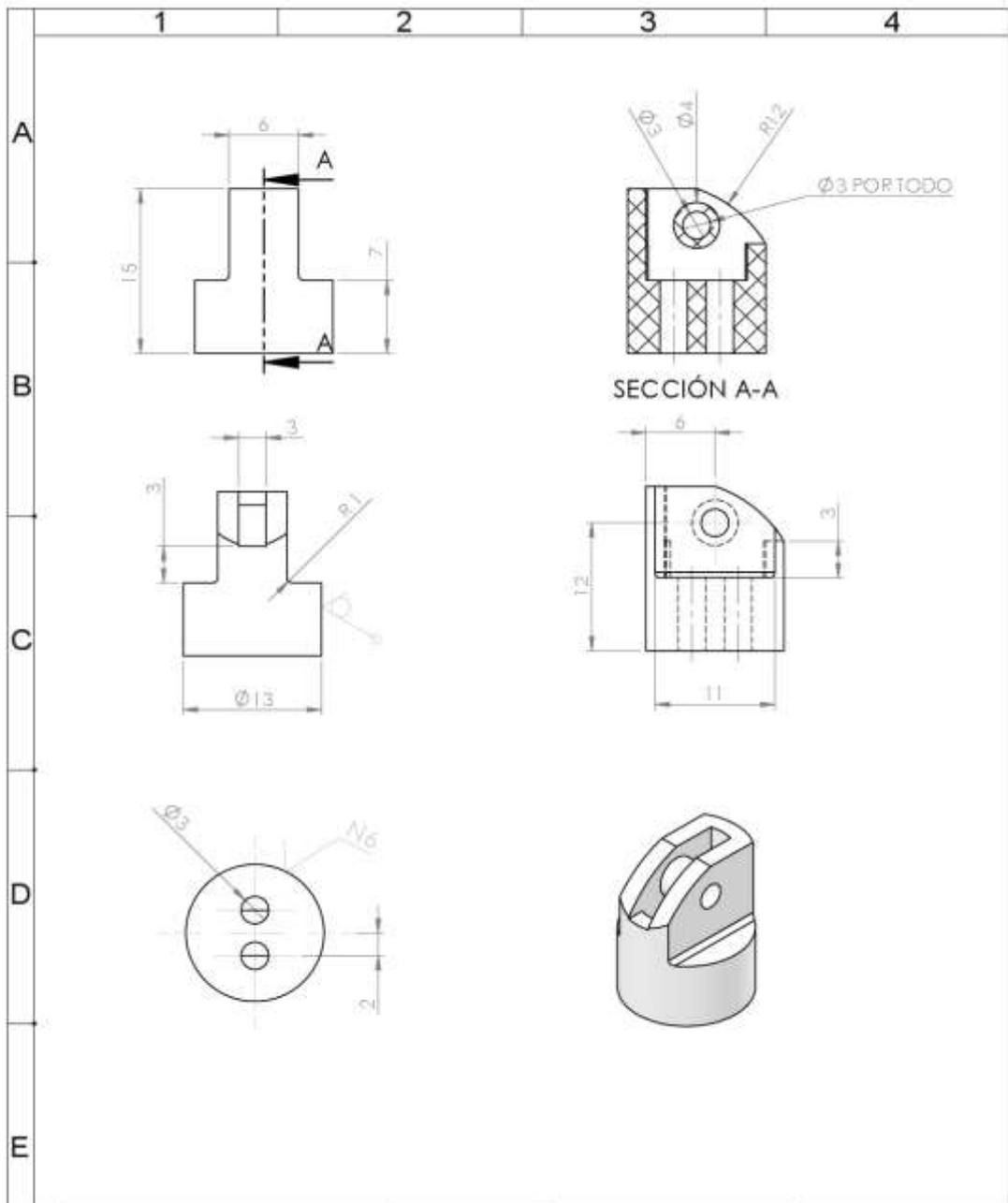


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 05/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apro.	Ing. Reinoso Raul	Número Lamina N°	Codigo UTC-MR-M-DM-407	Denominación: MOLDE MEDIO METACARPO 1
Material	Tolerancias			
CAUCHO DE SILICONAS RTV 8001				

Anexo 13.- Proceso de fabricación de piezas en moldes.



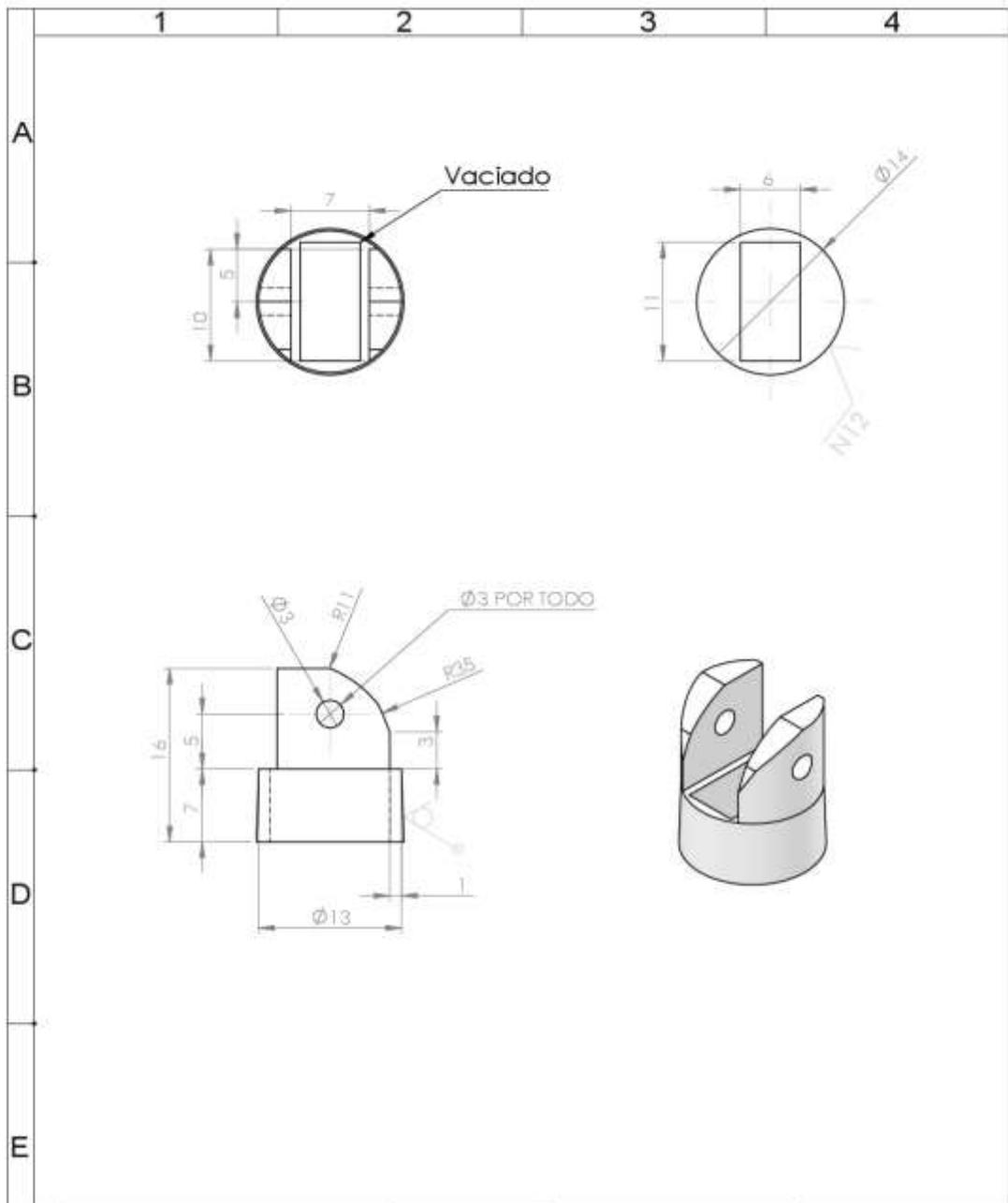
1	D. ANULAR FALANGE DISTAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N*	UTC- MR-DA-302.1	D. ANULAR FALANGE DISTAL 2



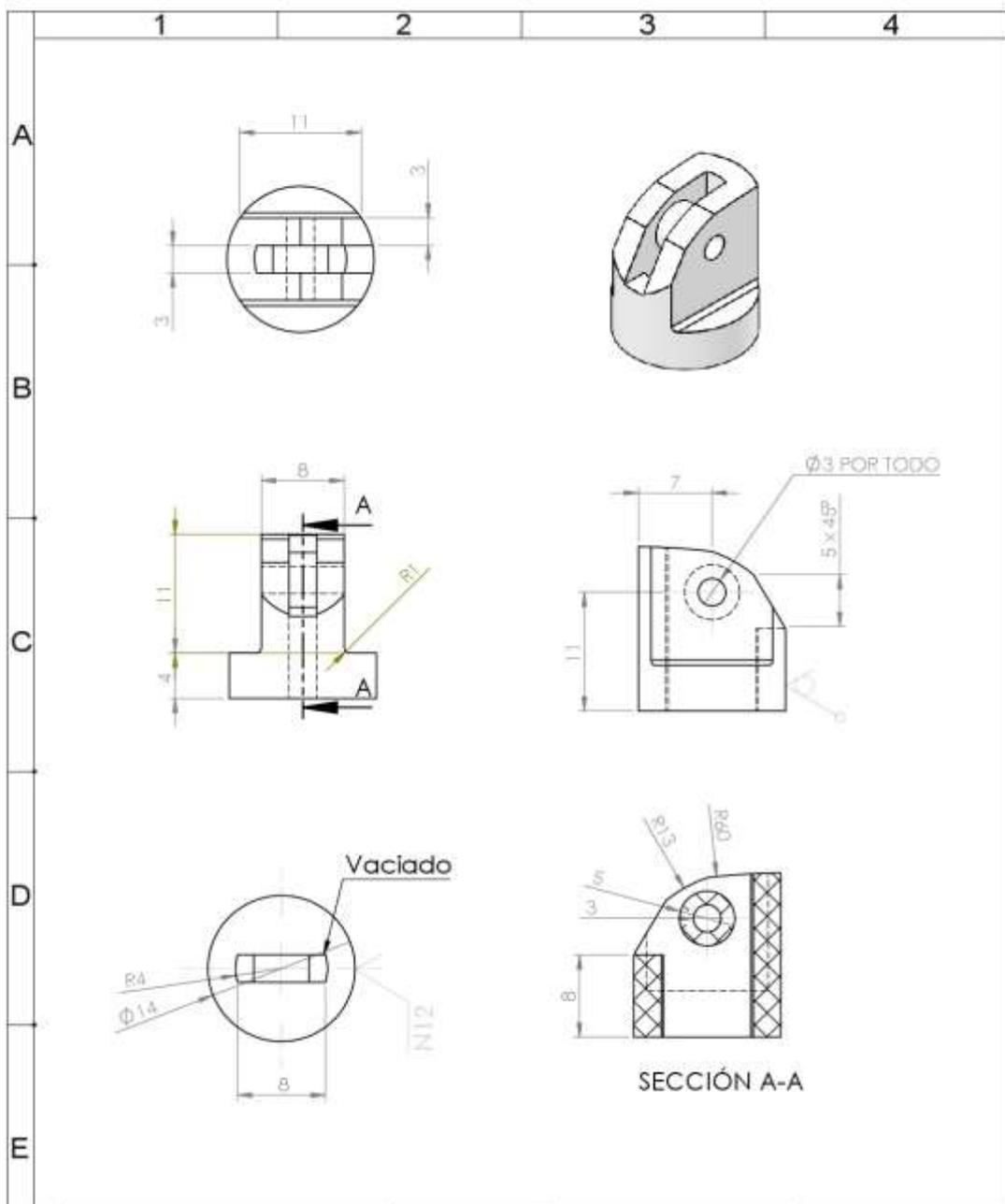
1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toaspaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC-MR-DA-303 1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 1



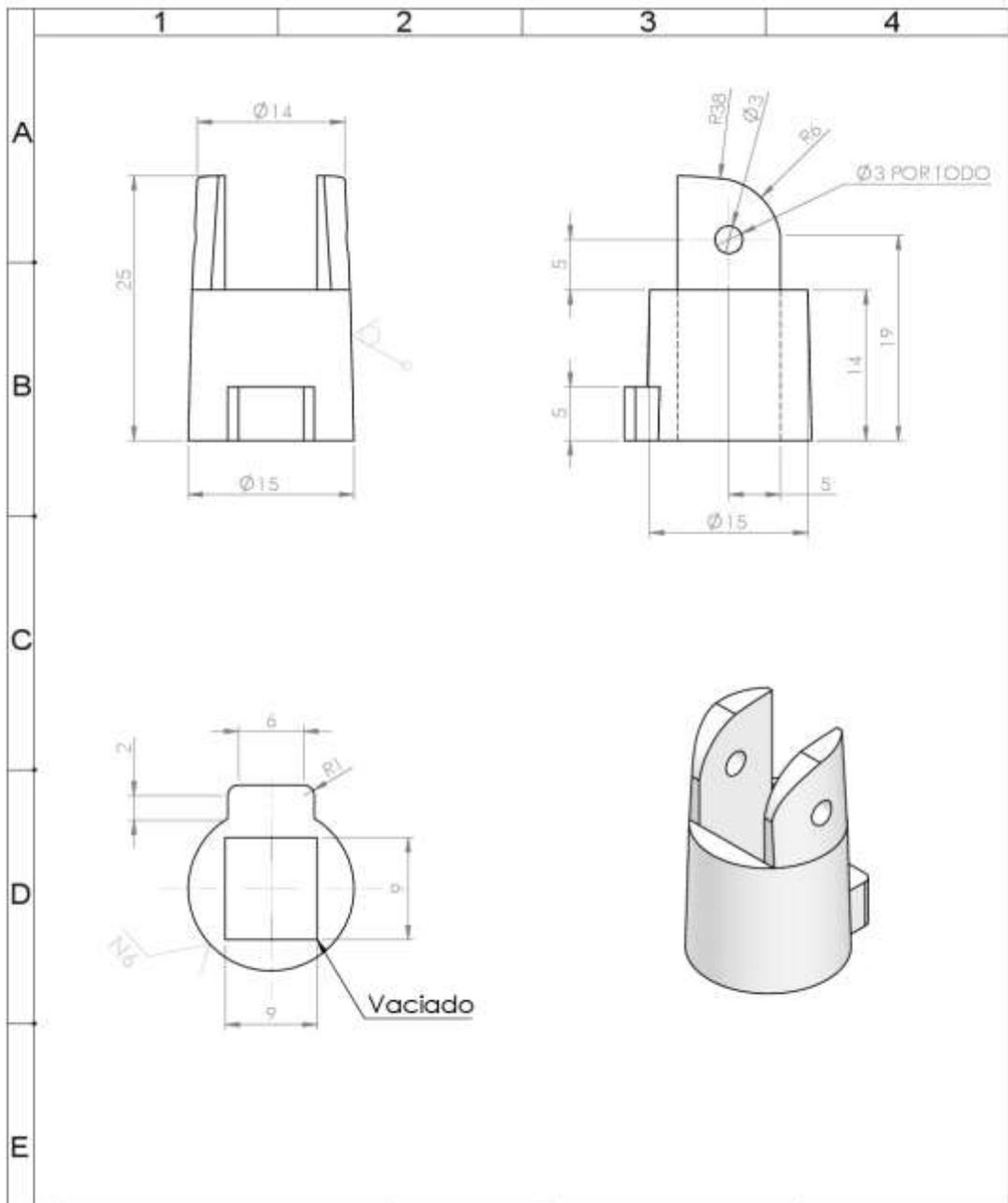
1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N*	UTC-MR-DA-304.1	D. ANULAR FALANGE MEDIAL 2



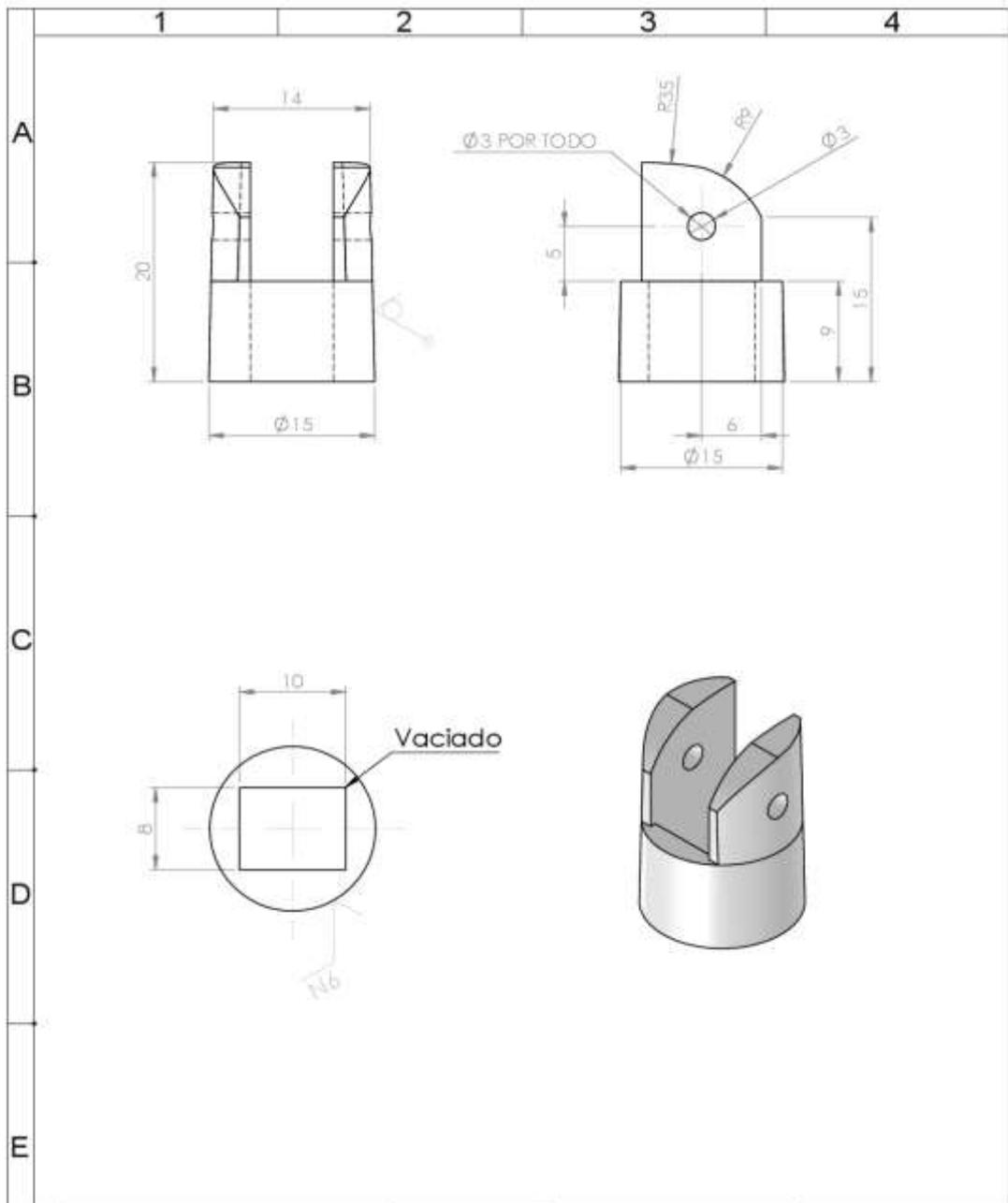
Nº	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC-MR-DA-305 1	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 1



