

## **“Diseño y fabricación de una prótesis de un dedo índice de la mano izquierda”**

Propuesta de Investigación

por:

Denisse García, Joselyn Zacarías, Karime Cantú, Roxana Berlanga, Hazael Uriegas, Miguel Morales

Supervisado por:

Ing. Isaac Estrada García

## Contenido

<b>Resumen .....</b>	<b>2</b>
<b>1. - Introducción (Motivación y Justificación) .....</b>	<b>4</b>
<b>2. – Antecedentes y Estado del Arte .....</b>	<b>5</b>
<b>3. - Hipótesis .....</b>	<b>10</b>
<b>4. – Propuesta (Concreta) .....</b>	<b>10</b>
<b>5. - Objetivos .....</b>	<b>11</b>
<b>6. – Metodología (¿Cómo?) .....</b>	<b>11</b>
<b>7. – Equipos e Infraestructura .....</b>	<b>12</b>
<b>8. - Cronograma .....</b>	<b>13</b>
<b>9. – Resultados de la propuesta .....</b>	<b>13</b>
<b>10. - Conclusiones .....</b>	<b>13</b>
<b>11. - Referencias .....</b>	<b>17</b>

**Keywords:** prótesis, dedo, diseño, software de diseño, innovación.

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,  
24/nov/2022

## Resumen

### ¿Qué se propone hacer, basado en que conocimiento previo y que se espera en base a la hipótesis?

En base a todos los conocimientos que hemos adquirido a lo largo de nuestra carrera, como lo son las materias de diseño de máquinas, mecánica vectorial, biomecánica, nos ayudaran a la realización de este proyecto, pues aplicaremos todo esto para hacer un análisis mecánico a nuestra prótesis, aplicándole diferentes materiales para al final poder escoger un material que sea económico y de fácil acceso para poder realizar la prótesis. Con nuestra hipótesis planteada se espera que nuestro proyecto pueda ayudar a toda esa comunidad que carece de alguna extremidad en la mano y poder ayudar, así como el crear una prótesis aplicando todos nuestros conocimientos.

### ¿Qué materiales o herramientas se utilizarán y por qué?

Para la elaboración del diseño de prótesis de dedo, nosotros utilizaremos el software de diseño Fusión 360, tiene un ambiente muy amigable y de fácil acceso, el cual nos permitirá llevar a cabo todo el proceso de diseño de la prótesis.

### ¿Cómo se comprobará la hipótesis (Metodología)?

A partir de la metodología que se propuso para la realización de esta actividad es como se llevaran a cabo las diferentes etapas para el llevar a cabo el proyecto. Nuestra hipótesis la probaremos mediante el software de diseño donde se llevará a cabo este, y explicar la función que este hace y el porque es un artefacto que ayudará a la comunidad.

### ¿Cuál será la aportación a la ciencia y la comunidad?

Nuestro proyecto aportará un gran servicio a la comunidad a todos ellos que carecen de una extremidad en la mano y que les permitirá aumentar la agilidad de estos pudiendo realizar acciones que antes no podían. Que vuelvan a tener otra oportunidad de poder recuperar esa extremidad sea cual haya sido la causa por un precio económico para que esté al alcance de todos. Nuestro proyecto a la ciencia aportará tener una buena calidad de producto, utilizando materiales económicos, pues al ser estudiantes, lo que más se está poniendo en desarrollo es nuestra creatividad e innovación, al crear algo complejo con lo que tenemos a nuestro alcance.

## **1. - Introducción (Motivación y Justificación)**

### **¿Cuál es el problema que sea desea resolver?**

Mediante el diseño de una prótesis de un dedo de la mano, se pretende que esta sea una alternativa al problema donde el ser humano no cuenta con alguna de estas extremidades, sea cual sea la causa, pues los dedos de la mano son partes fundamentales para realizar actividades del día a día, son el principal órgano de manipulación y sensación.

