



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
Y ELÉCTRICA**



Biomecánica

Tarea 4

Semestre: Agosto – diciembre 2022

Grupo: 008 salón: 2204

M.A. Yadira Moreno Vera

23/09/2022

Nombre	Matricula
Edwin Israel Ramírez Aguilar	1670113
Alessandra Gonzales Torres	1895846
Valeria Rosales García	1894544
Pedro Yahir Castillo Hernández	1899652
Jair Alejandro Tamayo Ibarra	1815498

Contenido

Resumen	1
1. - Introducción (Motivación y Justificación)	1
2. – Antecedentes y Estado del Arte	1
3. - Hipótesis	1
4. – Propuesta (Concreta)	1
5. - Objetivos	2
6. – Metodología (¿Cómo?)	2
7. – Equipos e Infraestructura	2
8. - Índice Tentativo de la Tesis	2
9. - Referencias	3

Resumen

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

Se propone realizar un prototipo funcional de prótesis de un dedo índice para una mano derecha, el desarrollo del proyecto se basa en conocimientos previos de electrónica, diseño CAD, programación dirigida a microcontroladores, sistemas electrónicos y circuitos eléctricos de potencia.

¿Qué materiales o herramientas se utilizarán y por qué?

En cuanto materiales y herramientas lo esencial será para el maquinado de la prótesis misma, entre nuestras principales opciones se contemplan dos distintas formas de impresión 3D, siendo la primera mediante filamento y como segunda, la resina (estereolitografía). Siendo esta última el procedimiento que nos brindaría una calidad de impresión superior, eso sí a un mayor precio, mientras que la opción de filamento es más barata. En cuanto los accionamientos para los mecanismos definimos que trabajaremos con motores de corriente directa y para lograr los movimientos de flexión y extensión en el dedo se emplea el uso de cables.

¿Cómo se comprobará la hipótesis (Metodología)?

Para comprobar nuestra hipótesis nos apoyaremos en la experimentación, la cual es la actividad dirigida a modificar la realidad con el propósito de crear el fenómeno que se investiga y poder observar; se trata de una operación por medio de la cual se determinan los fenómenos para probar en ellos sus propiedades, para encontrar sus causas.

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

La aportación científica y comunitaria del proyecto será un prototipo de prótesis que busca ser de fácil acceso y que pueda resultar funcional al día a día del paciente que la necesite.

1. - Introducción (Motivación y Justificación)

La mano del hombre es una herramienta capaz de ejecutar innumerables acciones gracias a sus funciones de prensión, pinza y además por el hecho de ser un receptor sensorial por excelencia. Este importante órgano puede perderse por la presencia de alguna enfermedad congénita, tumores malignos, infecciones, accidentes o como consecuencia de heridas que comprometen el miembro, y generan la necesidad de amputar. Las amputaciones de extremidades superiores, constituyen un grave problema de salud pública, ya que estas personas evolucionan con diversos grados de discapacidad, habitualmente en un período de la vida laboralmente activa.

A pesar de los esfuerzos en investigación encaminados a la innovación tecnológica sobre la mano humanoide, existen encuestas sobre la funcionalidad de la mano protésica con respecto a su uso en las actividades cotidianas en donde los amputados reportan inconformidad en relación a los aspectos estéticos, el exceso de peso y la falta de capacidades funcionales. En relación a los movimientos que deberían realizar los dispositivos protésicos, un estudio indicó que el 100 % de los encuestados señaló que la prótesis debería ser capaz de extender el dedo índice, 90 % se inclinó hacia la capacidad de controlar los dedos y el 70 % dijo que sería útil tener muñeca con la habilidad de realizar los movimientos de flexión y extensión. Estos movimientos podrían mejorar los aspectos físicos y psicológicos de las personas amputadas.