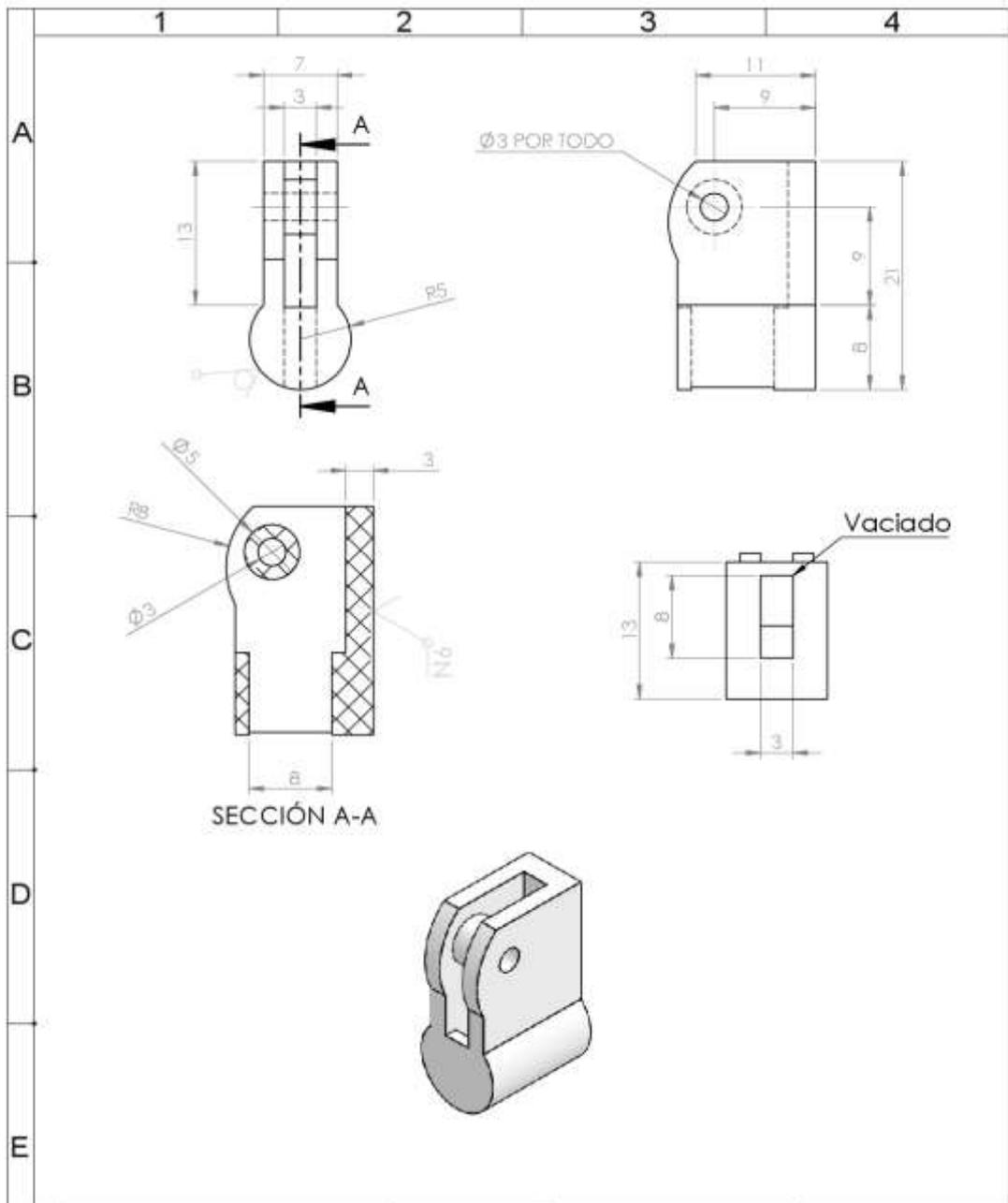
1	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-305.1	D. ANULAR FALANGE PROXIMAL 2



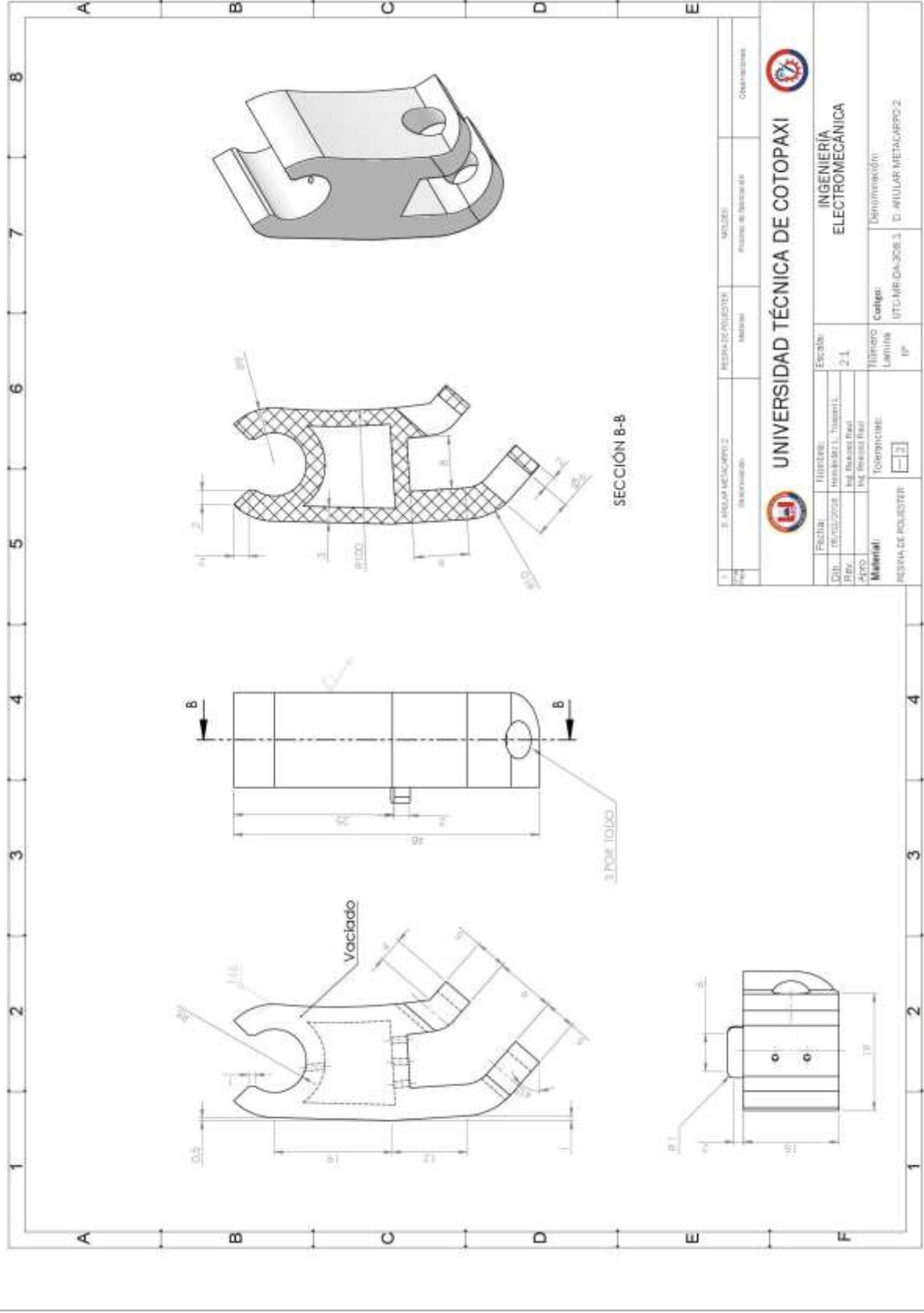
1	D. ANULAR METACARPO 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



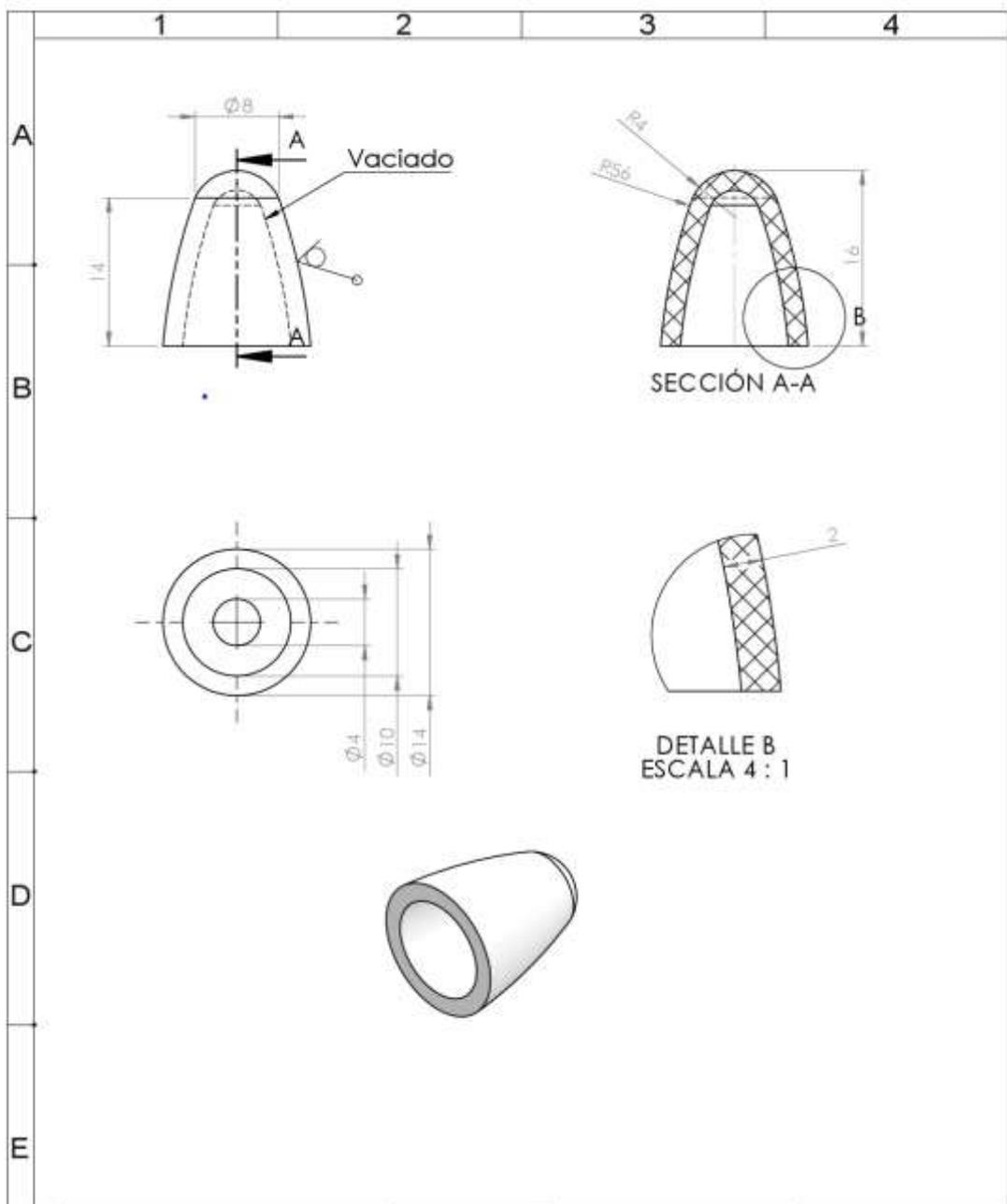
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lamina N°	Codigo UTC- MR-DA-307.1	Denominación: D. ANULAR METACARPO 1
Material	Tolerancias			
RESINA DE POLIESTER				



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		UNIVERSITY OF TECHNOLOGY		UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	
FACULTAD DE INGENIERÍA		FACULTY OF ENGINEERING		FACULTY OF ENGINEERING	
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA		CAREER IN ELECTROMECHANICAL ENGINEERING		CAREER IN ELECTROMECHANICAL ENGINEERING	
FECHA: 06/03/2024		FECHA: 06/03/2024		FECHA: 06/03/2024	
DISEÑADOR: MARIABELL TORREALBA		DISEÑADOR: MARIABELL TORREALBA		DISEÑADOR: MARIABELL TORREALBA	
REVISOR: ING. OSCAR PARRA		REVISOR: ING. OSCAR PARRA		REVISOR: ING. OSCAR PARRA	
MATERIAL: ACERO		MATERIAL: ACERO		MATERIAL: ACERO	
TOLERANCIAS: ±0.1		TOLERANCIAS: ±0.1		TOLERANCIAS: ±0.1	
ESCALA: 2:1		ESCALA: 2:1		ESCALA: 2:1	
NÚMERO DE LÁMINA: 01		NÚMERO DE LÁMINA: 01		NÚMERO DE LÁMINA: 01	
TÍTULO: DISEÑO DE UN PIEZAS PARA		TÍTULO: DISEÑO DE UN PIEZAS PARA		TÍTULO: DISEÑO DE UN PIEZAS PARA	
CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA	
CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA	
CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA		CATEDRÁTICO: LIC. JUAN CARLOS TORREALBA	



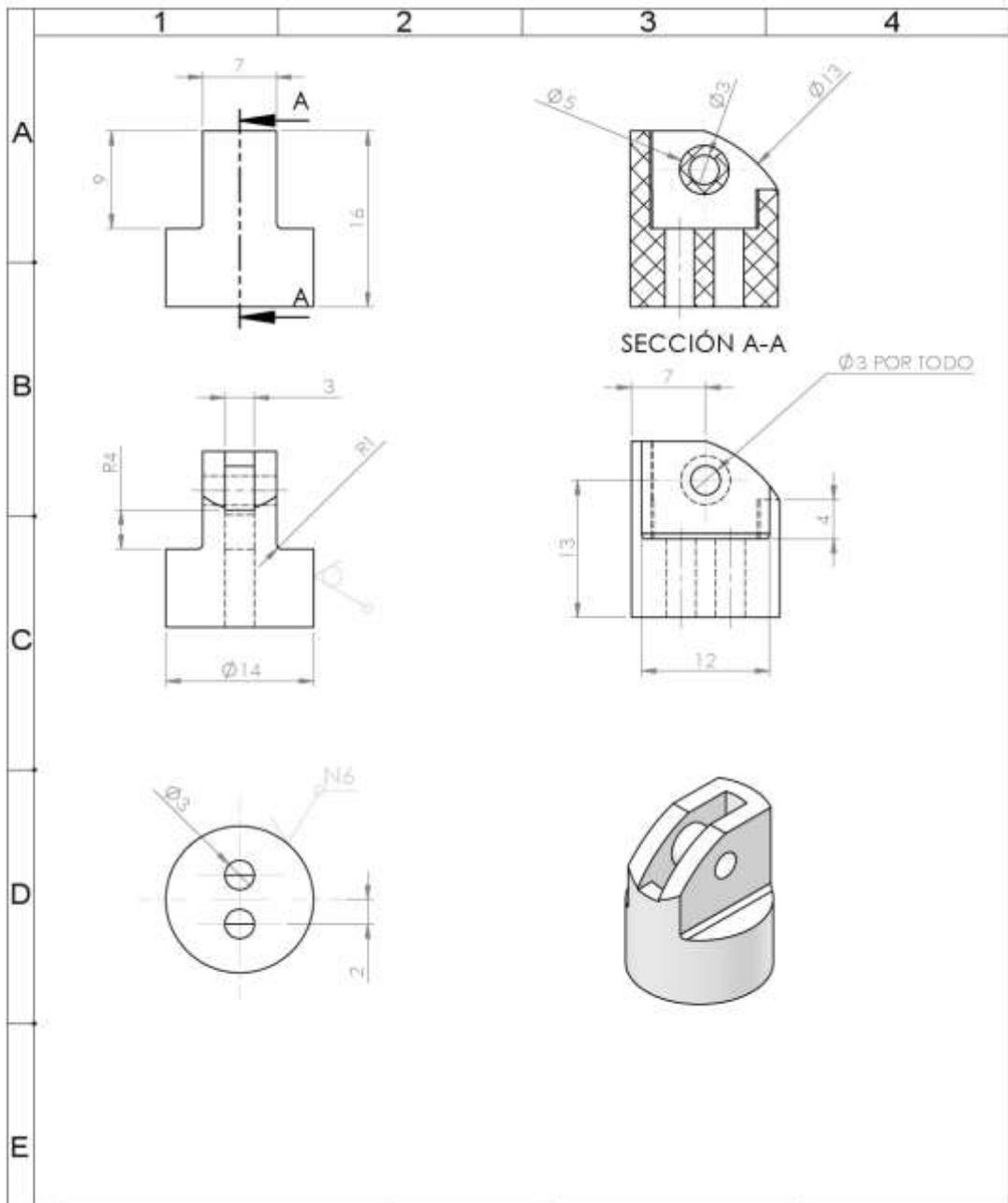
1	D. INDICE FALANGE DISTAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-501 3	D. INDICE FALANGE DISTAL 1



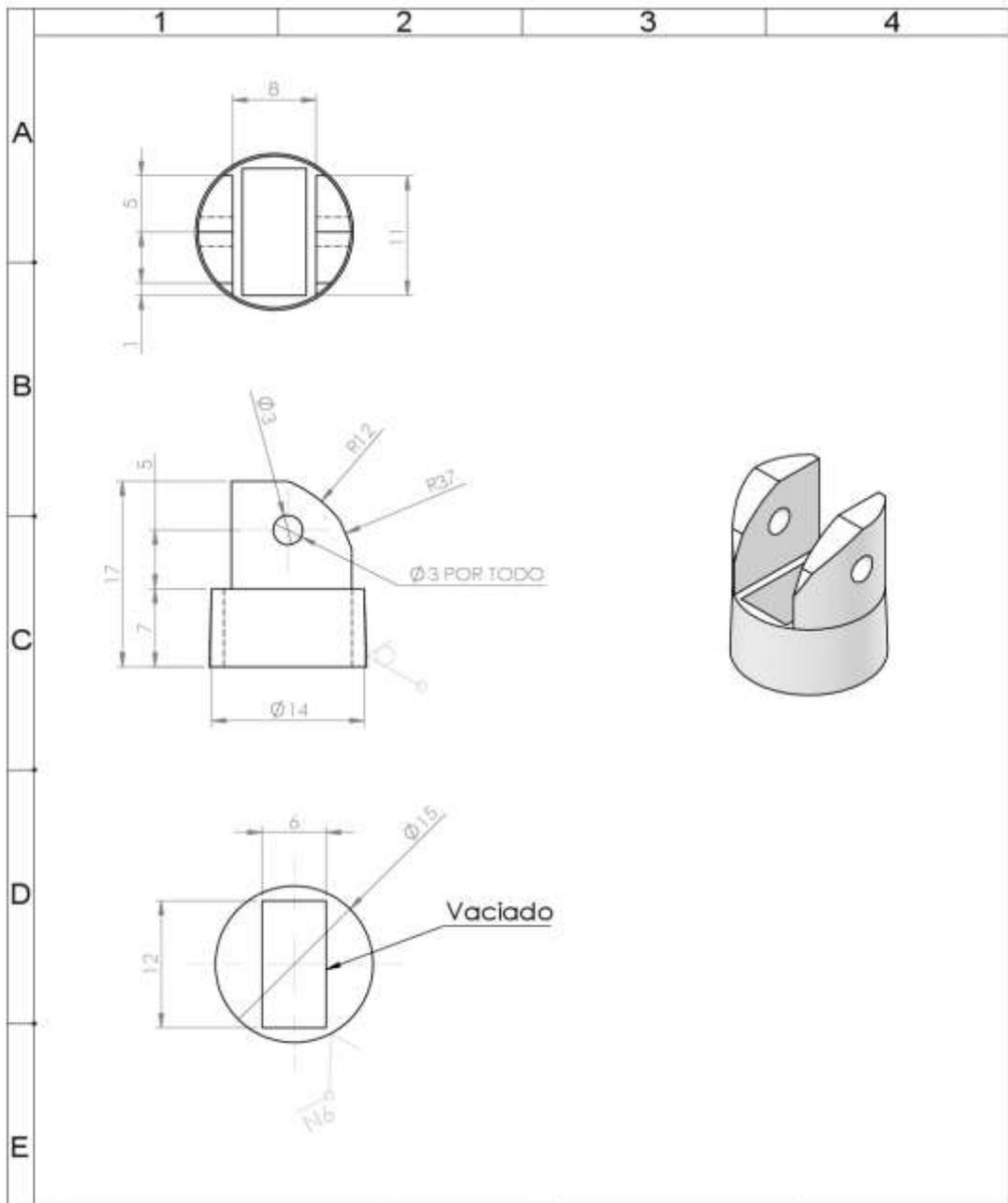
1	D. INDICE FALANGE DISTAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-502.3	D. INDICE FALANGE DISTAL 2