### **Motivación y Justificación al tema**

#### **¿Por qué el tema es interesante y vale la pena estudiarlo?**

Es un tema que requiere de alto nivel de importancia pues brinda la oportunidad de que una persona pueda recuperar esa extremidad mediante el uso de conceptos de ingeniería. Vemos como la ingeniería se puede aplicar en temas donde aporte algo positivo a la comunidad, relacionado a la medicina, es interesante como se aplican los conceptos que vamos adquiriendo a lo largo de nuestra carrera, para aplicarlo en algo que ayuda directamente al ser humano con la ayuda de sensores, actuadores, conceptos de diseño y análisis mecánico. El campo de estudio del diseño de prótesis siempre esta en constante desarrollo, pues siempre se busca crear prótesis con la mejor calidad posible y que se acerque cada vez mas al movimiento natural del cuerpo humano, es un área que se requiere mucha investigación pero que a final de cuentas brinda muchas oportunidades a cientos de personas de recuperar funcionalidades perdidas a causa de amputaciones.

#### **¿Cuál será la aportación y/o beneficio a la ciencia y la comunidad?**

La creación de una prótesis por alumnos de ingeniería puede traer grandes beneficios a la sociedad, pues al ser alumnos lo que nosotros buscamos es obtener la mejor calidad posible con el menor costo, entonces estaría al alcance de todos. Por otro lado, esto mismo ocasiona que puedan surgir nuevos métodos, o nuevas formas de pensar al momento de crear, diseñar y ejecutar la propuesta de la prótesis planteada y esto aportaría un poco de conocimiento a la ciencia, pues siempre se puede descubrir algo nuevo.

## **2. - Antecedentes y Estado del Arte**

### **Conocimiento básico necesario para abordar el tema**

#### **Biomecánica**

##### **¿Qué es la biomecánica?**

La biomecánica es una ciencia de la rama de la bioingeniería y de la ingeniería biomédica, encargada del estudio, análisis y descripción del movimiento del cuerpo, además, de examinar las fuerzas en función de la estructura biológica y los efectos por esas fuerzas.

Los estudios del cuerpo permiten al hombre conocer y analizar las diferentes estructuras que conforman el cuerpo humano a favor del descubrimiento de nuevas técnicas y abordajes respecto al ámbito de salud, y la biomecánica es parte de ello.

Esta ciencia utiliza los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la histología y la fisiología para el estudio del movimiento.

##### **¿Cuál es el objetivo de la biomecánica?**

El objetivo de la biomecánica es solucionar los problemas anatómicos y de movimiento que surgen de diversas condiciones a las que está sometido el cuerpo en las diversas actividades de la vida.

Su objetivo es de gran importancia ya que hace un aporte en pro de la resolución de las diversas condiciones de salud y calidad de vida, además del aporte en las soluciones científicas y tecnológicas de nuestro entorno.

La investigación aplicada en biomecánica busca beneficiar al ser humano y evitar desde el ámbito ocupacional, del deporte y de las actividades de la vida diaria lesiones a nivel musculoesquelético mediante el aprendizaje de la movilidad natural del cuerpo y sus limitaciones físicas durante su ejecución.

En la actualidad la biomecánica está presente en los ámbitos ocupacionales del deporte y médico. A nivel ocupacional se encarga de estudiar la interacción del cuerpo humano con nuestro entorno laboral, trabajo frente al computador, conducción de vehículos, manejo de cargas, etc. Y de esta forma adaptarlas a las necesidades y capacidades individuales; en este espacio de la biomecánica se relaciona con la ergonomía.

## Prótesis

### ¿Qué es una prótesis?

Una prótesis es un sustituto artificial de una parte del cuerpo faltante. En ocasiones, se debe retirar una parte del cuerpo si se encuentra alguna anomalía en ella es en donde entran las prótesis.

Una prótesis es un artefacto normalmente construido y diseñado con plástico, metal o resina, cuya función es reemplazar, de manera total o parcial alguna extremidad sometida a amputación. Hoy en día, se cuenta con prótesis de brazo, mano, pierna, cadera y pies, entre otras, siendo su función principal sustituir a la extremidad natural, cubriendo las mismas necesidades fisiológicas y morfológicas, devolviendo la movilidad y la estética requerida para que el paciente lleve una vida normal de manera independiente, mejorando su postura, equilibrio y autoestima.

### Clasificación de las prótesis

#### a) Endoprótesis:

Son aquellas que se instalan mediante cirugía y son permanentes.

#### b) Exoprótesis:

Se conciben como aparatos temporales de uso que el paciente puede quitar y poner cuando lo requiera.