En los casos de amputación total, se ofrecen prótesis que reemplazan totalmente el miembro superior, y devuelven al usuario gran parte de las funciones de la mano. Las prótesis que restablecen la funcionalidad de la mano se conocen como activas y se clasifican, de acuerdo con el tipo de accionamiento del usuario, en mecánicas, mioeléctricas e híbridas. Las prótesis mecánicas se construyen a partir de mecanismos de barras, usualmente preferidas para aplicaciones donde se requieran altas fuerzas de agarre. El avance tecnológico en la elaboración de prótesis para miembro superior, específicamente para la mano, ha generado un incremento en la calidad de vida de las personas que han sufrido amputaciones traumáticas a nivel de este órgano. Los usuarios pueden obtener una solución a su deficiencia funcional según sus necesidades específicas; de igual forma se consideran las características cosméticas que complementan la función.

Las prótesis pueden ayudar en las actividades bilaterales en donde se necesitan ambos miembros (superiores o inferiores) para poder realizarlas. Por ejemplo, al momento de levantar algunos objetos será de gran ayuda, y en caso de prótesis de miembros inferiores puede ayudar para caminar. Otro de los grandes beneficios de las prótesis es que pueden ayudar a disminuir las dificultades físicas asociadas a la ausencia de un miembro, ya que en algunos casos se adoptan posturas inadecuadas de forma compensatoria a la diferencia anatómica. Por ejemplo, las personas con ausencia de miembro superior pueden desarrollar algunas alteraciones a nivel de la columna. Las prótesis de miembro superior correctamente diseñadas y adecuadamente usadas ayudan con la estabilidad al momento de caminar, ya que las personas con ausencia de uno de los miembros superiores presentan más frecuentemente caídas al caminar. Por otro lado, es importante resaltar que para muchas personas las prótesis les permite mejorar su autoestima además de mejorar su autopercepción cuando tienen alguna diferencia anatómica congénita o adquirida. Como hemos podido ver, los beneficios de las prótesis son distintos y estos pueden variar dependiendo de la persona que la use.

2. - Antecedentes y Estado del Arte

Conocimiento básico necesario para abordar el tema

El avance en el diseño de las prótesis ha estado ligado directamente con el avance en el manejo de los materiales empleados por el hombre, así como el desarrollo tecnológico y el entendimiento de la biomecánica del cuerpo humano. Una prótesis para extremidades es un elemento desarrollado con el fin de mejorar o reemplazar una función, una parte o un

miembro completo del cuerpo humano afectado, por lo tanto, una prótesis para un amputado también colabora con el desarrollo psicológico del mismo, creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto. Las prótesis de mano mecánicas son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura de la mano a voluntad, su control es por medio de un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Su sistema de agarre es para objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo, este tipo de destreza es parte de la pinza gruesa para manipular objetos. La mano humana realiza principalmente dos funciones; la prensión y el tacto, las cuales permiten al hombre convertir sus ideas en formas (movimientos, manipulación, etc.), adicionalmente la mano añade expresión a las palabras, como en los casos del escultor o de los sordomudos. El sentido del tacto desarrolla totalmente las capacidades de la mano, sin este sería imposible medir la fuerza prensora. Por último, es importante mencionar que el dedo pulgar representa el miembro más importante de la mano, sin este la capacidad funcional de la mano se reduce en cerca de un 40%.

Sustituir por pérdida alguno de los miembros humanos por dispositivos es un acontecimiento que ha venido sucediendo desde hace más de dos mil años. Durante el siglo XX, el objetivo de que los amputados regresaran a la vida laboral, orientó en gran medida las innovaciones presentadas a lo largo de los años. Inicialmente el objetivo propuesto es alcanzado por el médico francés Gripoulleau, quien fabricó distintos accesorios que podían ser utilizados como unidad terminal. En 1912, Dorrance, en los Estados Unidos, desarrolló una unidad terminal llamada Hook que puede abrirse y cerrarse activamente mediante movimientos de la cintura escapular combinado con un tirante de goma. La prótesis con mando mioeléctrico tiene su origen en Rusia durante la década del 60