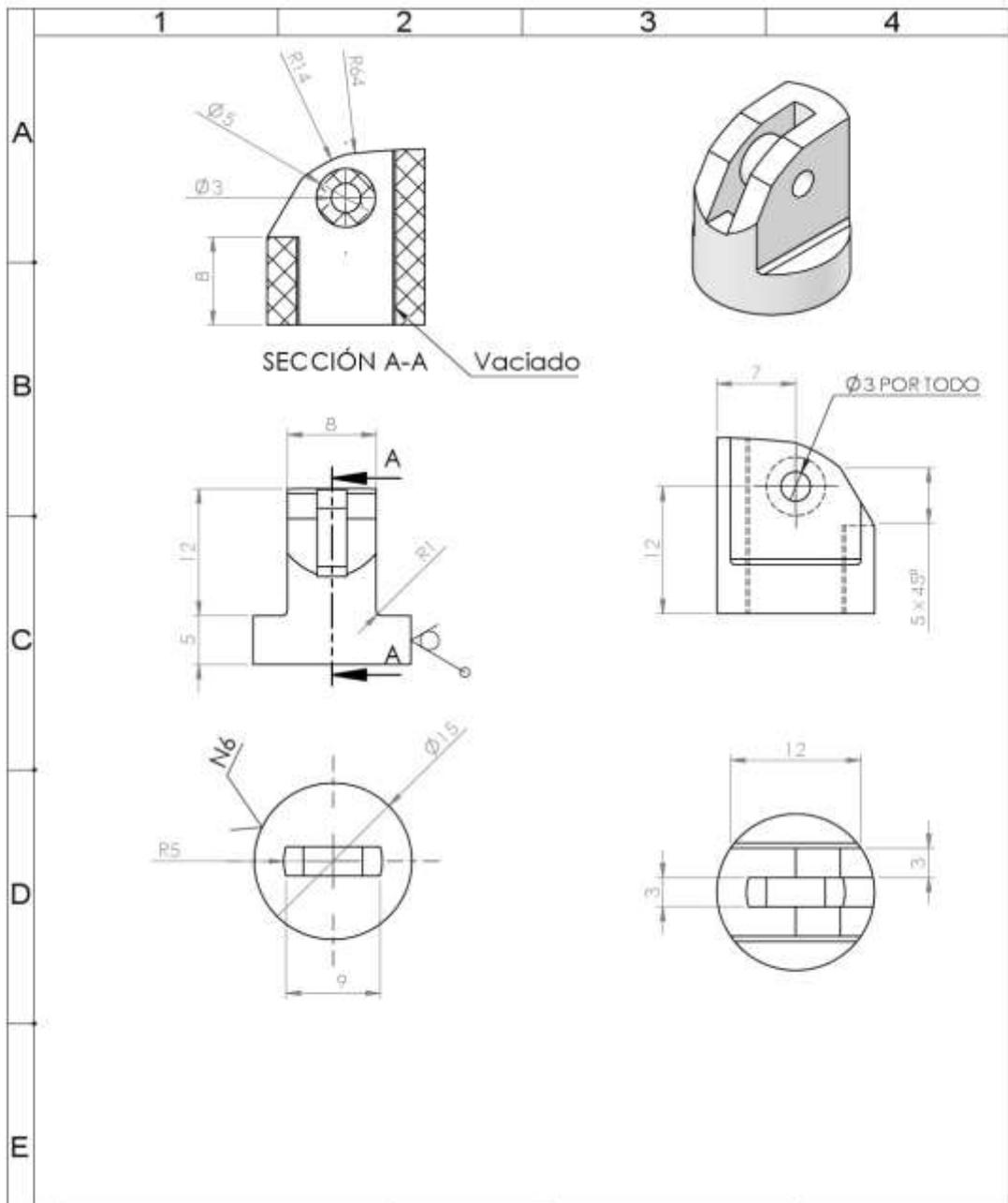
1	D: INDICE FALANGE MEDIAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 06/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N*	UTC-MR-DA-803 1	D: INDICE FALANGE MEDIAL 1



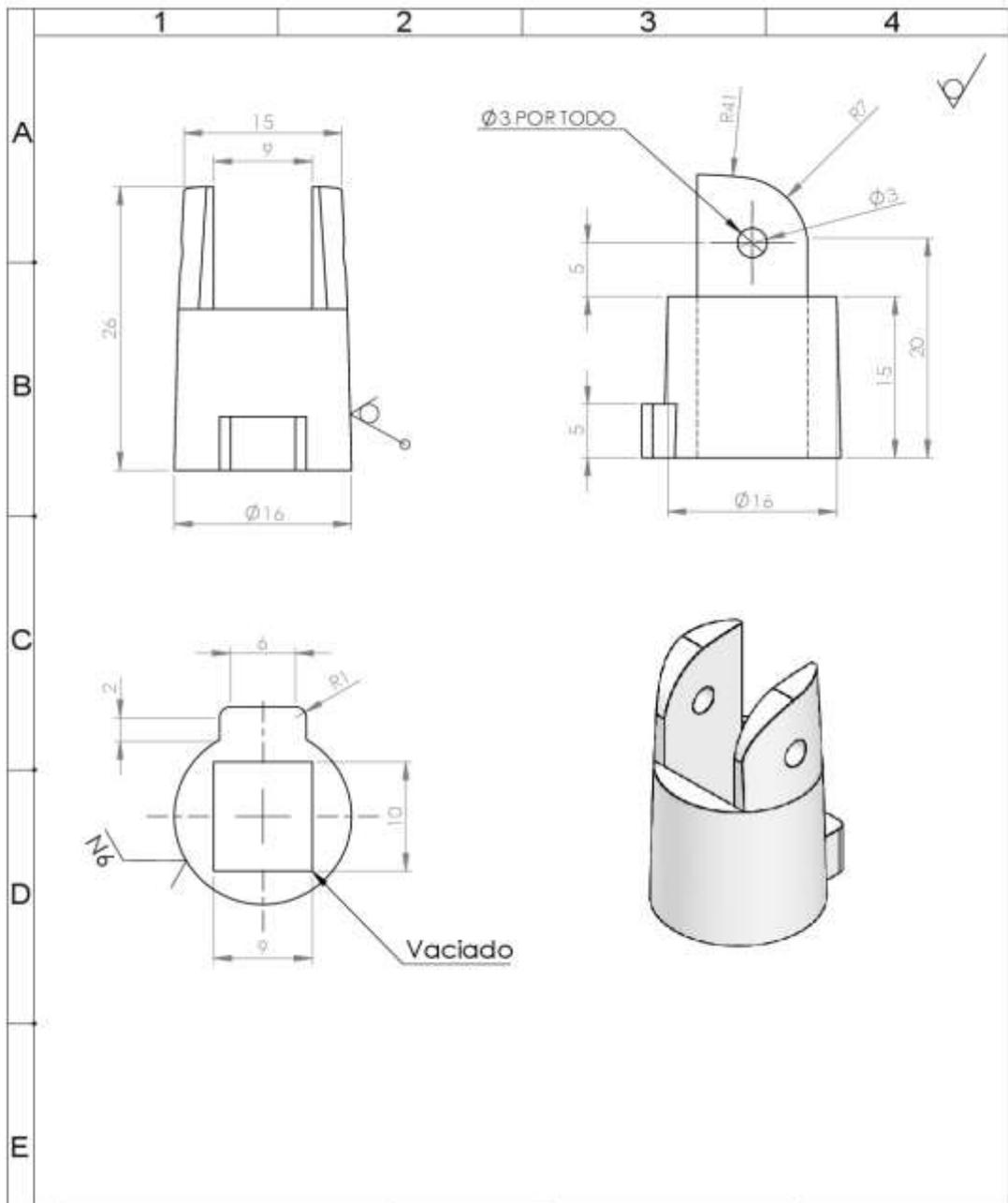
1	D. INDICE FALANGE MEDIAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lámina N°	Código UTC- MR-DA-504 3	Denominación: D. INDICE FALANGE MEDIAL 2
Material	Tolerancias			
RESINA DE POLIESTER				



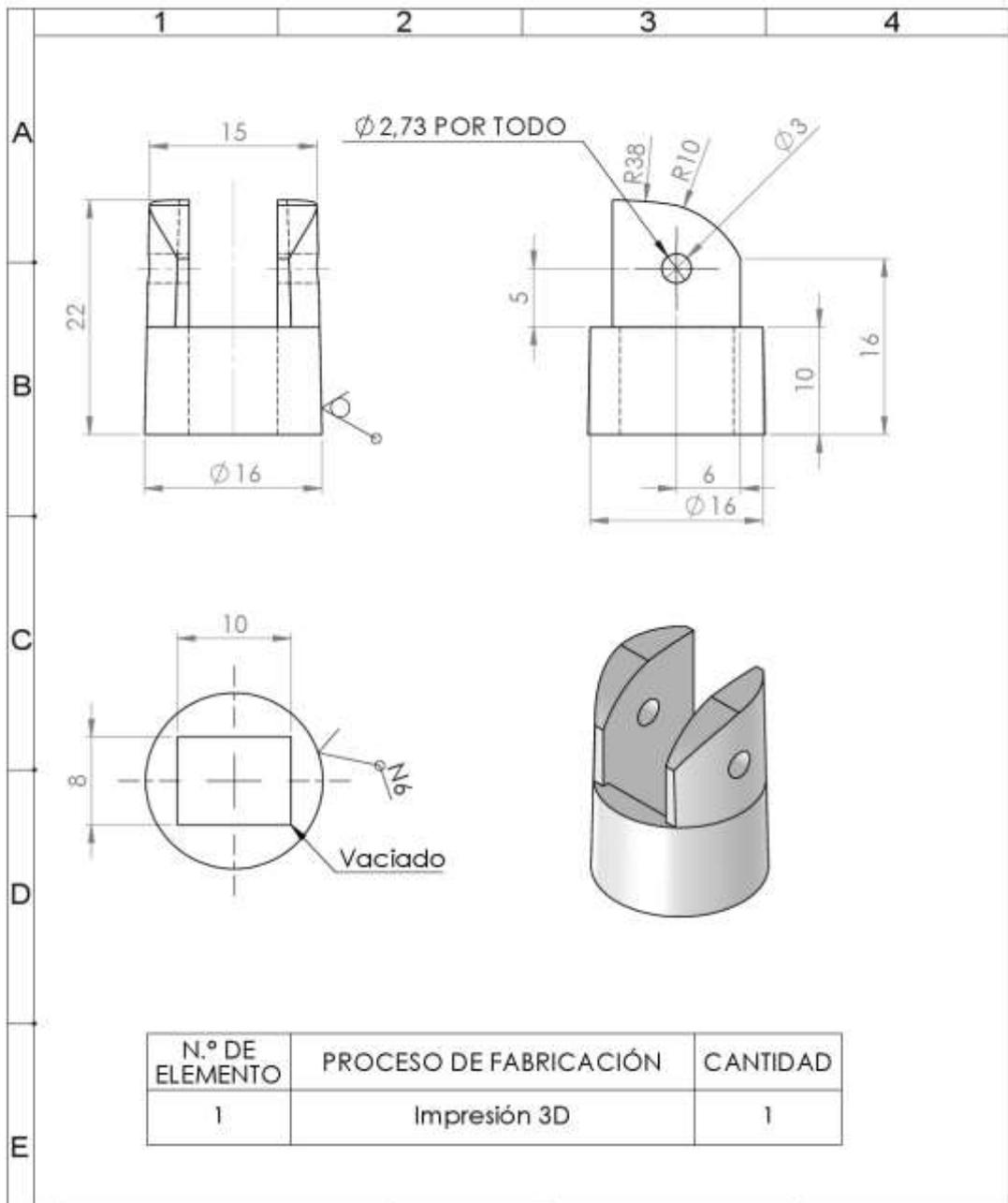
1	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-505.3	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 1



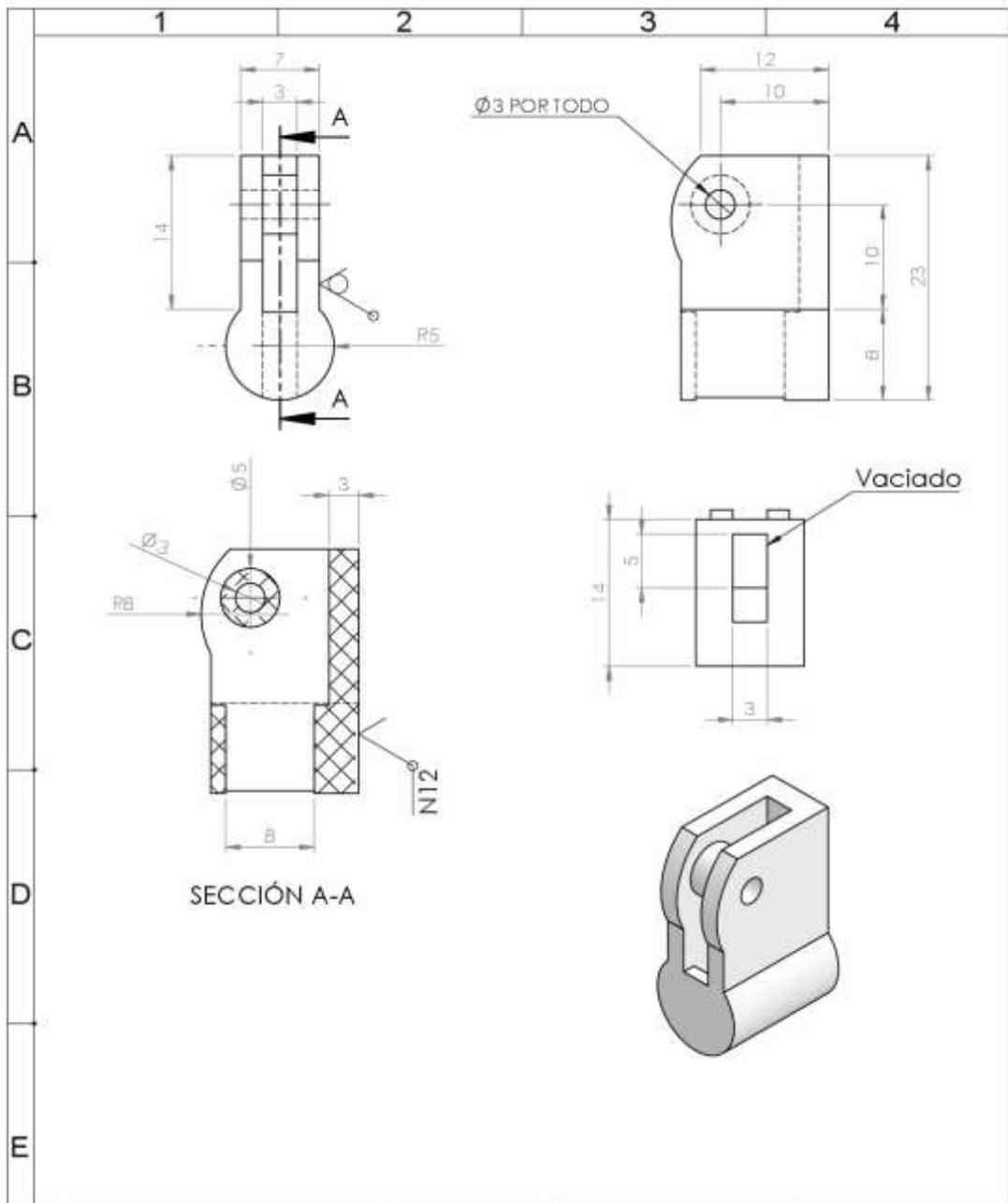
N.º	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
1	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		Nº	UTC- MR-DA-506.3	D. INDICE FALANGE PROXIMAL 2



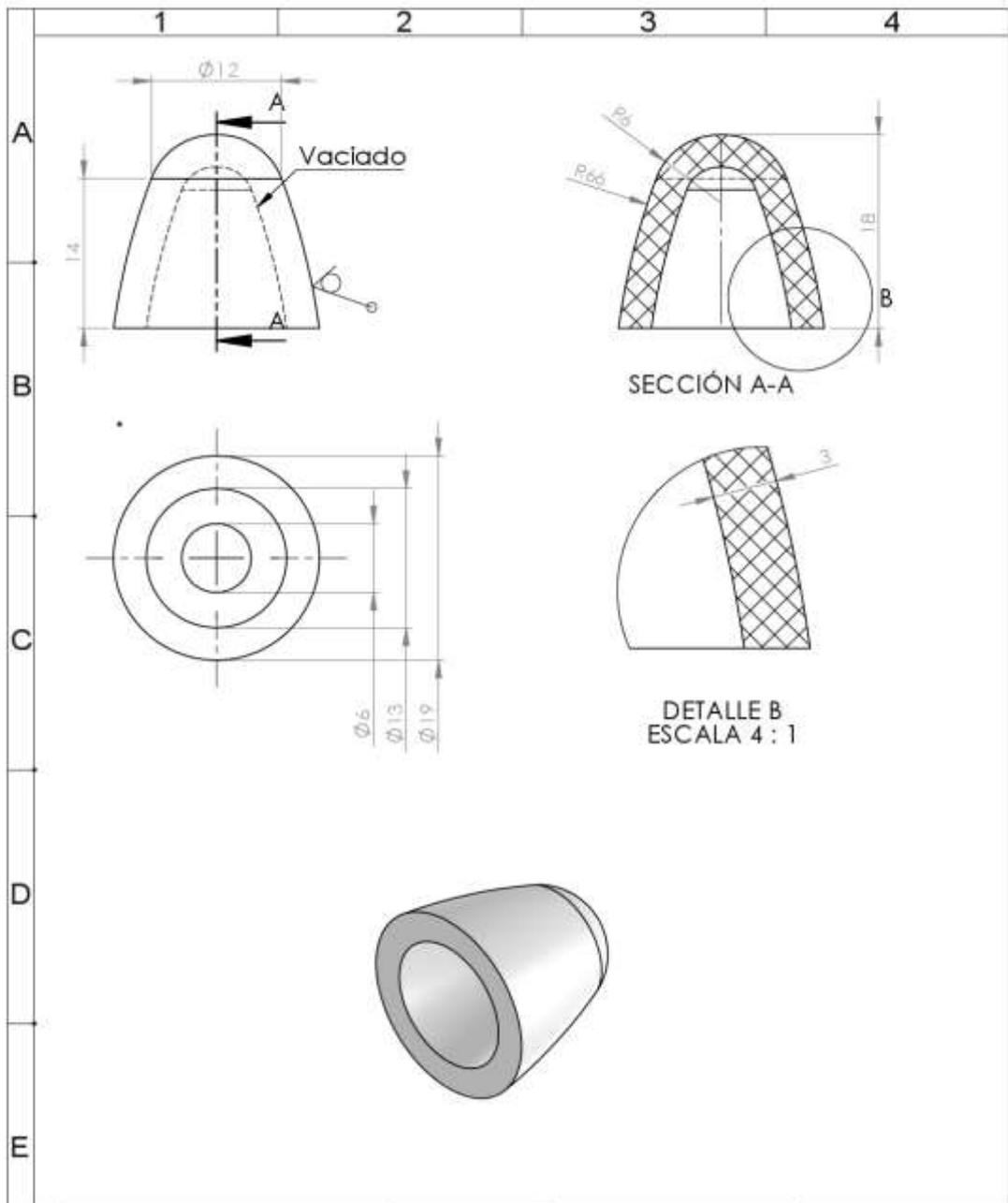
1	D: INDICE METACARPO 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC-MR-DA-507.3	D: INDICE METACARPO 1



