

Producto Integrador de Aprendizaje: Prótesis de dedo Índice Derecho

1st Edwin Israel Ramirez Aguilar 1670113, 2nd Alessandra Gonzales Torres 1895846 , 3rd Pedro Yahir Castillo Hernandez 1899652, 4nd Valeria Rosales Garcia 1894544, 5rd Jair Alejandro Tamayo Ibarra 1815498

*Universidad Autonoma de Nuevo Leon
Facultad de ingenieria mecanica y electrica*

Abstract—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.

I. INTRODUCCION

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 por ciento de los encuestados señaló que la prótesis debería ser capaz de extender el dedo índice, 90 por ciento se inclinó hacia la capacidad de controlar los dedos y el 70 por ciento 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.

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.

II. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

A. Antecedentes

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 por ciento

III. 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

A. Hipotesis

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

B. Propuesta

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. 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.

C. Objetivo General

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

D. Objetivos específicos

Analizar el funcionamiento del dedo índice derecho.. Investigar materiales.. Tomar medidas. Realizar bocetos a mano. Modelar el boceto final en un software de diseño. Imprimir en 3D el diseño 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.

E. Lista de materiales

Listado de materiales electronicos:

- * Joystick ARD-358.
- * 2 servomotores.
- * Raspberry pi pico.
- * Protoboard o placa pcb.
- * Jumpers.
- * Fuente de alimentación 5V

F. Gastos durante el proceso de proyecto

- *150 pesos primer propuesta de dedo
- *150 pesos segunda propuesta de dedo
- *270 pesos raspberry
- *40 pesos entre joystick y pines
- *37 pesos lija y kola loka
- *180 pesos 2 servomotores

G. Protesis diseño 3D

Diseño de la prótesis mediante 3D del diseño propuesto para la prótesis de dedo índice siendo esta construida por el software solidwork por el cual acomodamos todo por partes hasta tener la forma completa donde podemos ver las diferentes fases de las piezas en si mismo, siendo estas de un formato sencillo para su movilidad y comodidad

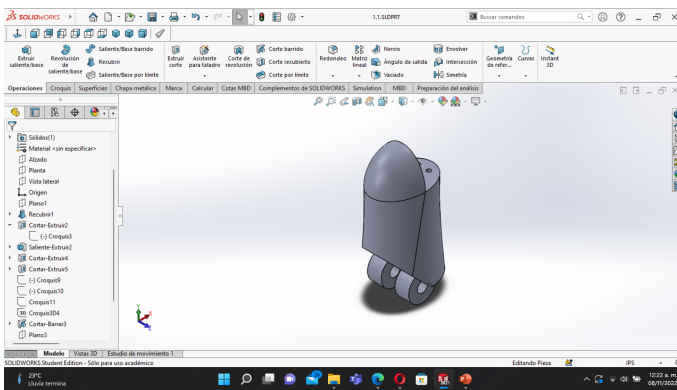


Fig. 1. Falange distal.

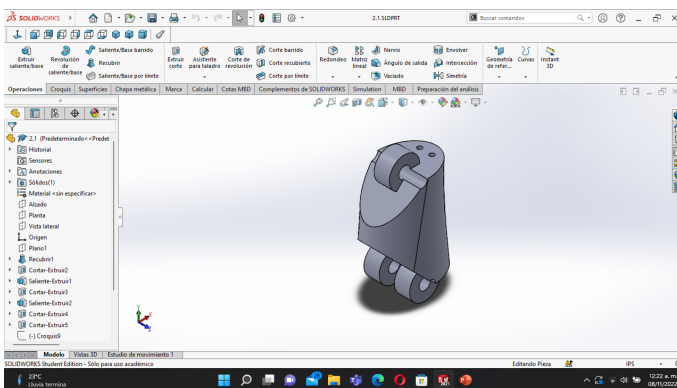


Fig. 2. Falange medial.