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

La primera prótesis de miembro superior registrada data del año 2000 a. C., fue encontrada en una momia egipcia; la prótesis estaba sujeta al antebrazo por medio de un cartucho adaptado al mismo. Posteriormente, con el manejo del hierro, el hombre pudo construir manos más resistentes que pudieran ser empleadas para portar objetos pesados, tal es el caso del general romano Marcus Sergius que, durante la Segunda Guerra Púnica (218-202 a. C.), mandó a que se le fabricara una mano de hierro con la cual portaba su espada, ésta es la primera mano de hierro registrada. En la búsqueda de mejoras en el año de 1400 se fabricó la mano de Alt-Ruppin construida también en hierro, constaba de un pulgar rígido en oposición y dedos flexibles, los cuales eran flexionados pasivamente; éstos se podían fijar mediante un mecanismo de trinquete y además tenía una muñeca movable. El empleo del hierro para la fabricación de manos era tan recurrente, que hasta Goethe da nombre a una de sus obras inspirado en el caballero germano Götz von Berlichingen,

La evolución de la protésica es larga y está plagada de historias, desde sus comienzos primitivos, pasando por el sofisticado presente, hasta las increíbles visiones del futuro. Al igual que sucede en el desarrollo de cualquier otro campo, algunas ideas e invenciones han funcionado y se han explorado más detalladamente, como el pie de posición fija, mientras que otras se han dejado de lado o se han vuelto obsoletas, como el uso de hierro en las prótesis.

En el siglo XIX se emplearon el cuero, los polímeros naturales y la madera en la fabricación de prótesis; los resortes contribuyeron también al desarrollo de nuevos mecanismos para la fabricación de elementos de transmisión de fuerza y para la sujeción. Entre las innovaciones más importantes en el diseño de las prótesis de miembro superior, se encuentra la del alemán Peter Beil. El diseño de la mano cumplía con el cierre y la apertura de los dedos, era controlada por los movimientos del tronco y hombro contra lateral, dando origen a las prótesis autopropulsadas. Otra modificación importante en el diseño de prótesis de miembro superior, fue la del escultor holandés Van Petersen, que logró el movimiento de flexo-extensión a nivel de codo con el sistema de autopropulsión. Más tarde el Conde Beafort dió a conocer un brazo con flexión del codo activado al presionar una palanca contra el tórax, aprovechando también el hombro contra lateral como fuente de energía para los movimientos activos del codo y la mano.

En el año de 1912 en Estados Unidos, Dorrance desarrolló el Hook, que era una unidad terminal que abría activamente mediante movimientos de la cintura escapular y además se cerraba pasivamente por la acción de un tirante de goma. Casi al mismo tiempo fue desarrollado en Alemania el gancho Fischer cuya ventaja principal era que poseía una mayor potencia y diversidad en los tipos de opresión y sujeción de los objetos.

Cinco años más tarde en Estados Unidos se fundó la “American Limb Makers Association”, lo que produjo una revolución en los materiales empleados para la construcción de prótesis, volviéndose estos más ligeros y dúctiles. En esta época se generalizó la utilización de fibras sintéticas, polímeros y aleaciones de aluminio. Después, en 1918 tras la Primera Guerra Mundial, aumentó considerablemente la cantidad de amputados y el empleo de prótesis soluciona rápida y eficazmente el problema ya que estas manos eran intercambiables según las diferentes ocupaciones del paciente. El origen de las prótesis mioeléctricas se dio en Alemania gracias a Sauerbruch, quien logró idear cómo conectar la musculatura flexora del antebrazo con el mecanismo de la mano artificial, mediante varillas de marfil que hacían pasar a través de túneles cutáneos, haciendo posible que la prótesis se moviera de forma activa debido a la contracción muscular.