## Anatomía de la mano

La mano en su totalidad ya sea en micro y/o macroestructura, y en combinación con el extenso tejido del cerebro, le han dotado de importantes ventajas y habilidades al ser humano en comparación a otras especies permitiendo su óptima adaptación acorde al medio en el que se desarrolla. Entre ellas:

- Acciones básicas-finas
- Actividades de precisión.
- Pinzamiento
- Cinemática de oposición

Al momento de poner en estudio la mano, ésta involucra una amplia gama de subtemas tanto

su anatomía como principios y mecanismos de movimientos ejercidos; por lo que se debe considerar su interés e importancia ya que, al estar expuesta a todo tipo de traumatismos, la pérdida parcial o total de su funcionalidad repercutiría en la reactivación de actividades cotidianas, factor psicológico y por ende calidad de vida.

En cuanto a la anatomía de la mano, está compuesta por tres elementos fundamentales; la muñeca que es el vínculo de conexión entre la mano y el antebrazo, y otras estructuras como la palma y los dedos de la mano; estos elementos interactúan entre sí, de forma que facilitan la capacidad de agarre, manipulación física y precisión en la dirección de objetos.

Huesos de la mano.

Este órgano que se encuentra compuesto por 27 huesos, para su funcionalidad depende de otras estructuras como los músculos, tendones, nervios y vasos sanguíneos. Todos ellos en conjunto facilitan el movimiento, sensibilidad y agarre.

La mano está compuesta por 3 regiones anatómicas: el carpo, formado por 8 huesos, metacarpo por 5 huesos y las falanges o huesos de las manos que son en un total de 14 como se puede observar

Prótesis de dedo

La mano es el órgano que establece la conexión entre el mundo real y la mente, permitiendo desde mínimas actividades como escribir, coser hasta ser un aporte en el avance y desarrollo del ser humano en ámbitos como la medicina científica moderna, ingeniería, etc., tal es el caso del empleo sobre todo de las falanges para realizar procedimientos quirúrgicos hasta el uso de una computadora, que hoy en día constituye el auge en la evolución humana.

En la actualidad se ha observado que gran parte de la población a nivel mundial posee algún tiempo de discapacidad física, lo que conlleva a que las personas tengan dificultades para realizar sus actividades diarias. Es por ello que la construcción de prótesis resultaría un aporte para solventar esta necesidad y a su vez mejorara la calidad de vida de quienes la padecen.

La combinación de tecnología y funcionalidad

Los avances tecnológicos recientes permiten el uso de fotografías 2D para fabricar prótesis individualizadas basadas en la antropometría del paciente. La fabricación aditiva (es decir, la impresión 3D) mejora la capacidad de fabricación de prótesis al aumentar significativamente la velocidad de producción y reducir los costos de producción.

Las prótesis de dedos son completamente personalizables, impulsadas por el cuerpo y permiten a los pacientes recuperar la destreza fina y los patrones de agarre naturales. Es tipo de prótesis sobresale en la restauración de agarres de pellizco, llave, cilíndricos y de fuerza, así como en la estabilidad de agarre. Cada dispositivo está diseñado a medida a milímetros de la anatomía única de un paciente para imitar con éxito la compleja función de un dedo.

¿Cómo se ha abordado el problema previamente (análisis histórico) por otro y por ti (si ya has trabajado en el tema)? (Estado del Arte)

Teniendo presente la funcionalidad e importancia que tienen las manos; al representar uno de los órganos más importantes por su amplia gama de actividades, en donde el dorso de los dedos es el área con más terminaciones nerviosas del cuerpo humano, lo que constituye el primer mecanismo de conexión entre el sistema nervioso central y el entorno en el que nos desarrollamos. Sin embargo, al ser la herramienta primordial para la ejecución de actividades del medio, están expuestas a un sin número de riesgos, traumas que en ocasiones ha causado de la pérdida parcial o total de estas zonas del cuerpo humano.

Las lesiones o traumatismos a nivel de las falanges de las manos son las que se evidencian con mayor frecuencia a nivel mundial. Donde la incapacidad permanente por accidentes de trabajo o enfermedades es un problema de gran relevancia como lo menciona la OSHA, en donde aproximadamente 400,000 personas de los 2 millones de empleados con discapacidad por año sufren lesiones en las manos, lo que representa un 72% de personas con discapacidad específicamente a nivel de las falanges afectando de manera indirecta las políticas ocupacionales y sanitarias de las personas en las diferentes áreas de trabajo.