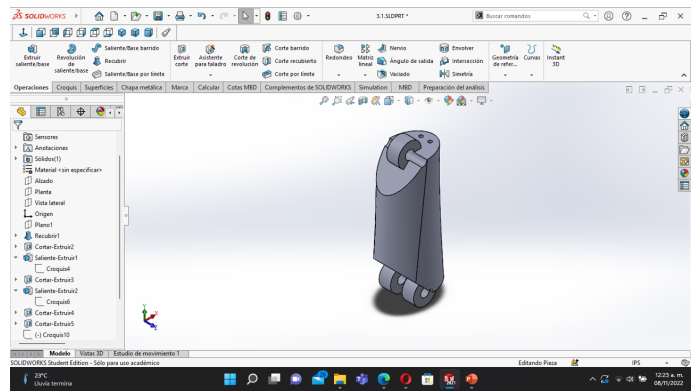


Fig. 3. Falange proximal.

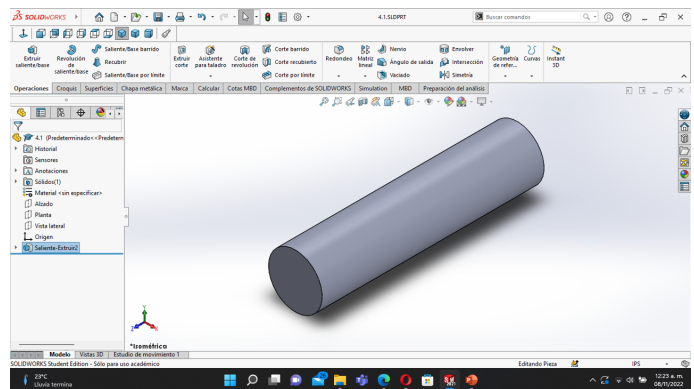


Fig. 4. Comienzo del diseño de donde se empezó.

El material utilizado para la prótesis fue el **Filamento PLA - Ácido Poliláctico**.

El ácido poliláctico o polilactida (PLA) es un poliéster biodegradable y bioactivo compuesto por componentes básicos de ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables totalmente, como son la maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Fue descubierto por primera vez en 1932 por Wallace Carothers.

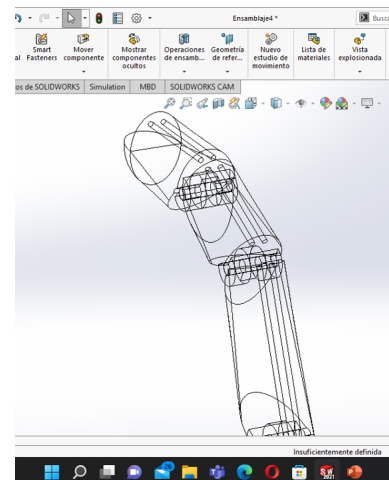


Fig. 5. Vista interior de ejemplo 3D.


Las primeras aplicaciones de PLA de alta densidad se limitaron principalmente a áreas biomédicas debido a su capacidad de ser absorbida biológicamente de forma segura. En las últimas décadas, el desarrollo de métodos de producción económicos y una creciente conciencia medioambiental en los consumidores han llevado al uso generalizado del PLA como material de envasado para bienes de consumo. El PLA se fabrica a partir de fuentes renovables y es compostable, lo que soluciona los problemas de eliminación de residuos sólidos y reduce nuestra dependencia de las materias primas derivadas del petróleo. Actualmente es el segundo bioplástico más producido y consumido en el mundo en términos de volumen.

Entre este tipo de propiedades podemos mencionar:

La programación necesaria para el accionamiento de nuestra parte mecánica, fue realizada en micro-phyton utilizando la interfaz Thonny. Nuestro código es el siguiente:

Python - C:\Users\m\Documents\Arduino\sketch_20230925a\sketch_20230925a.ino | Python 3.12.1