Fue hasta 1946 cuando se crearon sistemas de propulsión asistida, dando origen a las prótesis neumáticas y eléctricas. Un sistema de propulsión asistida es aquel en el que el movimiento es activado por algún agente externo al cuerpo. Uno de los sistemas protésicos de propulsión asistida es el neumático, el cual fue empleado de manera recurrente durante la crisis de Dismelia en Alemania en 1962, debido a que éste brindaba la opción de que el paciente mantuviera la función táctil activa gracias a las prótesis de terminal abierta, el cual es un sistema de fijación en el que el muñón asoma por el final de la prótesis.

Las prótesis con control mioeléctrico comenzaron a surgir en el año de 1960 en Rusia. Esta opción protésica funciona con pequeñas diferencias de potencial extraídos durante la contracción de las masas musculares del muñón, siendo estos conducidos y amplificados para obtener el movimiento de la misma. En sus inicios, este tipo de prótesis solo era colocada para amputados de antebrazo, logrando una fuerza prensora de dos kilogramos.

El largo y complejo camino hacia la pierna computarizada comenzó alrededor del año 1500 a. C. y, desde entonces, ha estado en constante evolución. Han habido muchos

perfeccionamientos desde las primeras patas de palo y los primeros ganchos de mano, y el resultado ha sido la fijación y el moldeado altamente personalizados que se encuentran en los dispositivos actuales. No obstante, para poder apreciar todo el camino que se ha recorrido en el campo de la protésica, primero debemos remontarnos a los antiguos egipcios.

A cada dificultad, el hombre le busca una solución

Los egipcios fueron los primeros pioneros de la tecnología protésica. Elaboraban sus extremidades protésicas rudimentarias con fibras, y se cree que las utilizaban por la sensación de “completitud” antes que por la función en sí. Sin embargo, recientemente, los científicos descubrieron en una momia egipcia lo que se cree que fue el primer dedo del pie protésico, que parece haber sido funcional.

Del 424 a. C. al 1 a. C.

En 1858, se desenterró en Capua, Italia, una pierna artificial que data de aproximadamente 300 a. C. Estaba elaborada con hierro y bronce, y tenía un núcleo de madera; aparentemente, pertenecía a un amputado por debajo de la rodilla. En 424 a. C., Heródoto escribió sobre un vidente persa condenado a muerte que escapó luego de amputarse su propio pie y reemplazarlo con una plantilla protésica de madera para caminar 30 millas (48.28 km) hasta el próximo pueblo.

El erudito romano Plinio el Viejo (23-79 d. C.) escribió sobre un general romano de la Segunda Guerra Púnica (218-210 a. C.) a quien le amputaron el brazo derecho. Se le colocó una mano de hierro para que sostuviera el escudo y pudo volver al campo de batalla.

Alta Edad Media (476 a 1000)

En la Alta Edad Media hubo pocos avances en el campo de la protésica, 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. A un caballero se le colocaba una prótesis diseñada solamente para sostener un escudo o para calzar la pata en el estribo, y se prestaba poca atención a la funcionalidad. Fuera del campo de batalla, solamente los ricos tenían la suerte de contar con una pata de palo o un gancho de mano para las funciones diarias. Era frecuente que los comerciantes, incluidos los armeros, diseñaran y crearan extremidades artificiales. Personas de todos los oficios solían colaborar para elaborar los dispositivos; los relojeros eran particularmente buenos para agregar funciones internas complicadas con resortes y engranajes.

¿Cuáles son las ventajas, desventajas y limitaciones de esos acercamientos?

Ventajas

Cuando una persona tiene alguna deficiencia física, por ciertas circunstancias, es frecuente que recurran al uso de prótesis. El diseño de prótesis inteligentes es una de las aplicaciones de la mecatrónica, y gracias a su desarrollo miles de personas con discapacidad podrán recuperar funciones como escribir, saludar, tener sensibilidad sobre la fuerza del movimiento e, incluso, contar con sensores de temperatura. Nos permite además, reemplazar una parte

del cuerpo que haya sido perdida por una amputación o bien por alguna malformación genética, se suelen utilizar en algunos casos con fines estéticos. Actualmente los sistemas protésicos mioeléctricos son los que proporcionan el más alto grado de rehabilitación. Tiene la ventaja de que sólo requieren que el usuario flexione sus músculos para operar, a diferencia de las prótesis accionadas por el cuerpo que requieren el movimiento general del cuerpo. Sintetizan el mejor aspecto estético con una gran fuerza y velocidad de prensión, así como varias posibilidades de combinación y ampliación.