Hurtz creó una prótesis para dedo que no requiere de actuadores ni fuentes de alimentación para su funcionamiento; puesto que utiliza el muñón sobrante del dedo para recrear el movimiento natural del mismo.

Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología prostética. Estos elaboraban sus extremidades protéticas rudimentarias con fibras, y se cree que las utilizaban por la sensación de completitud antes que por la función en sí.

La solución principal que daba el hombre ante la falta de alguna extremidad era sencilla ya que básicamente consistía en elaborar la parte faltante del material que tuvieran disponible con tal de sentirse completos, aun y cuando la prótesis no funcionaba del todo más que para



medios estéticos.

- **Antecedentes**

Data entre el 424 a.C. al 1 a.C. precisamente en 1858 fue desenterrada una pierna artificial en Italia. Esta estaba elaborada con hierro y bronce, y tenía un núcleo de madera; aparentemente, pertenecía a un amputado por debajo de la rodilla.

Posteriormente se pasó a la alta edad media, en donde hubo pocos avances en el campo de la prótesis, además del gancho de mano y la pata de palo. La mayoría de las prótesis elaboradas en esa época se utilizaban para esconder deformidades o heridas producidas en el campo de batalla.

Durante la época del renacimiento, fue el surgimiento de nuevas perspectivas para el arte, la filosofía, la ciencia y la medicina. Retomando los descubrimientos médicos relacionados con la protésica de los griegos y los romanos Durante este período, las prótesis generalmente se elaboran con hierro, acero, cobre y madera.

El siglo de mayor auge para las prótesis fue el año 1500 en donde a principios de este mismo se elaboró un par de manos de hierro tecnológicamente avanzadas. Con esta era posible manejar las manos fijándolas con la mano natural y moverlas soltando una serie de mecanismos de liberación y resortes, mientras se suspendían con correas de cuero. Sin embargo, no fue hasta finales de los 1500 en donde el barbero y cirujano francés Ambroise Paré introdujo modernos procedimientos de amputación en la comunidad médica y elaboró prótesis para amputados de extremidades superior o inferior. Además, inventó un dispositivo por encima de la rodilla que consistía en una pata de palo que podía flexionarse en la rodilla y una prótesis de pie con una pata de palo que podía flexionarse en la rodilla y una prótesis de pies con una posición fija, un arnés ajustable, control de bloqueo de rodilla y otras características de ingeniería que se utilizaban en los dispositivos actuales. Su trabajo demostraba, por primera vez, que se había comprendido verdaderamente cómo debería funcionar una prótesis.

Siglos XVII a XIX. Fue en este tiempo comprendido en donde se desarrolló la primera prótesis por debajo de la rodilla sin mecanismos de bloqueo, lo que más tarde sentaría las bases de los actuales dispositivos de articulación y corsé. No fue hasta 1800 que se elaboró una prótesis elaborada con una pierna de madera con encaje, una articulación de rodilla de acero y un pie articulado controlado por tendones de cuerda de tripa de gato desde la rodilla

hasta el tobillo. No fue hasta 1912 en donde Marcel Desoutter elaboró la primera prótesis de aluminio.

### **3. – Hipótesis**

Se observa un aumento en la calidad de vida de las personas que por diferentes razones han perdido partes de su cuerpo y, con estas prótesis, buscan mejorar su apariencia física y reanudar su vida normal autónoma. Sin embargo se necesita un intenso entrenamiento físico y mental para desarrollar todo el potencial de estas prótesis.

Por otra parte, la economía particular del paciente influye en el posible alcance de estos dispositivos. Su coste puede ser elevado para el usuario.

Por lo que usaremos los materiales más económicos con excelente durabilidad para reducir el costo potencialmente de la prótesis.