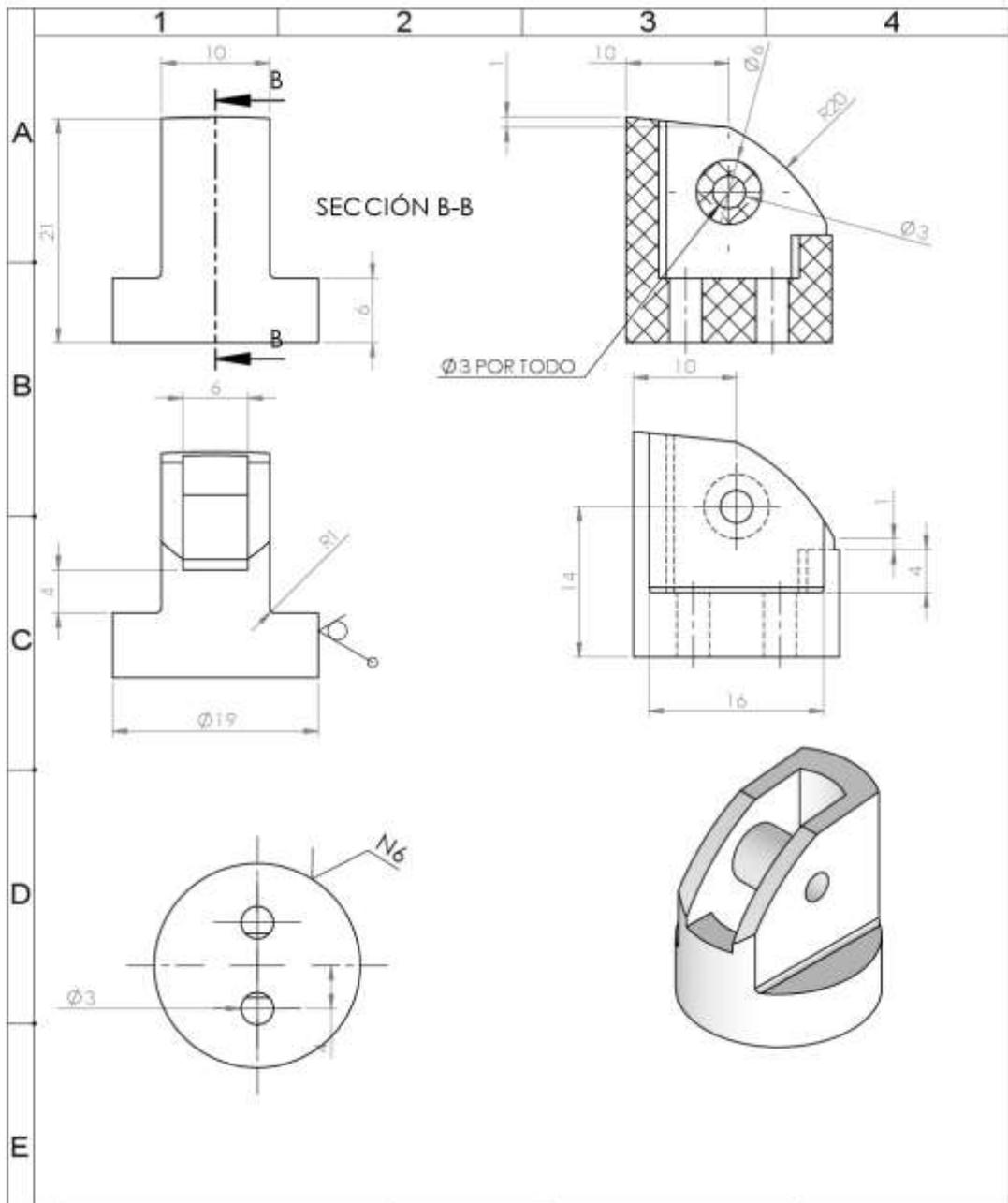
1	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N*	UTC- MR-DA-601 3	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 1



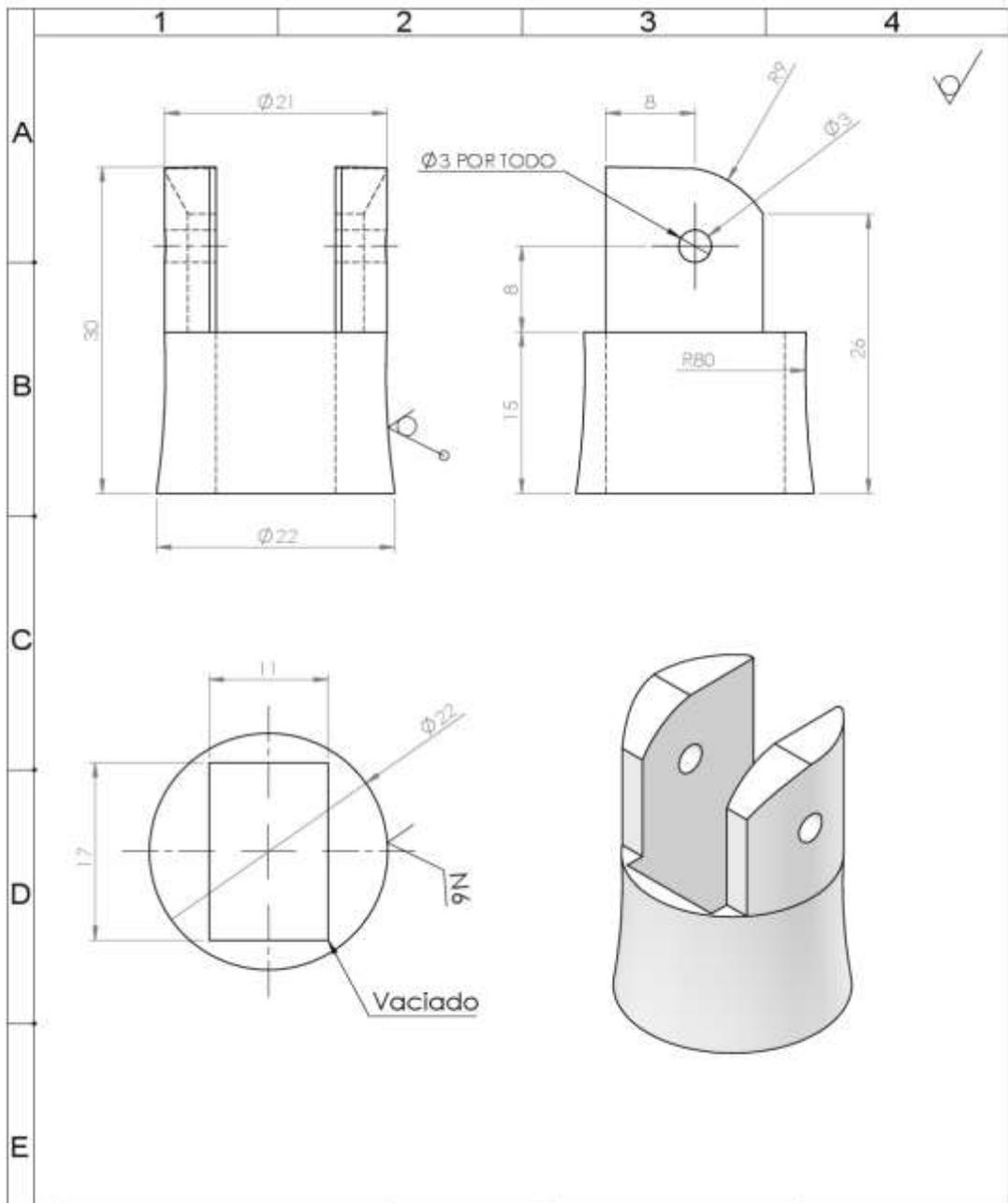
Nº	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones
1	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-602.3	D. PULGAR FALANGUE DISTAL 2



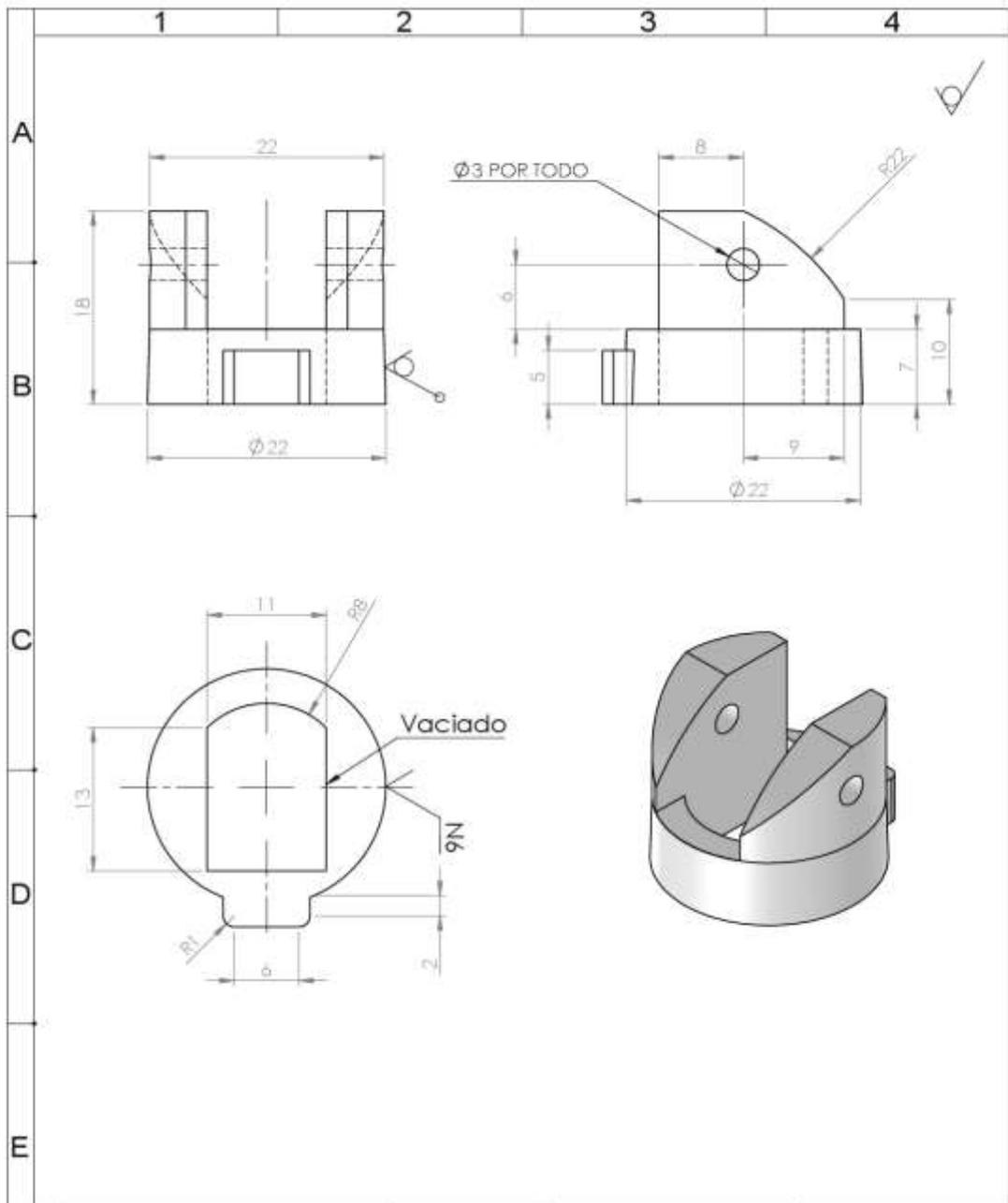
Nº	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones
1	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-603.3	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 1.



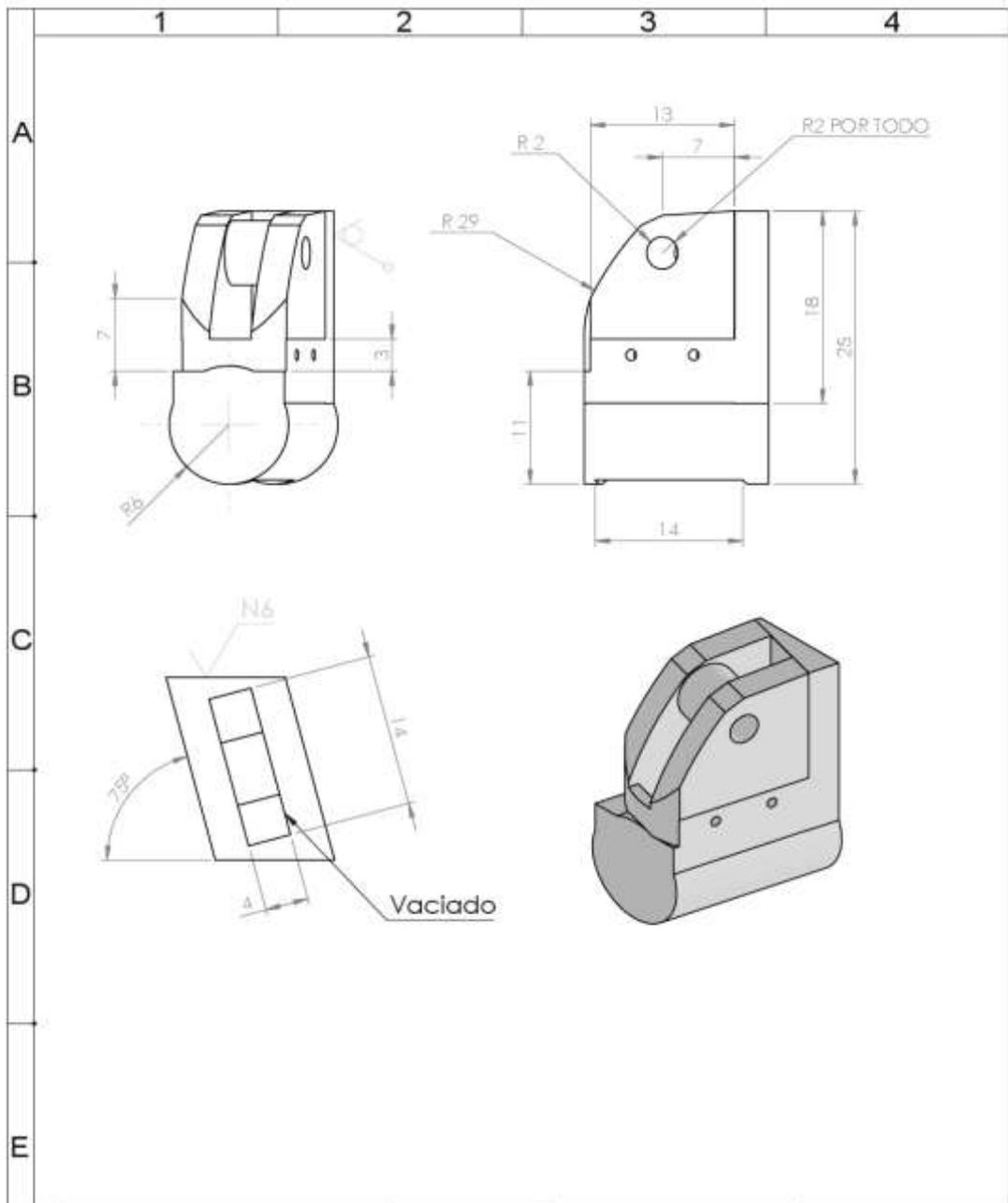
1	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-604 3	D. PULGAR FALANGUE PROXIMAL 2



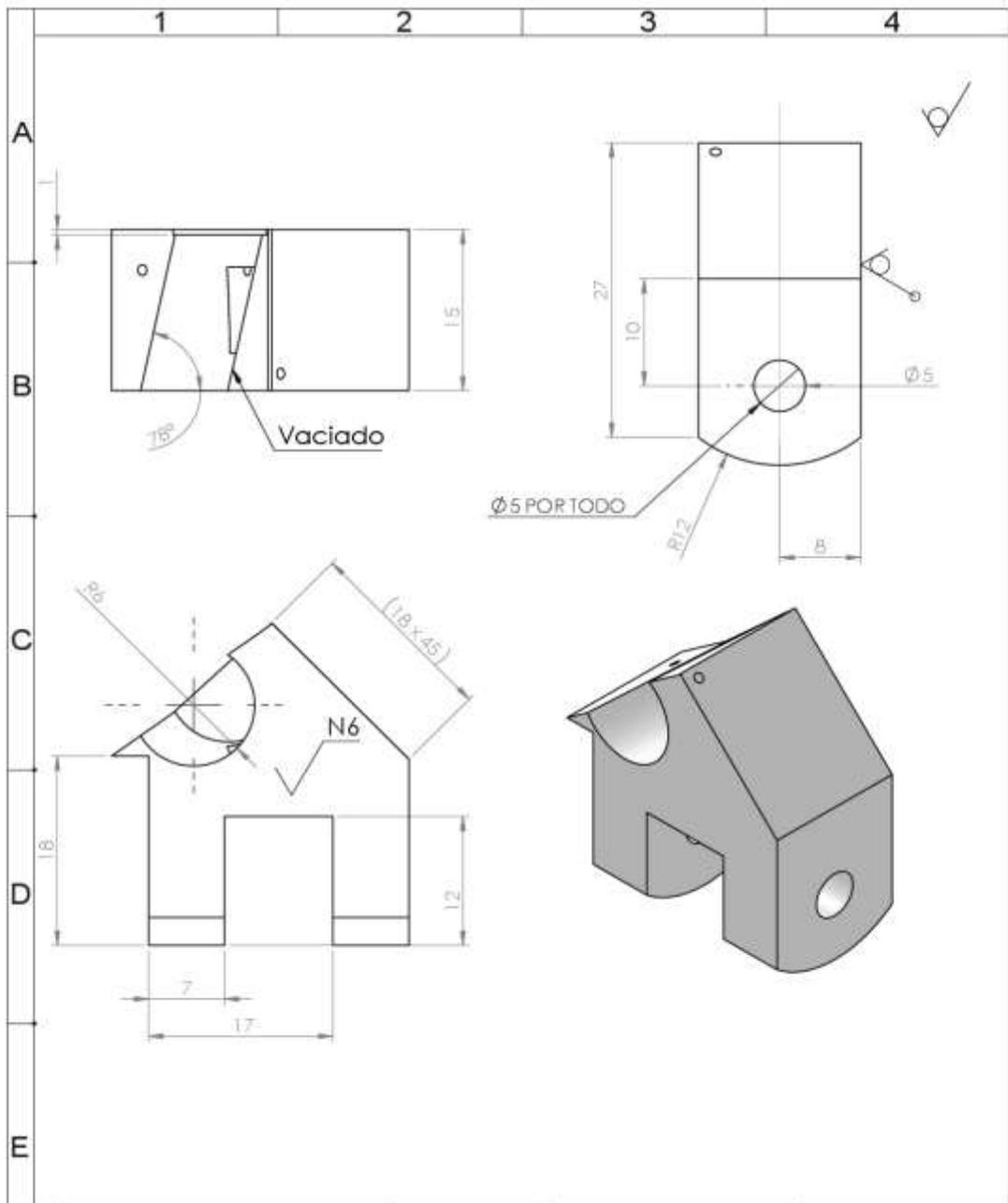
1	D. PULGAR METACARPO 1	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 04/02/2018	Hernandez D. Toapari L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul	Número Lamina N°	Codigo UTC-MR-DP-605 3	Denominación: D. PULGAR METACARPO 1
Material	Tolerancias			
RESINA DE POLIESTER				