Desventajas

Una desventaja es el factor económico, en el cual las personas de bajos recursos no se encuentran al alcance de eso, en especial prótesis mioeléctricas de reinervación muscular dirigida, por ser de las más novedosas. Algunos tipos de prótesis mioeléctricas tienen como desventaja que usan un sistema de batería que requiere mantenimiento para su recarga, descarga, desecharla y reemplazarla, además de que genera cierto ruido durante el movimiento. Debido al peso del sistema de batería y de los motores eléctricos, las prótesis accionadas por electricidad tienden a ser más pesadas que otras opciones protésicas. Una prótesis accionada por electricidad proporciona un mayor nivel de tecnología, pero a un mayor costo.

Limitaciones

Hacer una prótesis robótica de una calidad aceptable requiere de un enorme esfuerzo, no solo en el campo de la mecatrónica sino también en neurociencia, ingeniería eléctrica, ciencias cognitivas, diseño de baterías, nanotecnología e incluso ciencias del comportamiento. Sin embargo, trasladar un manipulador industrial al uso directo por una persona para sustituir un miembro que le ha sido amputado no es sencillo. Aunque los principios de funcionamiento de las prótesis sean muy parecidos, hay que considerar aspectos adicionales, tales como el peso, el suministro de energía y la apariencia, que en conjunto brindan a las personas que hacen uso de ellas mejor comodidad, confianza, control más exacto de los objetos, entre otros aspectos. Por otro lado, en las prótesis de pierna existen aún algunos problemas, por ejemplo, los amputados que utilizan prótesis mecánicas requieren más energía metabólica que las personas tienen el miembro real. Además, los amputados caminan más lento que las personas intactas[5]. Tales problemas son en parte generados por las prótesis actuales, por lo que es importante el avance en su diseño y fabricación. Por otra parte, en los últimos años se han desarrollado con gran éxito diversas prótesis visuales que han permitido a personas ciegas percibir objetos y determinar su posición. Estas prótesis están aún lejos de devolver la vista a las personas ciegas, sin embargo tienen un enorme potencial, y se irán haciendo.

¿Cuál es el área de oportunidad (el hueco en el conocimiento) que dará lugar a la propuesta de este trabajo?

Las prótesis para dedo se pueden sujetar de diversas formas y esto dependerá de cada caso en particular. La forma más frecuente es por medio de succión, al colocar la prótesis en el muñón se forma un ligero vacío entre el silicon y la piel manteniéndola en su posición, sin temor a que ésta se suelte durante su uso diario o al dar la mano a otra persona, en caso de pérdida total del dedo pulgar es posible colocar un mecanismo articular de Titanio para devolver la funcionalidad a la mano.

Los mecanismos están compuestos por elementos. Todos los elementos de un mecanismo tienen posibilidad de movimiento excepto uno, denominado elemento fijo. Los elementos están compuestos por partículas materiales, que se desplazan relativamente unas con respecto de otras cuando el elemento se encuentra bajo la acción de fuerzas exteriores. Sin embargo, estos desplazamientos suelen ser tan pequeños que no se comete un error significativo al despreciarlos, por lo que habitualmente se considera que los elementos son sólidos rígidos. Los elementos se clasifican en binarios, ternarios, etc., en función del número de conexiones que tengan con otros elementos. Las uniones entre elementos se denominan pares cinemáticos. Los pares cinemáticos permiten algunos movimientos relativos entre elementos e impiden otros. Por ejemplo, la bisagra de una puerta es un par cinemático que permite la rotación de la puerta respecto al eje vertical e impide los demás movimientos. Los pares también se clasifican en binarios, ternarios, etc., en función del número de elementos que confluyen en el par. En un par binario confluyen dos elementos, en uno ternario, confluyen tres elementos, etc.