### **4. – Propuesta (Concreta)**

*¿Qué se hará - Grosso modo (La Idea)? ¿Cómo se solucionará el problema?*

Una vez estructurada nuestra hipótesis y habernos empapado más en el tema, primero haremos una investigación sobre el material del cual se hará la prótesis del dedo, basándonos en el costo de este, durabilidad y calidad, así como el peso, y otras propiedades físicas a tomar en cuenta, pues recordemos que también debe ser cómodo para el humano y que no cause algún tipo de reacción en la piel, pues estará en contacto directo con esta, es por eso que pensamos que se construya en base a resina, pues así nos permitirá hacer uso de impresión 3D y cumplir con los objetivos. Teniendo en mente el material, procederemos al diseño de la prótesis mediante un boceto, creando una lluvia de ideas para definir el concepto de diseño, aplicando los conocimientos que hemos adquirido en las materias de diseño para estructurar de la mejor manera la idea. Una vez teniendo esto se hará uso de un software de CAD como Solidworks, Fusion 360 o Inventor para crear el diseño en 3D, y hacer uso de impresión 3D para obtener el prototipo de nuestra prótesis, para hacer funcional nuestra prótesis, la parte electrónica será controlada por medio de una tarjeta de desarrollo como Arduino utilizando

lenguaje C ya sea en el entorno de desarrollo de Python o Matlab.

## **5. - Objetivos**

### **Objetivo General:**

Con este proyecto se busca diseñar una prótesis de un dedo con el cual se busca replicar el funcionamiento de esta extremidad humana, esto a partir del uso de distintos recursos como software de diseño, realizando investigaciones específicas para lograr texturas y funcionalidades para la persona que vaya a utilizar la prótesis.

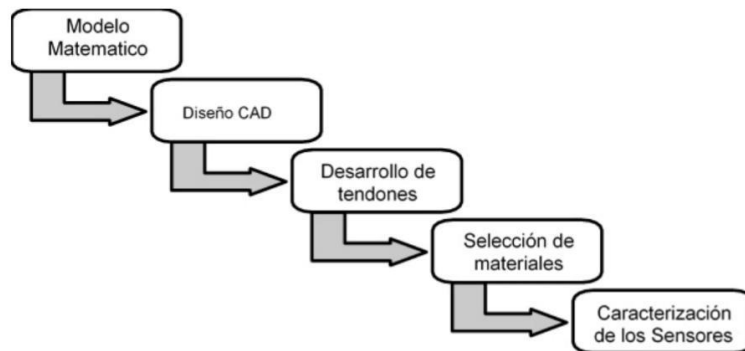
### **Objetivos Específicos (Actividades Concretas):**

- Preparar una investigación para conocer todo lo necesario para llevar a cabo la prótesis.
- Evaluar los recursos necesarios para realizar la prótesis también considerar lo que se tiene.
- Sintetizar la información para utilizar lo necesario para nuestro proyecto.
- Medir las dimensiones de la prótesis y aplicarlas al diseño para simular como si estuviera en el cuerpo humano.
- Comparar el comportamiento y funcionamiento de la simulación con el dedo humano.
- Examinar las diferencias y ver áreas de oportunidad para cambiar y mejorar el diseño de la prótesis del dedo.

## **6. – Metodología (¿Cómo?)**

Para lograr el pleno desarrollo de este proyecto de grado se plantea realizar primeramente el modelo matemático el cual debe estar debida y correctamente desarrollado para conseguir la respuesta deseada al momento de realizar movimientos y así, obtener los resultados por medio de sensores y actuadores. Estos resultados obtenidos serán enviados a una interfaz tanto real como virtual, en la cual podremos ver el movimiento de este dedo en un modelo físico el cual será accionado por medio de tendones, así como se realiza el movimiento de una mano en perfectas condiciones. Y con el modelo virtual podremos observar la respuesta

del dedo ante los estímulos para su debido movimiento.



## 7. – Equipos e Infraestructura

El equipamiento tecnológico para el desarrollo de este proyecto consiste en:

- a) Impresora Rostock MAX3D SeeMe CNC Modelo ONYX HB.
- b) Filamento PLA de 1.75mm. Cantidad: 200g.
- c) Archivo STL con el modelo de la pieza.
- d) Ordenador con el software de diseño Fusión 360.
- e) Adhesivo en aerosol. (reduce el riesgo de daños a la pieza)
- f) Espátula.

Respecto a la infraestructura, la pieza se va a imprimir en el Laboratorio de diseño 3D (12.3D) ubicado en el Edificio 12 en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL.