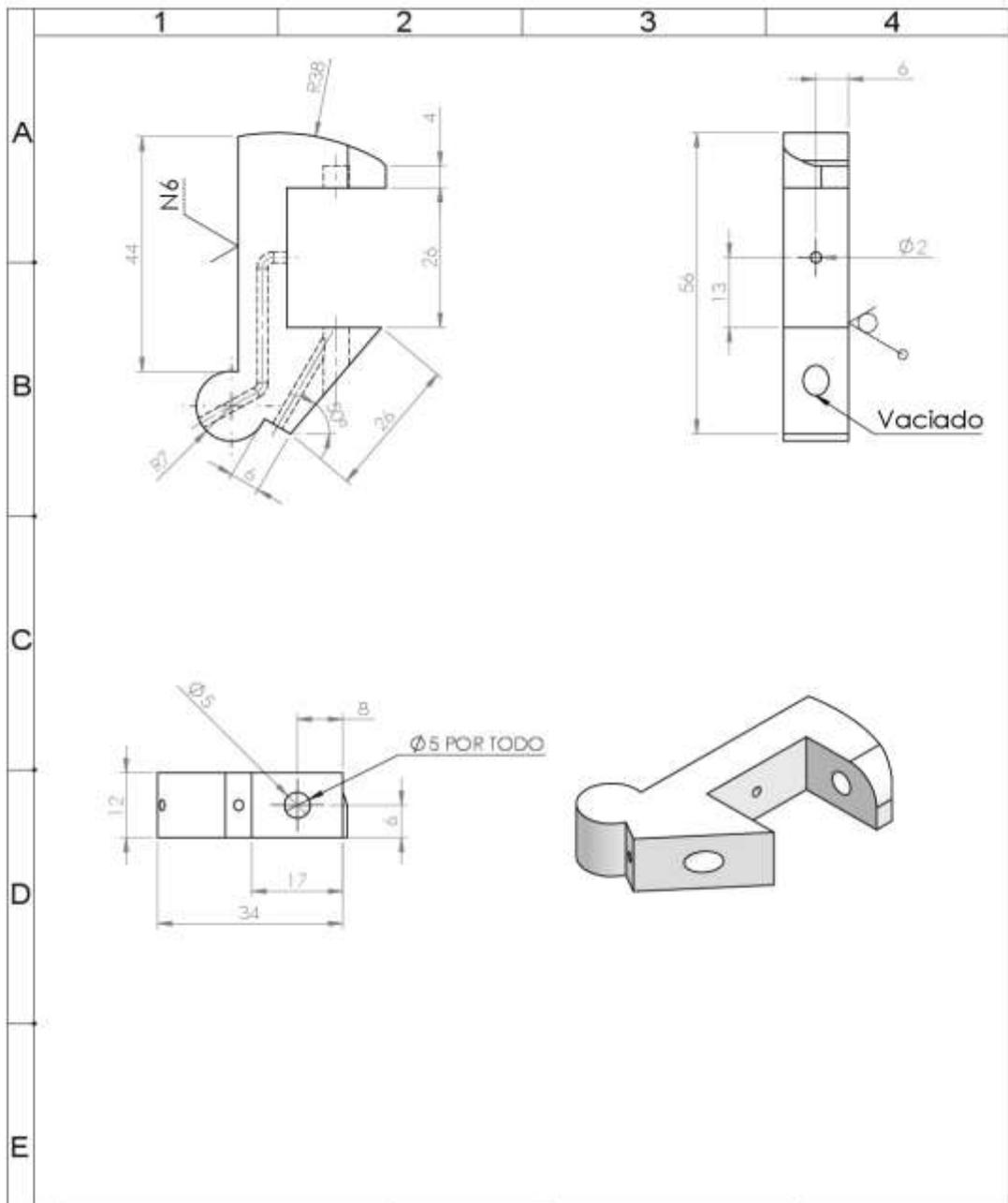
1	D. PULGAR METACARPO 2	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
Fecha	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	2:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-506.3	D. PULGAR METACARPO 2



1	D. PULGAR METACARPO 3	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	
2	Denominación	Material	Proceso de fabricación	Observaciones

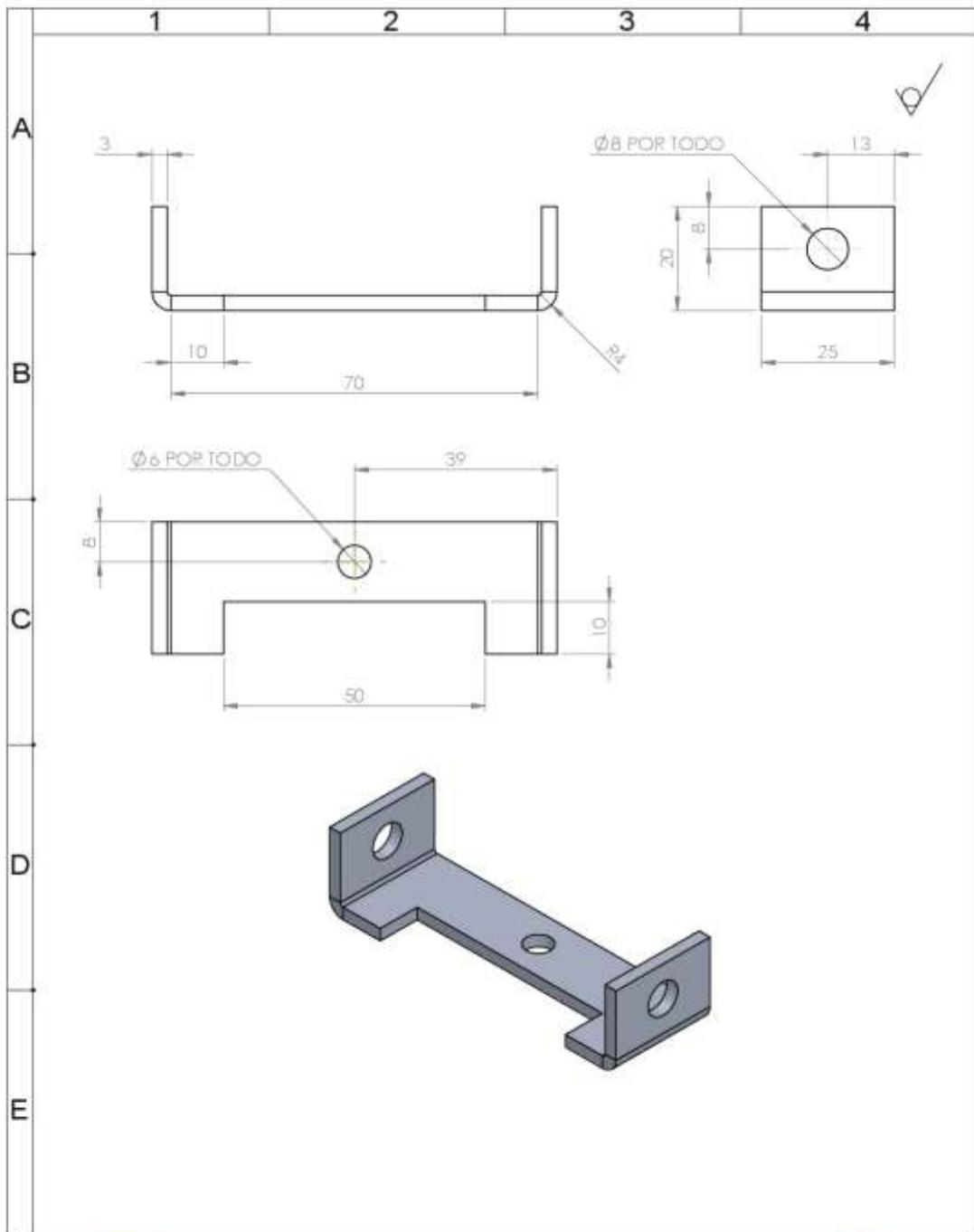


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib. 03/02/2018	Hernandez D. Toapaxi L.	1:1		
Rev.	Ing. Reinoso Raul			
Apró	Ing. Reinoso Raul			
Material	Tolerancias	Número Lámina	Código	Denominación:
RESINA DE POLIESTER		N°	UTC- MR-DA-607 3	D. PULGAR METACARPO 3

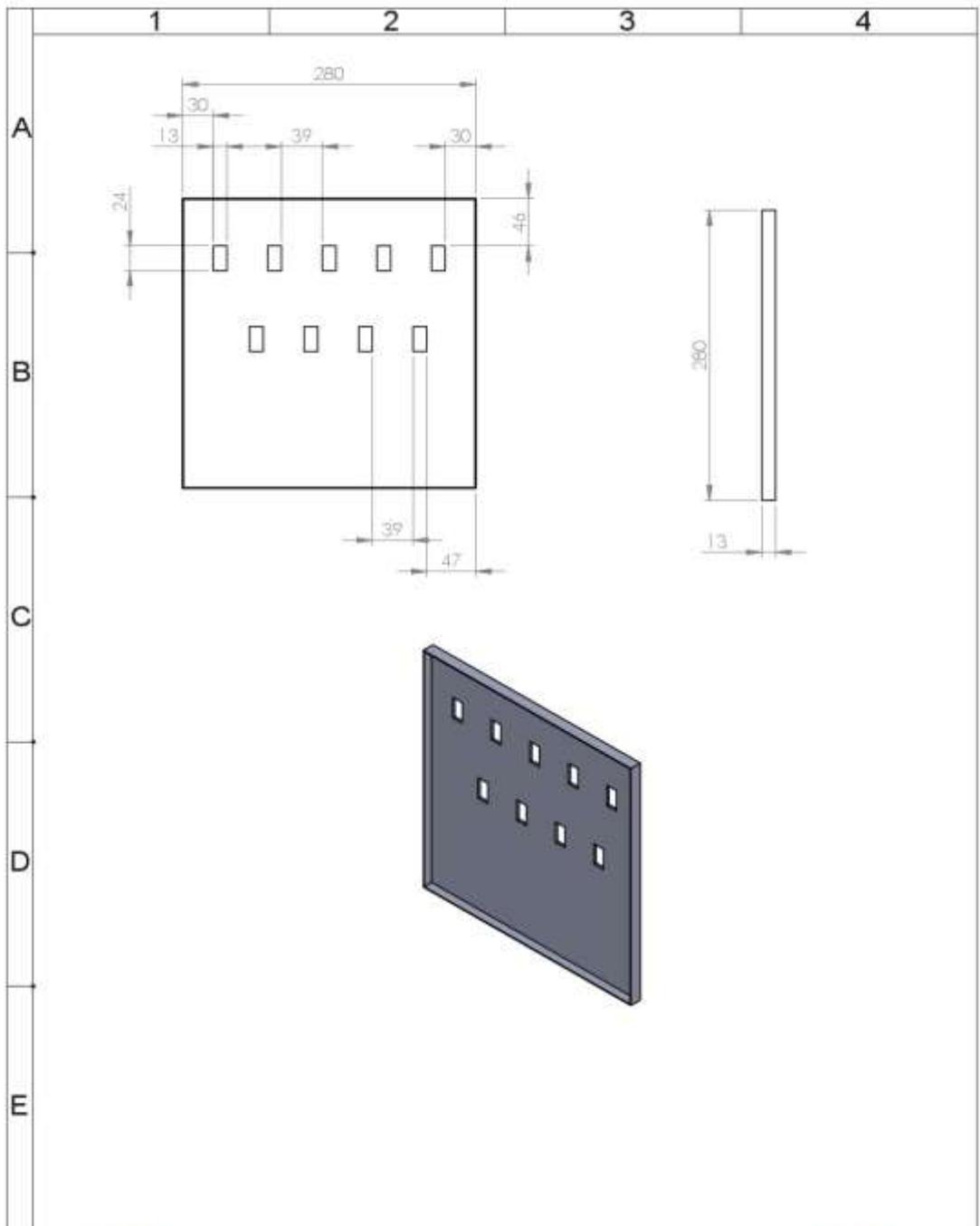
Anexo 14.- Proceso de ensamble de mano, planos de ensamble.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	19/02/2018	Hernández L., Toapaxi L.	1:1		
Rev.		Ing. Reinoso Raul			
Apró		Ing. Reinoso Raul			
Material PLETINA DE ALUMINIO AA6063		Tolerancias ± 0.2	Número Lamina N°	Código UTC-MR-101	Denominación: BASE

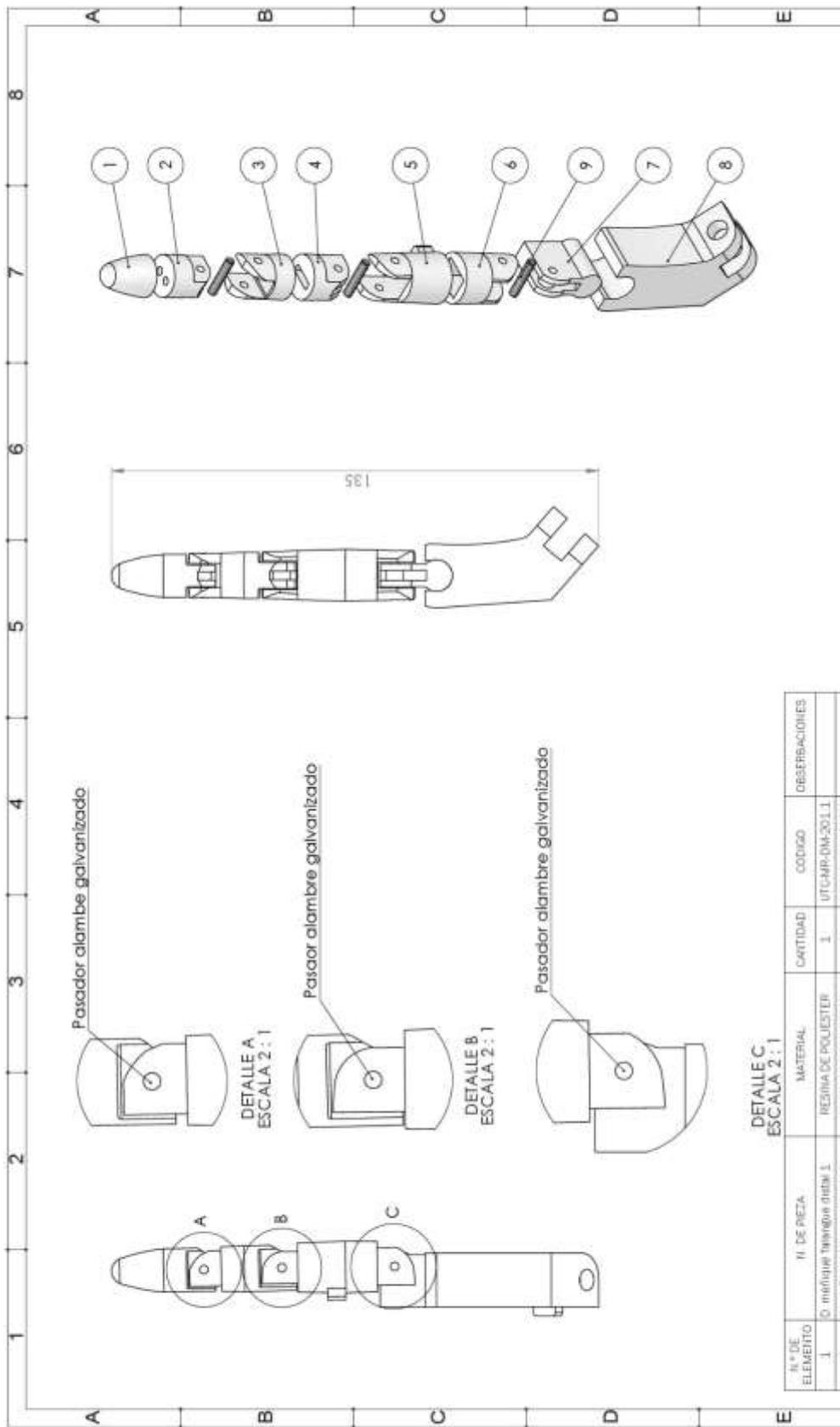


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

	Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
Dib.	05/02/2018	Hernández L, Toapaxi L.	1:5		
Rev		Ing. Reinoso Paul			
Apro		Ing. Reinoso Paul			
Material		Tolerancias	Número Lamina	Código	Denominación:
ACERO GALVANIZADO 2mm		± 0.2	N*	UTC-MR-102	PLACA SERVOMOTORES