3. - Hipótesis

Considerando los antecedentes y el estado del arte,

¿Cuál es la aportación creativa y novedosa que se propone para abordar el problema?

Hablando sobre el problema particular de la prótesis de dedo, depende para cada caso como ya he mencionado anteriormente, ya que el problema principal sería la sujeción del mismo en la mano, una aportación sería como ya he mencionado, unirlo de forma de succión creando un pequeño vacío para que no se mueva.

¿Cómo se cree se puede resolver?

Hay muchas formas de poder resolver esto, pero la forma más cómoda, ya que al momento de estar teniendo un movimiento normal, puede llegar a desprenderse de la mano, así que para no correr este riesgo, podemos añadir como accesorio extra, una especie de guante donde termine por agarrar más la prótesis de dedo y tener más la confianza de que no se va a desprender de la mano.

¿Cuál es la pregunta a resolver?

Qué tan cómodo y práctico sería para el usuario tener que estar cargando y realizando el proceso de succión, y el accesorio extra.

4. – Propuesta (Concreta)

A la luz de los antecedentes, el estado del arte, las áreas de oportunidad descubiertas y la hipótesis formulada,

¿Qué se hará - *Grosso modo* (La Idea)?

Se construirá una prótesis funcional del dedo índice de la mano derecha, que resulte cómodo para la persona a utilizar, con el rango y movimientos necesarios para que sea una prótesis eficaz y efectiva.

¿Cómo se solucionará el problema?

El problema sería la comodidad y practicidad de la prótesis, y esto se planea resolver realizando un diseño cómodo y ergonómico donde la prioridad principal sería la funcionabilidad y durabilidad de la prótesis en el paciente o la persona a utilizar. Se tendrían que tomar en cuenta varios aspectos como la fuente que se va a utilizar, su durabilidad, tamaño y la posición en el diseño.

También se tendría que tomar en cuenta que los movimientos y sus rangos sean los necesarios para que su funcionamiento sea el adecuado y se pueda utilizar de la manera más parecida a un dedo regular, tomando como referencia el tamaño de un dedo índice promedio.

5. - Objetivos

Objetivo General:

¿Qué se hará?, concreto, específico y acotado en alcance y tiempo

Se diseñará una prótesis personalizada externa del dedo índice derecho, para un funcionamiento biomecánico eficiente.

Objetivos Específicos (Actividades Concretas):

- a) Analizar el funcionamiento del dedo índice derecho..
- b) Investigar materiales..
- c) Tomar medidas.
- d) Realizar bocetos a mano.
- e) Modelar el boceto final en un software de diseño.
- f) Imprimir en 3D el diseño
- g) Realizar pruebas finales.

Los objetivos específicos constan en:

•**Fase 1:** Analizar el funcionamiento biomecánico del dedo índice derecho.

Estudiar y analizar el funcionamiento del dedo índice derecho con respecto a sus articulaciones y grados de libertad y posteriormente tomar medidas generales de un dedo, para así poder crear un boceto a lápiz de la prótesis. También se requerirá investigar los materiales a utilizar.

• **Fase 2:** Realizar el modelado virtual personalizado del dedo índice derecho.

Con base a las medidas tomadas y al boceto generado, se realizará el modelado de la prótesis en un software de diseño.