## 8. - Cronograma

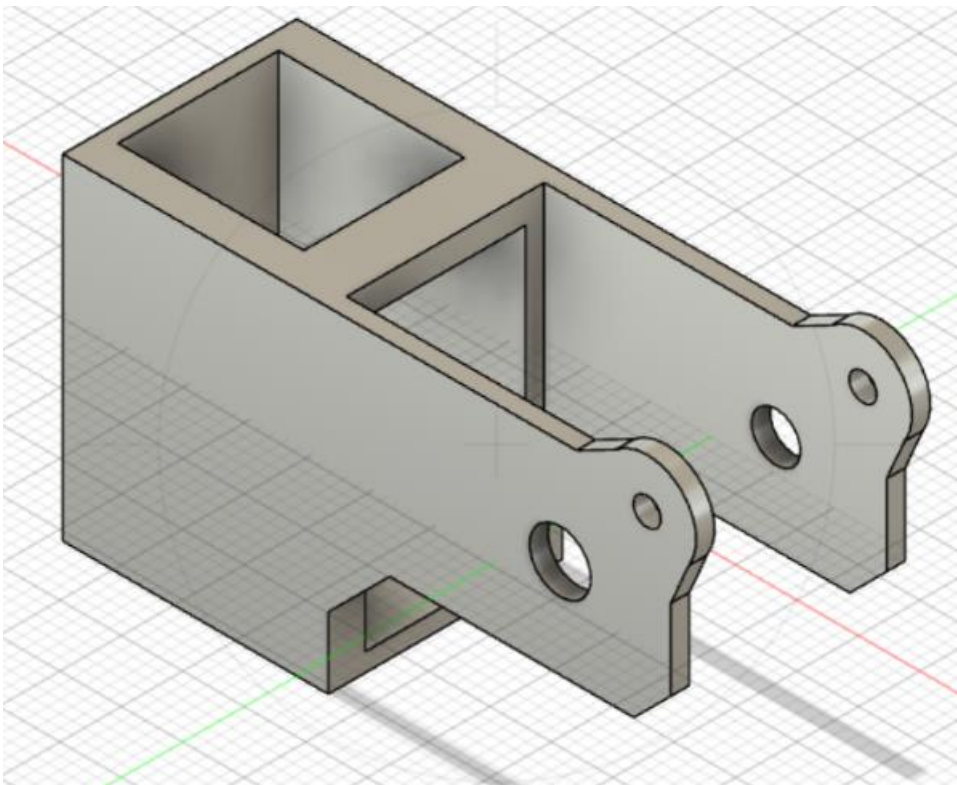
Actividad en equipo	Trimestre				
	1	2	3	4	5
Investigar el por qué y para qué se usan las prótesis					
Propuestas de diseño (Definir material en concreto para así plasmarlo en el software)					
Llevar a cabo el diseño propuesto al software.					
Cotizar lo materiales, (y apoyarnos <i>tal vez</i> con la impresora 3D de FIME)					
Implementar previa investigación y propuesta en físico.					

## 9. – Resultado de la propuesta

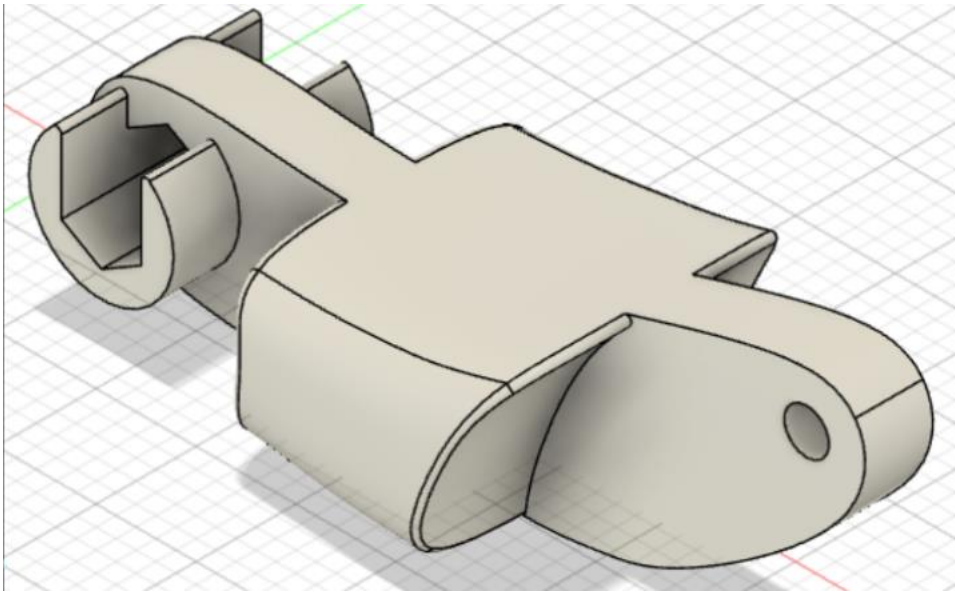
1. A través de una investigación acerca de la composición de un dedo, se realizó un diseño que simulará el movimiento natural de un dedo índice humano.
2. En base al diseño realizado en Fusion 360, se realizó una impresión 3D de material PLA por medio de una impresora 3D.
3. Se ensamblaron las piezas impresas y se verifico el movimiento de la prótesis para que tuviera un movimiento orgánico.