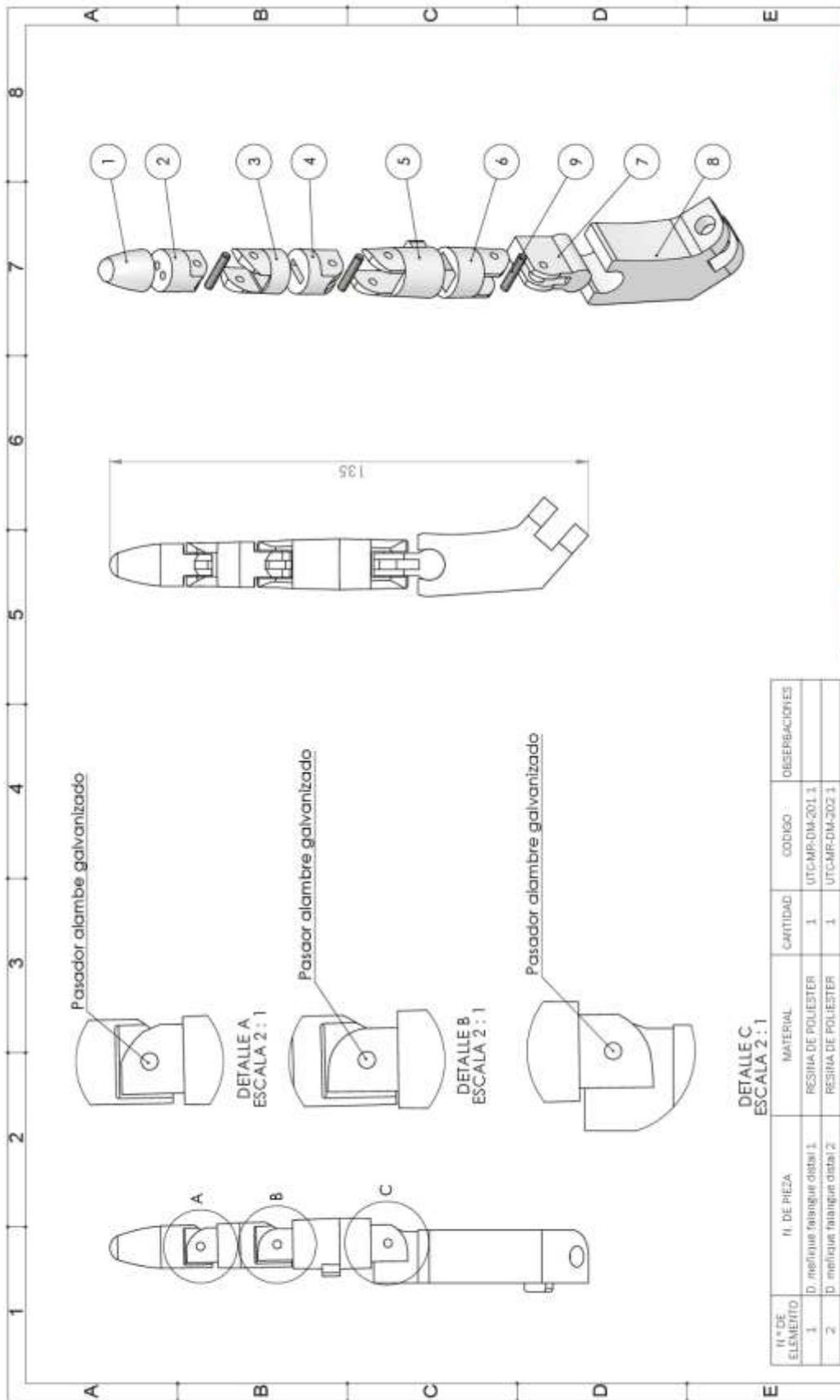
DETALLE C ESCALA 2 : 1

N° DE ELEMENTO	TIPO DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	CODIGO	OBSERVACIONES
1	O. muelle triángulo distal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-201.1	
2	O. muelle triángulo distal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-202.1	
3	O. muelle triángulo medial 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-203.1	
4	O. muelle triángulo medial 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-204.1	
5	O. muelle triángulo proximal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-205.1	
6	O. muelle triángulo proximal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-206.1	
7	O. muelle metacarpo 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-207.1	
8	O. muelle metacarpo 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-208.1	
9	O. muelle pasador	ALAMBRE GALVANIZADO	3		#11

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Fecha:	Nombre:	Escala:	Denominación:
Del: 14/03/2018	Hernando D. Torres L.	1:1	CEZO MÉTRICO
Rev:	Mig. Herrera Ruiz		
Aprob:	Mig. Herrera Ruiz		
Materia:	Tutor:	Código:	Lamina N°
		UTC-MR-DM-202	



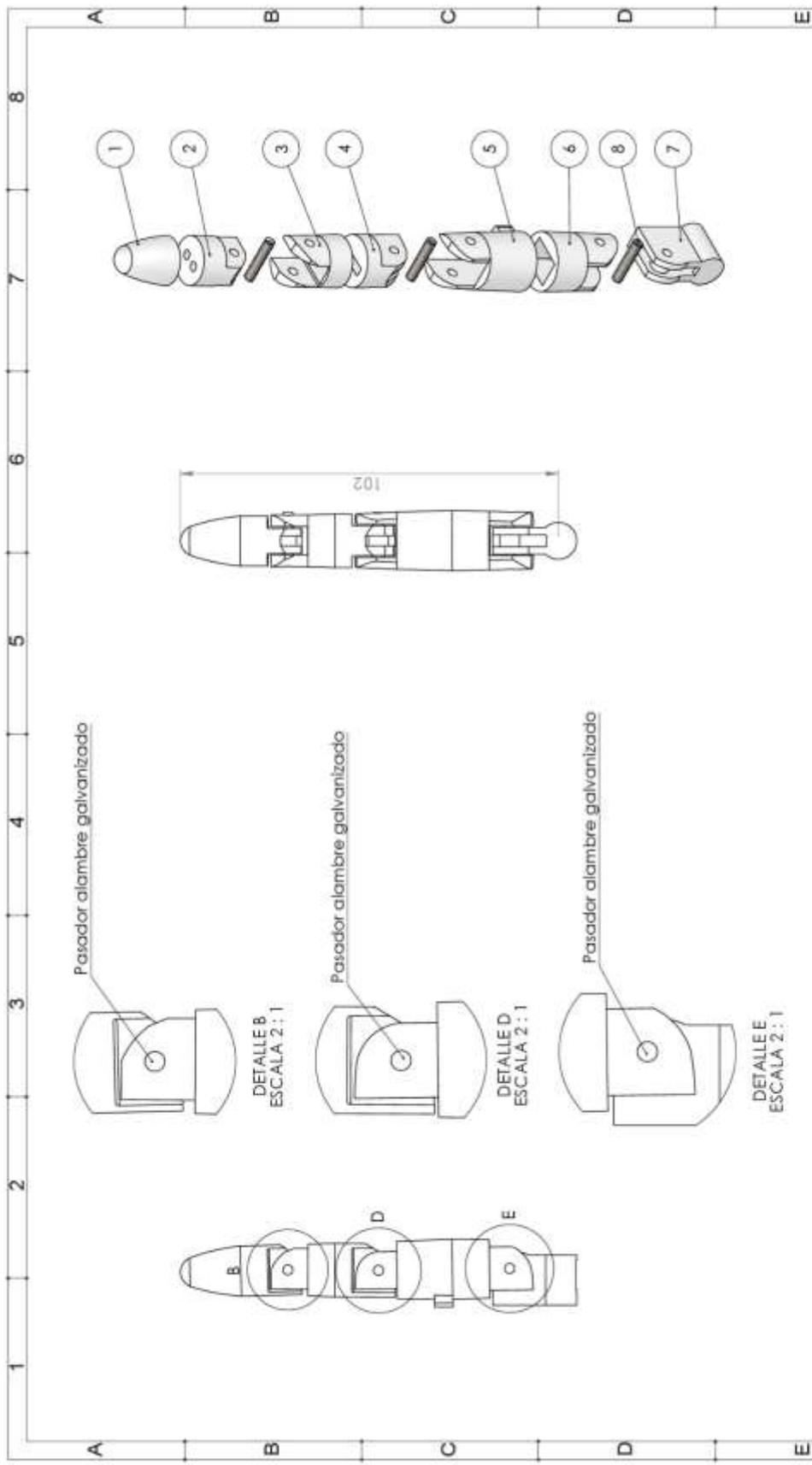
DETALLE C
ESCALA 2 : 1

N° DE ELEMENTO	N. DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	CODIGO	OBSERVACIONES
1	D. meñique falange distal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-201.1	
2	D. meñique falange distal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-202.1	
3	D. meñique falange medial 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-203.1	
4	D. meñique falange medial 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-204.1	
5	D. meñique falange proximal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-205.1	
6	D. meñique falange proximal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-206.1	
7	D. meñique metacarpo 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-207.1	
8	D. meñique metacarpo 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DM-208.1	
9	D. meñique pasador	ALAMBRE GALVANIZADO	3		# 1.1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Fecha:	Nombre:	Escala:	
Dib: 14-02-2018	Inventado: D. Tripani L.	1:1	
Rev:	Ing. Freddy Ruiz		
Apro:	Ing. Freddy Ruiz		
Materia:		Número Lámina:	Denominación:
		11*	DEDO MEÑIQUE
		Código:	UTC-MR-DM-202



N° DE ELEMENTO	N° DE PEZA	MATERIAL	CANTIDAD	CODIGO	OBSERVACIONES
1	D: indice flange distal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-001	
2	D: indice flange distal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-002.1	
3	D: indice flange medial 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-003.1	
4	D: indice flange medial 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-004.1	
5	D: indice flange proximal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-005.1	
6	D: indice flange proximal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-006.1	
7	D: indice metacarpo 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-DI-007.1	
8	D: indice pasador	ALAMBRE GALVANIZADO	3		#11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

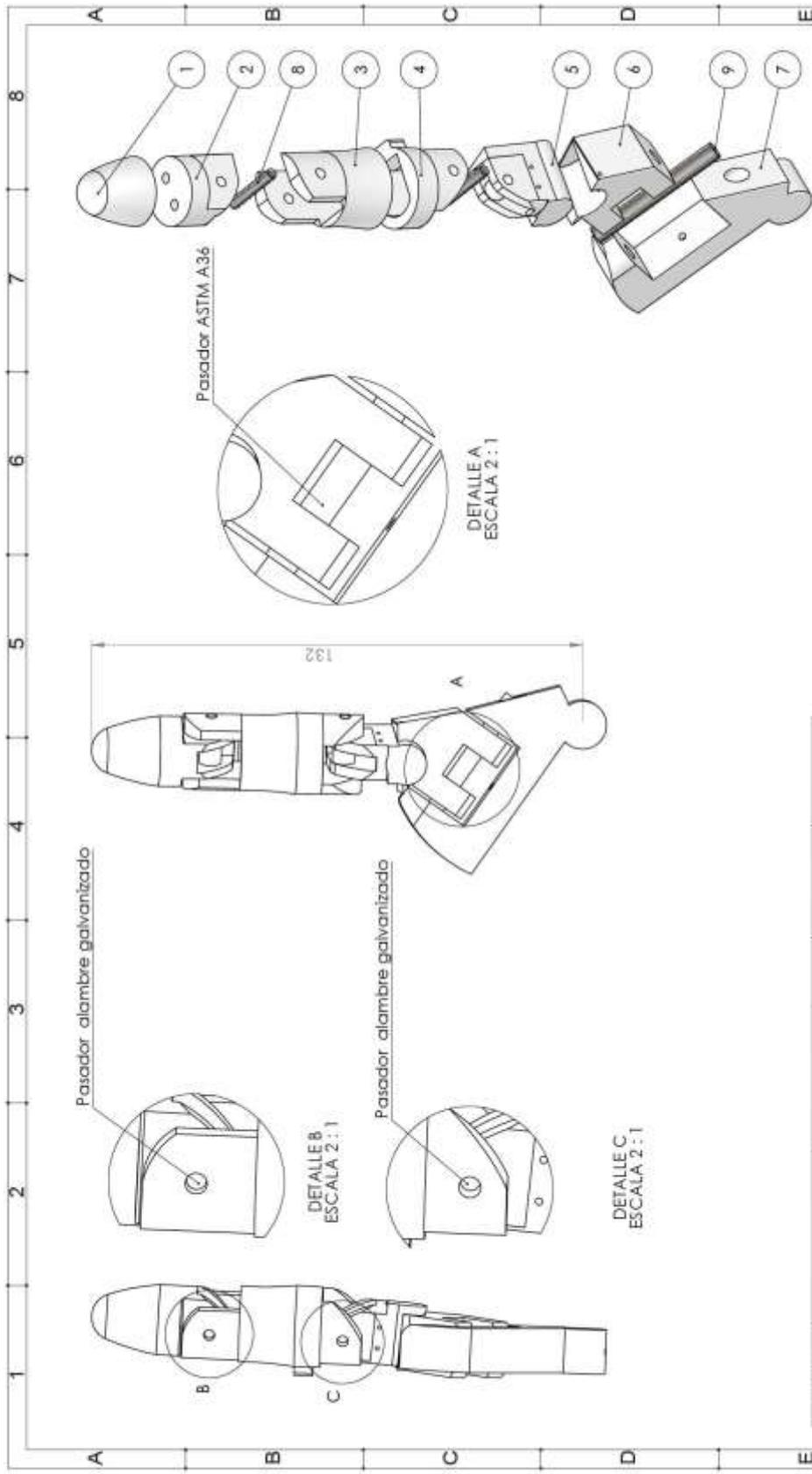
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

Fecha: 14/02/2018
 Dib. Ing. Francisco Paul
 Apro. Ing. Francisco Paul

Material: Tolerancias:
 Denominación: DECO INDICE

Código: UTC-MR-DI-005

Número Lámina: 11*



N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	CODIGO	OBSERVACIONES
1	D. pulgar tabanque tiran 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-601 1	
2	D. pulgar tabanque distal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-602 1	
3	D. pulgar tabanque proximal 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-603 1	
4	D. pulgar tabanque proximal 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-604 1	
5	D. pulgar metacarpio 1	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-605 1	
6	D. pulgar metacarpio 2	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-606 1	
7	D. pulgar metacarpio 3	RESINA DE POLIESTER	1	UTC-MR-CP-607 1	
8	D. pulgar pasador	ALAMBRE GALVANIZADO	2		#11
9	D. pulgar pasador 2	ACERO ASTM A36	1		3/16"



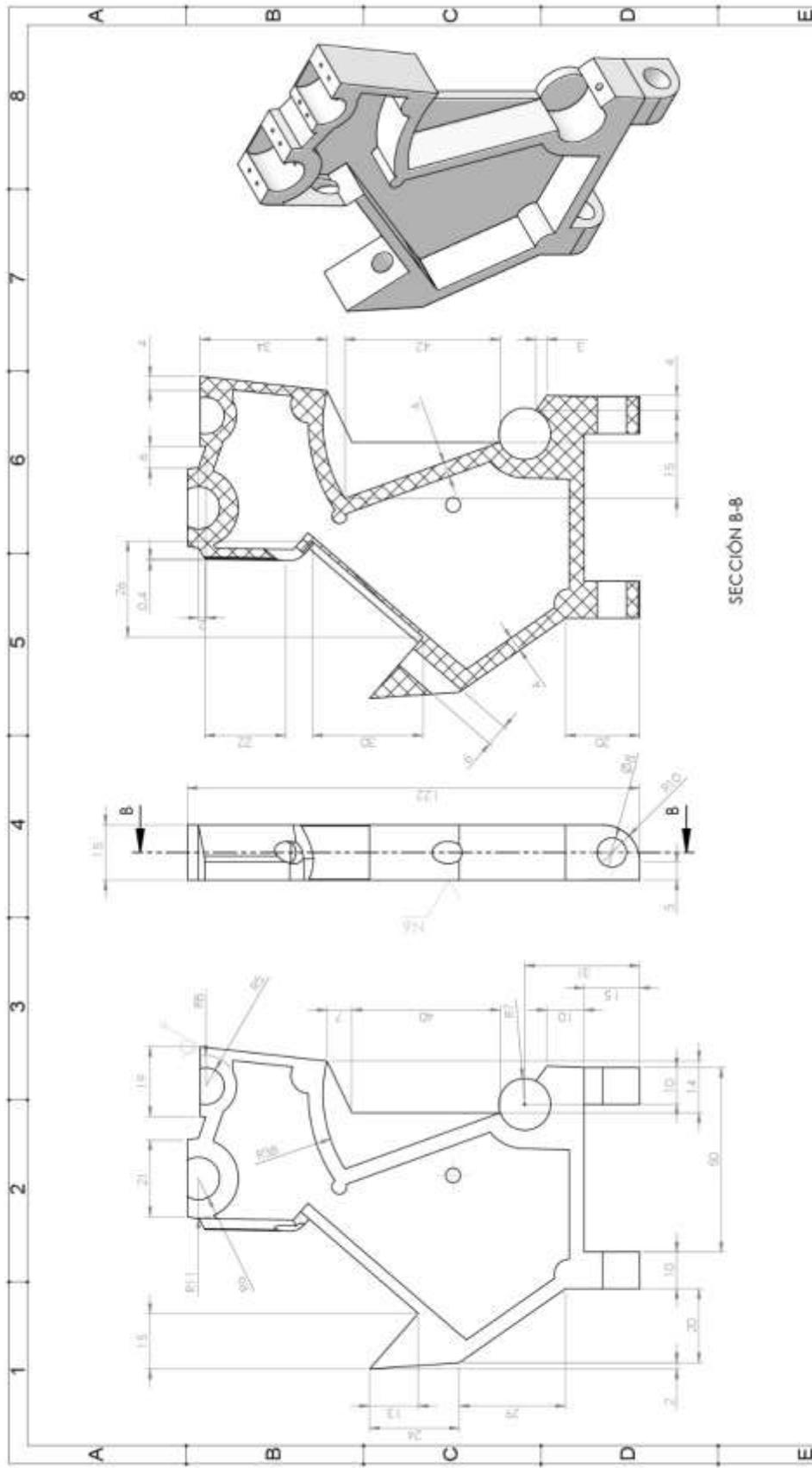
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTAPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Fecha: 14/03/2024
 Dibu: JAVIER L. TORRES L.
 Rev: Ing. Ricardo Ruiz
 Apro: Ing. Ricardo Ruiz

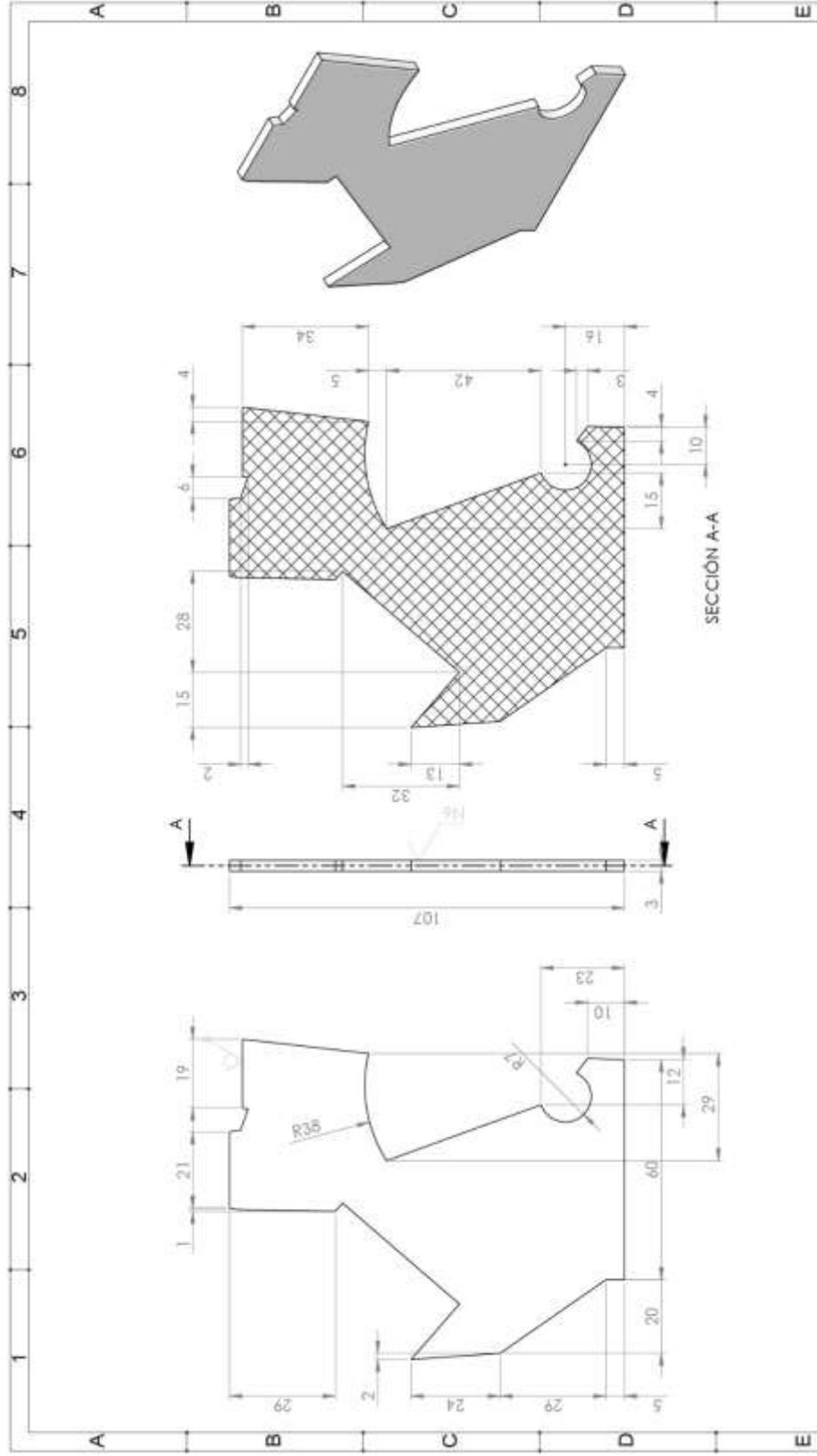
Material: ALAMBRE GALVANIZADO
 ACERO ASTM A36