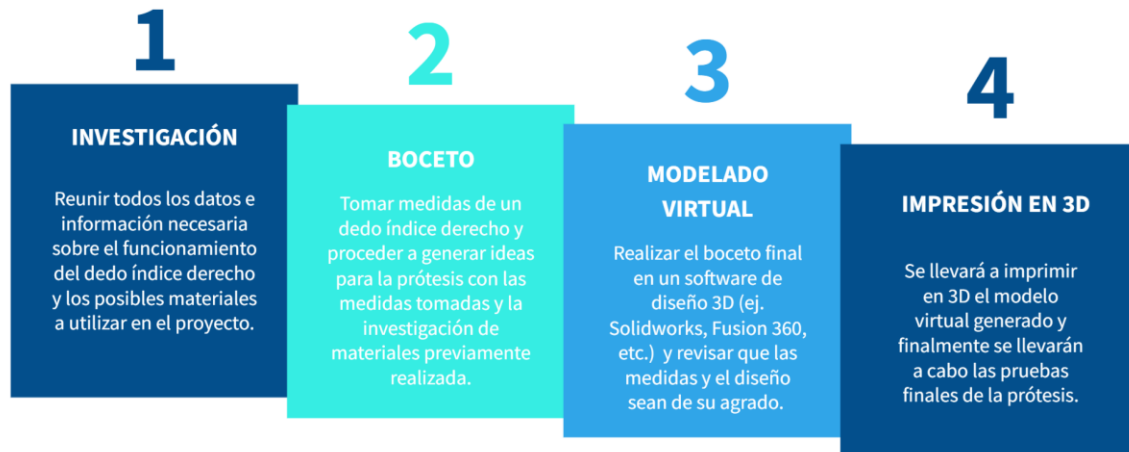
•**Fase 3:** Realizar la impresión 3D de la prótesis personalizada del dedo índice derecho.
Ya teniendo el modelado de la prótesis se realizará la impresión 3D con el material decidido y se realizarán pruebas de funcionamiento.

6. – Metodología (¿Cómo?)

¿Qué actividades se llevarán a cabo para cumplir los objetivos?

Diversas investigaciones tanto del funcionamiento del dedo índice como de los posibles materiales a utilizar en la prótesis, bocetos a mano de todas las ideas para el diseño, el modelado 3D del boceto final, la impresión 3D del modelado y por último las pruebas finales.

Diagrama de flujo del proceso (Ejemplo)



7. – Equipos e Infraestructura

¿Qué se utiliza o necesita?

- Software de diseño en 3D
- Impresora 3D
- Microcontrolador
- Fuente

9. – Referencias

Buscadores Bibliográficos

Diseño de una prótesis biomecánica para niños. Redalyc.org. Recuperado el 22 de septiembre de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/707/70745478008/html/>

Augusto, C., Castellanos, S., Riaños, J. E. M., Alexander, D., Alvarado, G., Stella, N., Parra, L., Silva, O., & Iv, C. (s/f). Diseño mecánico y cosmético de una prótesis parcial de mano Mechanical and cosmetic design of a hand partial prosthesis. Sld.cu. Recuperado el 22 de septiembre de 2022, de <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v30n1/ibi03111.pdf>

Rosillo, N. P. (2020, septiembre 16). Beneficios de las prótesis en la salud de las personas. Pixed. <https://pixedcorp.com/beneficios-de-las-protesis-en-la-salud/>

La evolución de las prótesis de mano. (2020, abril 22). Mediprax.mx; Mediprax. <https://mediprax.mx/la-evolucion-de-las-protesis-de-mano/>

(S/f-c). Org.co. Recuperado el 22 de septiembre de 2022, de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v78n169/a22v78n169.pdf>

Web Development. (2007, noviembre 28). Un breve recorrido por la historia de la protésica. Amputee Coalition. <https://www.amputee-coalition.org/resources/spanish-history-prosthetics/>

ventajas y desventajas de las prótesis –. (s/f). angiet12. Recuperado el 22 de septiembre de 2022, de <https://angiet12.wordpress.com/tag/ventajas-y-desventajas-de-las-protesis/>

Quinga Escobar, P. A. (2018). Modelado 3D personalizado y creación de prótesis externa del dedo índice izquierdo, para un funcionamiento biomecánico eficiente (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). De <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9177/1/88T00266.pdf>