Piezas:

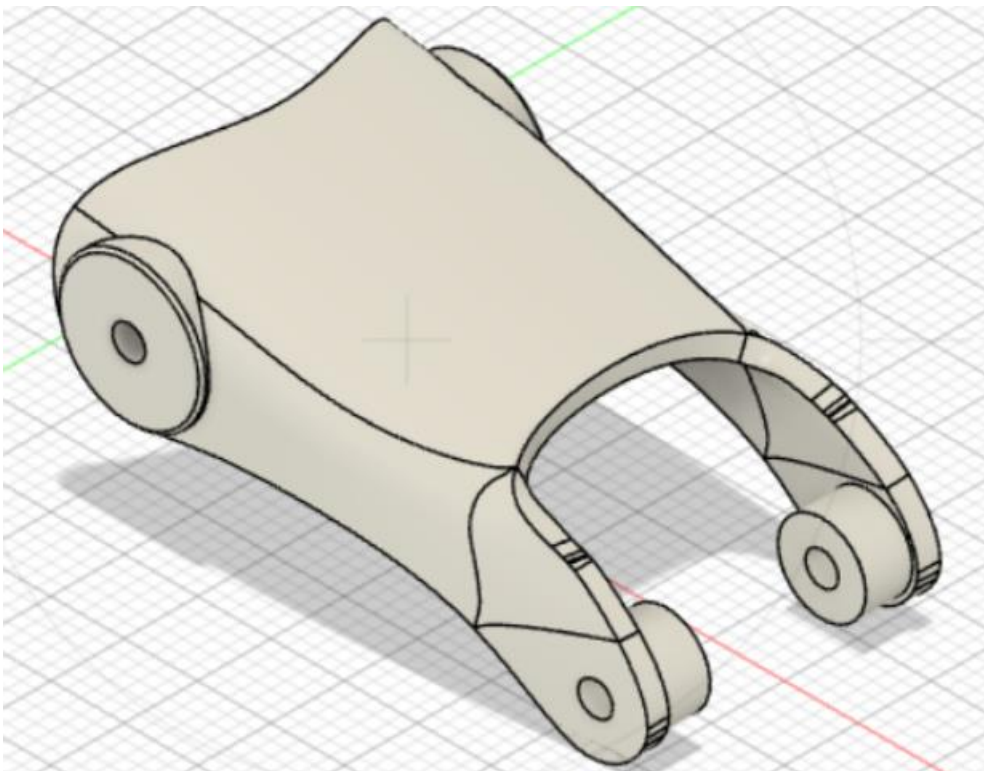
Base



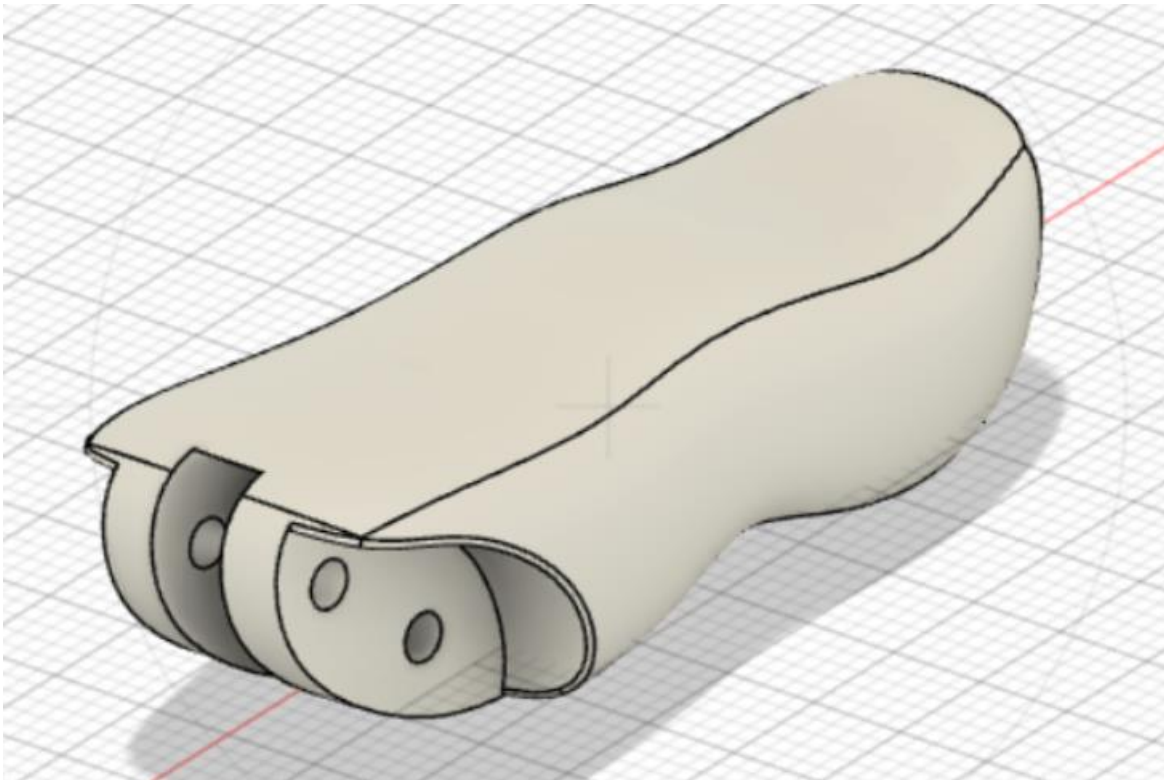
Linker



Falange media



Falange distal



Fotos del proceso de impresión 3D:





Dedo final:



## 10. – Conclusiones

La hipótesis se cumplió, puesto que se lograron los objetivos planteados y el resultado obtenido fue el esperado. Este proyecto dejó un gran aprendizaje para el equipo, ya que se aplicaron conocimientos de diversas áreas de la ingeniería, así como también de medicina. Además, dio lugar a reflexionar sobre la importancia de este problema, que es la ausencia parcial o total de alguna extremidad, y del papel que los ingenieros deben desempeñar en formar parte de la solución, aplicando los principios aprendidos durante la formación académica.

## 11. – Referencias

---

### Buscadores Bibliográficos

Google Académico (Artículos y Patentes)

<https://scholar.google.com/?hl=es-419>

Bases de Datos de la UANL(Artículos)

[http://www.dgb.uanl.mx/?mod=bases\\_datos](http://www.dgb.uanl.mx/?mod=bases_datos)

Ingeniería y Ciencias Exactas

<http://www.dgb.uanl.mx/?mod=exactas>

EBSCO

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/advanced?sid=ae55a538-bcad-4f1c-b66b-04d953f458fd%40sessionmgr4005&vid=0&hid=4204>

Science Direct

<http://www.sciencedirect.com/>

Scopus

<https://www.scopus.com/>

Web of Science

[http://apps.webofknowledge.com/UA\\_GeneralSearch\\_input.do?product=UA&search\\_mode=GeneralSearch&SID=2DLmUI2wjRotHdXRvfF&preferencesSaved=](http://apps.webofknowledge.com/UA_GeneralSearch_input.do?product=UA&search_mode=GeneralSearch&SID=2DLmUI2wjRotHdXRvfF&preferencesSaved=)

EPO (Patentes)

<http://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html#tab1>

---

## **Administrador de Bibliografía**

Mendeley (Gratis)

<https://www.mendeley.com/>