Escala: 1:2	Denominación: DEDO PULGAR
Material: Laminas	Código: UTC-MR-OM-005
Formato: 11"	

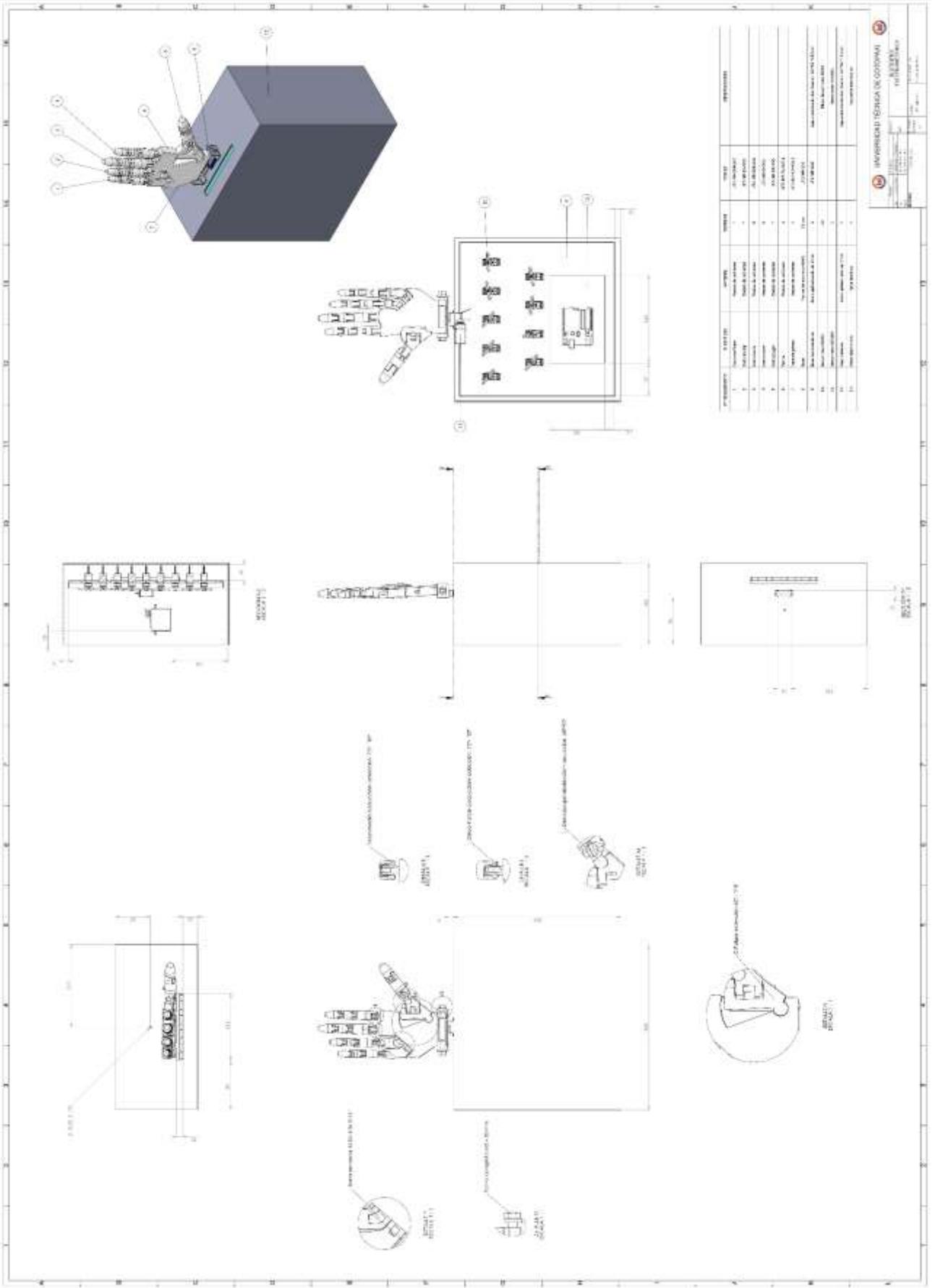


SECCIÓN B-B

1	PAJAMA	RESINA DE POLIESTER	MOLDEO	PROCESO DE FABRICACION	INDUSTRIAL
2	Docencia	Materia			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		INGENIERIA ELECTROMECANICA		Denominación: PAJAMA	
Fecha: Dib. 05/02/2018 Rev. 01 Acad.		Nombre: Alexander L. Torres L. Ing. Roberto Páez Ing. Roberto Páez		Escala: 1:1	
Material: RESINA DE POLIESTER		Temperatura: 2		Número Lámina: UTC-MR-PL-007.1 M	



TAPA SUPERIOR		REDACTAR INGENIERIA		MOLDEO	
Diseño		Material		Proceso de Manufactura	
Distribución		Distribución			
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
Fecha:	Nombre:	Escala:	Código:	Denominación:	
02/11/2023	Marcelo L. Tapia	1:1	UTC-UR-TS-005-1	TAPA SUPERIOR	
Rev:	Auto:	Tolerancias:	Número:	Laminación:	
	ing. Ricardo Plas		11*		
Material:		MEDIO DE POLICARB.			
		1/2			



ASIGNACION DE TAREAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE TITULACION

En calidad de tutores del presente proyecto de investigación, Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA e Ing. Verónica Consuelo Tapia Cerda MSc.

Se da fe, que el desarrollo del proyecto fue realizado en etapas entre las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales, de los cuales se distribuyeron de la siguiente forma:

Luis David Hernández Ochoa con CI: 060411089-0, y **Luis Antonio Toapaxi Toapaxi** con CI: 160073506-0, de la carrera de **Ingeniería Electromecánica**, desarrollaron la parte del diseño y construcción de la Mano Robótica.

Luis Humberto Pavón Chaquinga con CI: 050344474-7, de la carrera de **Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales**, el desarrollo de la aplicación móvil para el control de la Mano Robótica.

Tutor de la carrera de Ingeniería Electromecánica

A handwritten signature in blue ink, reading "Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera", written over a horizontal dotted line.

Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MBA

CI: 050215089-9

Tutor de la carrera de Ingeniería en Informática y Sistemas Computacionales

A handwritten signature in blue ink, reading "Verónica Consuelo Tapia Cerda", written over a horizontal dotted line.

Ing. Verónica Consuelo Tapia Cerda MSc.

CI: 050205369-7



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CONTROL DE BIENES

ACTA DE DONACIÓN

En la ciudad de Latacunga, a los siete días del mes de mayo del año dos mil dieciocho, en la Unidad de Control de Bienes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se constituyen por una parte el Ing. Vinicio Albán Taípe, *Director Administrativo*, Ing. Sandra Gallardo Jefa de la *Unidad de Control de Bienes*; con el objeto de realizar la entrega-recepción de los bienes que los Sres. Luis David Hernández Ochoa, Luis Antonio Toapaxi, Toapaxi, y Luis Humberto Pavón Chaquina; *Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería en Sistemas*, transfieren gratuitamente a la referida institución conforme a la Resolución N°8 adoptada en sesión ordinaria del 19 de abril del 2018, se procede a la entrega recepción de los siguientes bienes.

Para el efecto y con la intervención de las personas antes mencionadas, se procede a la Entrega - Recepción de lo siguiente que a continuación se detalla.....

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN ACTIVOS FIJOS	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	MANO ROBÓTICA QUE INTERPRETA EL LENGUAJE DACTILOLÓGICO Incluye: modulo Bluetooth, arduino 22022, 10 servomotores sg, 1 servomotor mg, baquelita fenolica 11*15, 1 arduino, cables de conexión, fuente de voltaje 3 amperios	225.00	225.00
TOTAL			225.00

Por la demostración que antecede a la suma de **DOSCIENTOS VEINTE Y CINCO DÓLARES CON 00/100 CENTAVOS (\$225,00)**, asciende el valor de los bienes entregados a la Ing. Sandra Gallardo Jefa de la *Unidad de Control de Bienes*; quien recibe conforme y queda bajo su responsabilidad y custodia.

Para constancia de lo actuado en fe de conformidad, suscriben el presente documento en tres ejemplares del mismo tenor y efecto, quienes interviene en la presente diligencia

ENTREGA CONFORME


Sr. Luis David Hernández Ochoa
CC. 0602411089-0.....

ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



Sr. Luis Humberto Pavón Chaquina
CC. 05034472-7.....

ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

RECIBE CONFORME


Ing. Sandra Gallardo
JEFE DE LA UNIDAD DE CONTROL DE BIENES



CONTROL DE BIENES 001

MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO MANO ROBÓTICA



¹ ADVERTENCIA: Antes de utilizar la mano robótica lea detenidamente las instrucciones indicadas en el siguiente manual

ÍNDICE

1.	CONSIDERACIONES PREVIAS	178
1.1.	Importancia del manual	178
1.2.	Conservación del manual	178
1.3.	Simbología utilizada	178
2.	INFORMACIONES GENERALES	180
2.1.	Características de mano robótica	180
2.2.	Advertencias generales de seguridad.	181
3.	TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO	182
4.	INSTALACIÓN	183
5.	APLICACIÓN MÓVIL DE CONTROL	184
5.1.	MENU PRINCIPAL DE APLICACIÓN MOVIL TradSeñas	187
6.	USO DE MANO ROBÓTICA	187
6.1.	Procedimiento de uso	188
7.	MANTENIMIENTO	189
7.1.	Recomendaciones de uso	189
8.	PLANOS Y ESQUEMAS	190
8.1.	Partes de la mano robótica.	190
8.2.	Circuito eléctrico de los servomotores.....	191

INFORMACIONES IMPORTANTES:

Lea detenidamente todas las instrucciones de funcionamiento, los consejos concernientes a la seguridad y las advertencias del manual de instrucciones. La mayoría de los accidentes se deben a que no se respetan las reglas elementales de seguridad. Los accidentes de trabajo se pueden evitar identificando con tiempo las situaciones potenciales de peligro y respetando las reglas de seguridad apropiadas. Las reglas fundamentales para la seguridad están indicadas en el apartado “SEGURIDAD” de este manual así como en el apartado relativo a la utilización y al mantenimiento de la mano robótica. Las situaciones peligrosas que hay que evitar para prevenir todos los riesgos de lesiones graves o daños a la máquina están indicadas en el apartado “ADVERTENCIAS” en el manual de instrucciones. No utilice nunca la mano de manera inapropiada sino sólo como aconseja el fabricante.

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Importancia del manual

El presente MANUAL DE INSTRUCCIONES constituye la guía para la INSTALACIÓN, USO, y MANTENIMIENTO la mano robótica. Le aconsejamos que siga escrupulosamente todos los consejos que contiene el manual pues tanto el buen funcionamiento como la duración del compresor dependen del uso correcto y de la aplicación metódica de las instrucciones de mantenimiento contenidas en el manual.

El fabricante declina todo tipo de responsabilidad en caso de un uso incorrecto o de un mantenimiento inadecuado de la mano robótica.

El MANUAL DE INSTRUCCIONES forma parte integrante de la mano robótica. Guarde el presente manual durante toda la duración de la mano robótica.

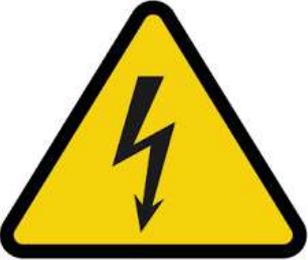
Conservación del manual

Utilice el manual de manera tal que no dañe su contenido. No elimine, arranque o escriba por ningún motivo partes del manual.

Conserve el manual en un ambiente protegido de la humedad y del calor

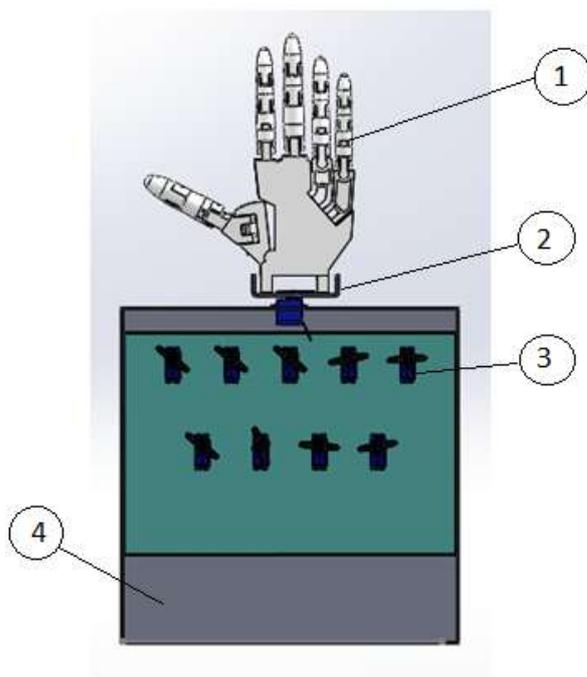
Simbología utilizada

Los SÍMBOLOS que se explican a continuación se utilizan en toda la presente publicación para llamar la atención del operador sobre cómo comportarse ante cualquier situación de trabajo.

Símbolo	Indicación	Detalle
	<p>Lea el manual de instrucciones.</p>	<p>Antes de colocar, poner en marcha o trabajar sobre la mano robótica, lea detenidamente el manual de uso y mantenimiento.</p>
	<p>Advertencias!</p>	<p>Indica una situación potencialmente peligrosa que, si se ignora, puede provocar daños a las personas y a la mano robótica.</p>
<p>Nota!</p>		<p>Destaca una información esencial.</p>
	<p>Peligro de sacudida eléctrica</p>	<p>Atención, antes de efectuar una operación en la mano robótica es obligatorio desactivar la alimentación eléctrica de la máquina.</p>

	Frágil	Destaca una información de precaución, ya que se pueden presentar ruptura de piezas de la mano robótica.
---	--------	--

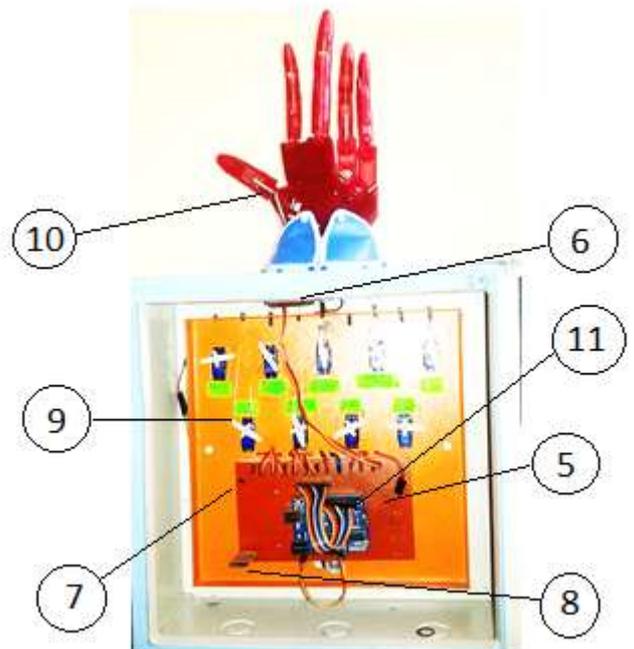
2. INFORMACIONES GENERALES



La mano robótica está diseñada para la comunicación dactilológica, misma que está constituida por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos de la siguiente manera:

N°	Nombre
1	Mano plástico (Resina poliéster)
2	Mecanismo muñeca
3	Actuadores

2.1. Características de mano robótica



N°	Ítem	Indicador	Observaciones
1	Nivel de voltaje de alimentación	110V [AC]	
2	Nivel de voltaje ARDUINO ²	5-25V [DC]	
3	Nivel de voltaje servomotores ²	5V [DC]	Salida ARDUINO
4	Corriente	2.3 [A]	
5	Señal de salida a servomotores ²	PWM	
6	Dimensiones	30x30x15	Caja metálica
7	Material de fabricación	Plástico	Resina de poliéster
8	Control (aplicación móvil)	TradSeñas	Tienda Android

2.2.Advertencias generales de seguridad.

Nota!

Las operaciones que encontrarán en este manual han sido escritas para ayudar al operador durante la utilización y las operaciones de mantenimiento de la mano robótica.



INSTRUCCIONES IMPORTANTES PARA UTILIZAR LA MANO ROBÓTICA

1. PROTEGERSE CONTRA LOS CHOQUES ELÉCTRICOS

Prevenir los contactos accidentales del cuerpo con partes eléctricas de la mano robótica. Mantenga la caja metálica con su respectiva seguridad mientras se encuentre utilizando.

² NOTA: características generales de servomotores SG90, microcontrolador ARDUINO UNO. Las características de los dispositivos mencionados se puede encontrar directamente en la información de fabricante.

2. RIESGOS DE GOLPES POR CAÍDAS

Evitar tener contacto directo con la mano robótica en el momento de su utilización, coloque siempre el material didáctico en una superficie plana para evitar caídas y pueda ocasionar lesiones por golpe.

3. MANTENER FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS

Evitar que los niños entren en contacto con el cable de alimentación de la mano robótica.

4. UTILIZAR LA MANO ROBÓTICA CORRECTAMENTE

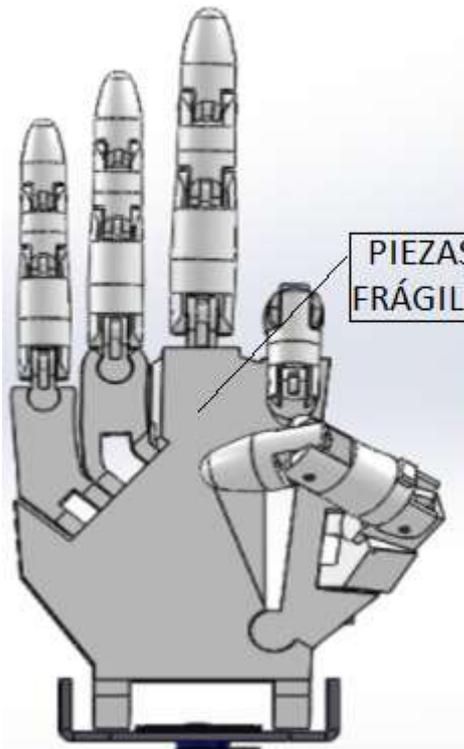
Poner en funcionamiento la mano robótica conforme a las instrucciones de este manual. No dejar que utilicen los niños que no tienen familiaridad con su funcionamiento es importante que lo realice con la supervisión de una persona adulta.

3. TRANSPORTE, MANEJO Y ALMACENAMIENTO

En el transporte y manejo de la mano robótica es importante la precaución ya que la misma cuenta con piezas frágiles que se podrían romper en el caso de tener movimientos bruscos. Es recomendable el traslado de la mano robótica mediante embalaje en cartón. De igual manera evítase el apilamiento de objetos sobre el material didáctico.

El almacenamiento de la mano robótica solo debe hacer en un lugar con una superficie plana previamente embalada. Y se recomienda colocar en un lugar seguro con la finalidad de evitar daños o rupturas de las piezas mecánicas.

Considerando el sistema electrónico de la mano robótica es importante la no conservación o almacenamiento en lugares que cuenten con bajo niveles de humedad ya que la misma afecta al sistema electrónico.



 
Es importante para su conservación el manejo adecuado de la mano robótica ya que esta puede llegar a romperse.

4. INSTALACIÓN

Para la instalación de la mano robótica mantenga las indicaciones de seguridad de este manual, debido a que puede sufrir algún tipo de descarga eléctrica. Para la instalación del equipo una vez desempacada su contenido conecte el enchufe a una fuente de voltaje de 110 [V]. El procedimiento de instalación continúa en el literal 5 del presente manual.



5. APLICACIÓN MÓVIL DE CONTROL

La mano robótica está controlada mediante la aplicación TradSeñas disponible en la Tienda ANDROID. En este punto se detalla el procedimiento para la descarga e instalación del programa de control.

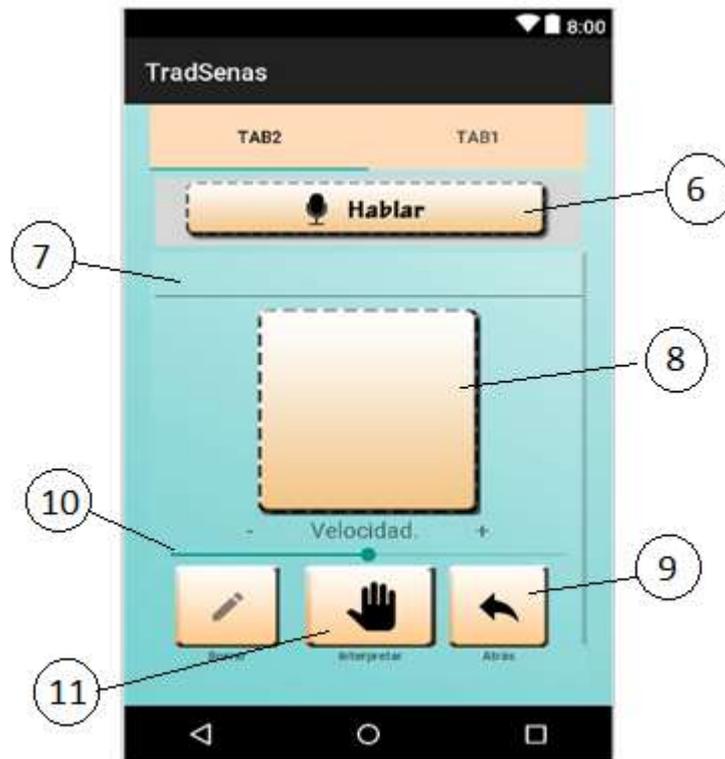
Una vez descargada e instalada la aplicación TradSeñas³ aparece la pantalla de inicio de la aplicación donde te permite visualizar el estado de conexión del móvil con la mano robótica.

Nota! : Aplicación disponible en la tienda ANDROID, para equipos con sistema operativo ANDROID.

³ La aplicación TradSeñas es compatible únicamente en teléfonos ANDROID. Evítese la instalación en otro tipo de plataformas.

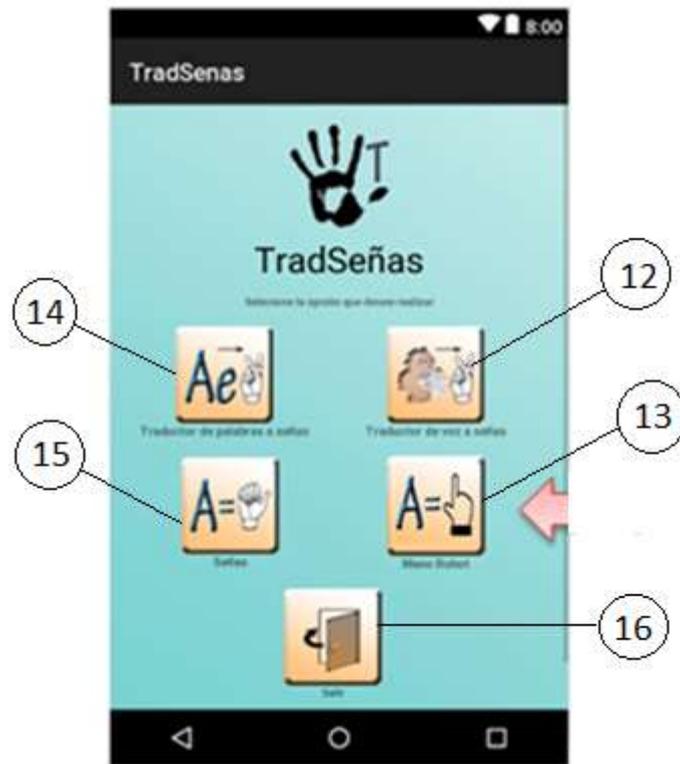


- 1- **Icono de estado de bluetooth:** El icono te permite visualizar el estado (activo o desactivo) de bluetooth en el teléfono celular.
- 2- **Configurar:** Permite realizar configuraciones.
- 3- **Ayuda:** Accede al soporte de ayuda hacia el usuario.
- 4- **Estado de conexión:** Asiente en la visualización de conexión entre el dispositivo ANDROID y el modulo bluetooth de la mano robótica.
- 5- **Modulo bluetooth:** Visualización de dispositivos bluetooth disponibles en el lugar, permite la identificación del módulo de la mano robótica.



- 6- **Ingreso de voz:** Permite el ingreso de voz por medio de reconocimiento de patrón hacia la pantalla de ingreso de texto.
- 7- **Ingreso de texto:** Espacio establecido para el ingreso y visualización de texto ingresado por el usuario de la aplicación.
- 8- **Ilustración de seña:** Espacio establecido para la visualización de la seña al momento de ejecutarse la aplicación.
- 9- **Atrás:** Este icono permite al usuario regresar al punto anterior de la aplicación cuando este así lo requiera.
- 10- **Control de velocidad:** Permite la variación de la velocidad de ejecución de los actuadores (servomotores) de la mano robótica, de acuerdo al nivel de avance en el aprendizaje de la seña.
- 11- **Interpretar:** Este icono envía a ejecutar el texto ingresado, logrando la comunicación entre aplicación móvil y la parte mecánica de la mano robótica.

5.1. MENU PRINCIPAL DE APLICACIÓN MOVIL TradSeñas

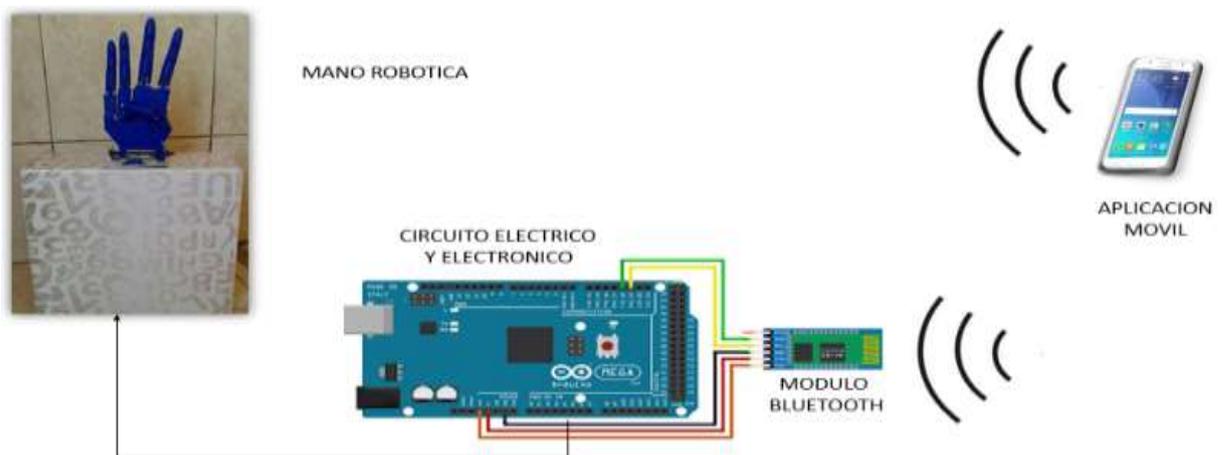


- 12- **Ingresar texto por voz:** Permite el ingreso de texto por medio de reconocimiento de voz hacia la pantalla principal. Este icono permite únicamente voz.
- 13- **Conexión con mano robótica:** permite ingresar para la configuración, ayuda y conexión de la aplicación modulo y el modulo bluetooth.
- 14- **Ingreso de texto por escritura:** Permite el ingreso de texto por medio de escritura hacia la pantalla principal. Este icono permite únicamente ingreso de texto por escritura.
- 15- **Diccionario de palabras:** la aplicación cuenta con un diccionario para el aprendizaje del lenguaje de señas, pueden encontrar letras, meses, días de la semana, números entre otros.
- 16- **Salir:** Permite abordar de la aplicación móvil.

6. USO DE MANO ROBÓTICA

La mano robótica está diseñada y construida para que permita la representación gráfica del abecedario (A-Z) y los números dígitos (0-9), mediante la comunicación dactilológica. El sistema consta de un aplicación móvil (TradSeñas), esta permite el ingreso de texto por medio de voz o escritura enviar la señal hacia el modulo bluetooth instalada en la tarjeta electrónico de la mano por ende recibe la información y es analizada por medio del microcontrolador ARDUINO, quien

envía la señal a los actuadores. La parte mecánica se encuentra conectadas por medio de hilos de nylon que hacen la función de tensores conectados directamente con los actuadores permitiendo de esta forma el movimiento y posicionamiento de las articulaciones del mecanismo.



6.1. Procedimiento de uso

- a) Desembalaje de la mano robótica y ubicación de la misma en una superficie plana para evitar caídas.
- b) Conexión eléctrica de la mano robótica a una fuente de alimentación de **110 [V]**
- c) Descarga e instalación de **APLICACIÓN MÓVIL TRADSEÑAS**.
- d) Abrir la aplicación móvil en su dispositivo.
- e) Ingresas la pantalla de **MENU PRINCIPAL** y seleccione el modo de ingreso de texto.
- f) Ingrese el texto sea este palabra, letra y presione en el icono **INTERPRETAR**.
- g) La mano robótica procederá a realizar la ilustración física del texto ingresado anteriormente.

7. MANTENIMIENTO

Los procedimientos de mantenimiento estarán realizados directamente por el fabricante, les concierne en la parte de la programación en el microprocesador y daños en la parte eléctrica y mecánica de la mano robótica.

Mantenimiento:

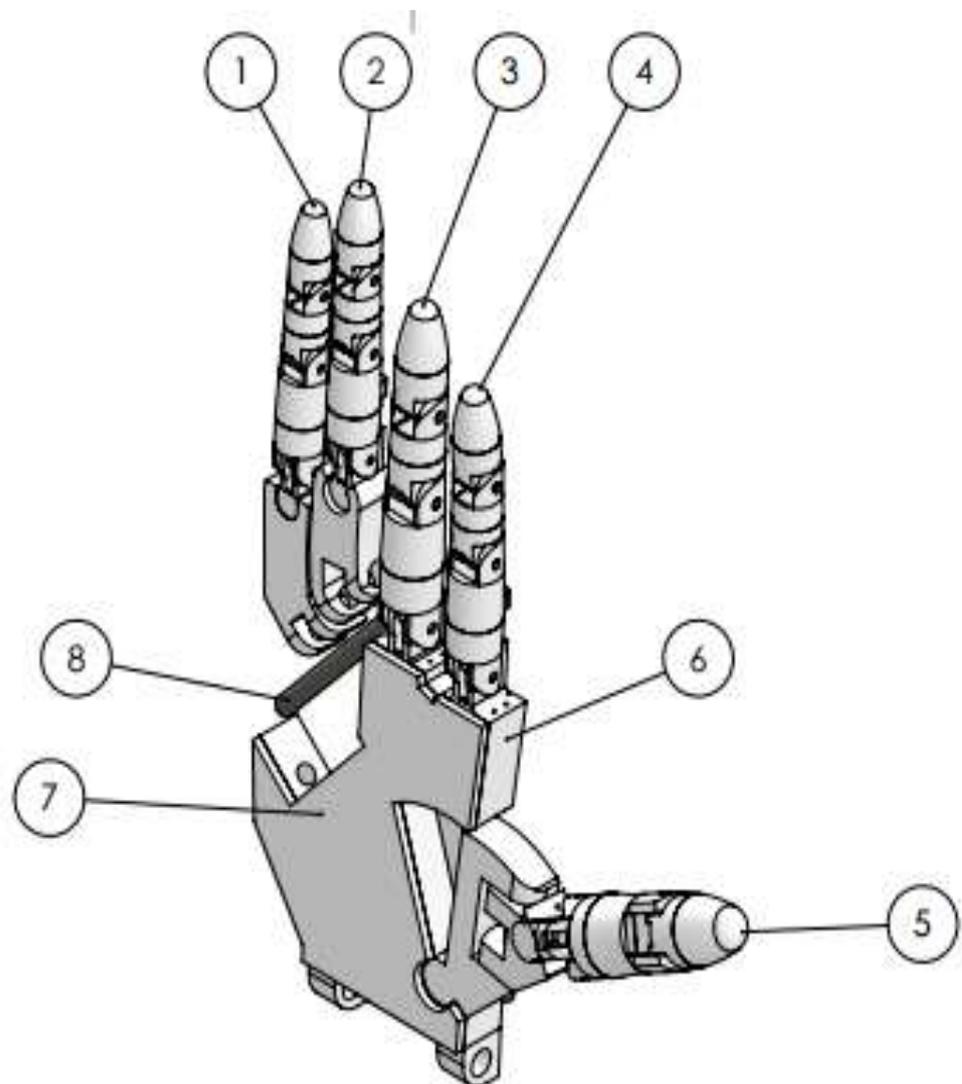
- a) Reprogramación y calibración de ángulos debido a desgaste de los sensores.
- b) Cambio de sensores de nylon de los mecanismos.
- c) Revisión del mecanismo de resortes de la mano robótica.
- d) Verificación de estado de tarjeta electrónica de control e los actuadores.
- e) Reemplazo o reparación de servomotores según sea el caso.
- f) Comprobación de circuito eléctrico para alimentación de la mano robótica.
- g) Revisión de rupturas de piezas mecánicas (plásticas) de la mano robótica.

7.1. Recomendaciones de uso

- a) Evite que la mano robótica tenga golpes o caídas y se presente rupturas de piezas mecánicas.
- b) Evite que la mano robótica este expuesta derrames de algún tipo de líquido dentro del mismo.
- c) Evite la ruptura de los sensores de nylon por condiciones externas.
- d) Coloque la mano robótica en una superficie plana.
- e) Mantenga siempre la caja cerrada y con su respectivo seguro, para proteger el circuito eléctrico y electrónico así como mecanismos internos de la mano robótica.
- f) No manipule el sistema de resorte, evítese el contacto de los niños sin supervisión de una persona adulta.
- g) Evítese la manipulación del módulo ARDUINO en la parte de la programación, únicamente si es necesario el personal encargado realizara la reprogramación.

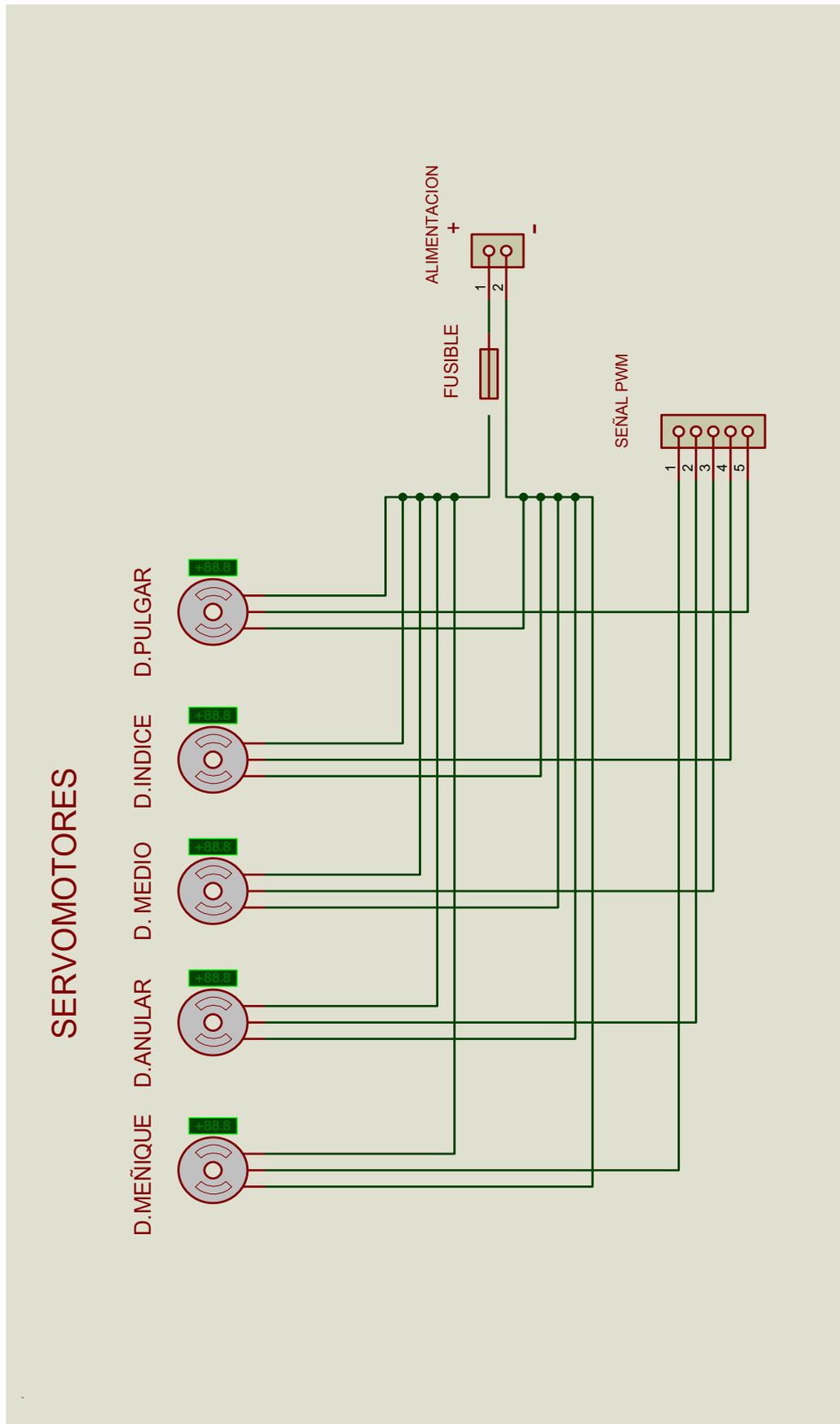
8. PLANOS Y ESQUEMAS

8.1. Partes de la mano robótica.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Dedo meñique	1
2	Dedo anular	1
3	Dedo medio	1
4	Dedo índice	1
5	Dedo pulgar	1
6	Palma	1
7	Tapa de palma	1
8	Mano pasador	1

8.2. Circuito eléctrico de los servomotores



SERVOMOTORES