Ficheros Editor Visualizaci3n Ejecutar Herramientas Ayuda



python3x

```
1 from machine import Pin, PWM, ADC
2 from time import sleep_ms
3
4 potX = ADC(26)
5 potY = ADC(27)
6 servoX = PWM(Pin(15))
7 servoY = PWM(Pin(16))
8
9 servoX.freq(50)
10 servoY.freq(50)
11
12 def Map(x, in_min, in_max, out_min, out_max):
13     return int((x - in_min) * (out_max - out_min) / (in_max - in_min) + out_min)
14
15 while True:
16     valX = potX.read_u16()
17     valY = potY.read_u16()
18     pulsoX = potX.read_u16()
19     pulsoY = potY.read_u16()
20
21     pulsoX = Map(valX, 0, 65535, 5000000, 2500000)
22     pulsoY = Map(valY, 0, 65535, 5000000, 2500000)
23
24     servoX.write_pulso(pulsoX)
25     servoY.write_pulso(pulsoY)
26
27     anguloX = Map(pulsoX, 500000, 2500000, 0, 180)
28     anguloY = Map(pulsoY, 500000, 2500000, 0, 180)
29
30     print(anguloX, anguloX, "anguloY", anguloY)
31     sleep_ms(1000)
```

Python - C:\Users\m\Documents\Arduino\sketch_20230925a\sketch_20230925a.ino | Python 3.12.1

Ficheros Editor Visualizaci3n Ejecutar Herramientas Ayuda

Fig. 8. Código del programa.

I. Identify the Headings

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

Component heads identify the different components of your paper and are not topically subordinate to each other. Examples include Acknowledgments and References and, for these, the correct style to use is "Heading 5". Use "figure caption" for your Figure captions, and "table head" for your table title. Run-in heads, such as "Abstract", will require you to apply a style (in this case, italic) in addition to the style provided by the drop down menu to differentiate the head from the text.

Text heads organize the topics on a relational, hierarchical basis. For example, the paper title is the primary text head because all subsequent material relates and elaborates on this one topic. If there are two or more sub-topics, the next level head (uppercase Roman numerals) should be used and, conversely, if there are not at least two sub-topics, then no subheads should be introduced.

CONCLUSIONES

Edwin Israel Ramirez Aguilar 1670113

Para la creación del diseño se tuvieron la plantación de varias e ideas y movimientos de fases para encontrar una correcta formación de uso y del manejo de cómo se quería tener con mayor facilidad la extremidad del dedo índice siendo esta que después de una investigación se optó por un diseño simple pero eficaz, siendo este que nos otorga un movimiento limitado, pero nos permite un manejo casi preciso de los movimientos deseados, por lo cual nos brinda una mejor movilidad y nos da las herramientas para mejorar un posible segunda versión del mismo, siendo esta que nos otorga cierto control y mejor manejo, por lo cual su sencillez, nos da un simplicidad que nos permite manejar.

Alessandra González Torres 1895846

A partir del tema dado, el cual fue desarrollar un dedo índice derecho, se crearon distintas ideas para crear el proyecto. Principalmente discutimos en equipo el diseño y los posibles materiales a utilizar para crear un diseño con buena funcionalidad en el que implementáramos lo que hemos aprendido de programación, se decidió que definitivamente sería una impresión en 3D y en cuanto al diseño se fueron añadiendo cambios para que funcionara con el mecanismo que teníamos en mente (hilos tensores). Posterior a las ideas de diseño se empezó a realizar el mismo en Solidworks para poder mandarlo a imprimir (ya después nos dimos cuenta que tenía pequeños detalles que se tuvieron que cambiar en la segunda impresión). Finalmente, al ya tener el diseño impreso y el circuito necesario para mover los hilos tensores se hicieron pruebas al resultado final que fueron satisfactorias.

Jair Alejandro Tamayo Ibarra 1815498

El haber realizado el dedo biónico fue un reto completamente nuevo para nosotros, ya que no solamente tuvimos que enfocarnos en lo que es la realización de la electrónica, no

como ya estamos acostumbrados en otros semestres, también nos estuvimos enfocando en la cuestión del diseño, y el material en el que lo íbamos a construir, en el cual fue un proceso un poquito largo, por el motivo en el que tenemos que buscar la mejor alternativa tanto para el software de diseño, como para el material, como en todos los trabajos, tuvimos nuestras fallas, que inclusive también tuvimos una primer propuesta de diseño en la cual salió mala la impresión, realizamos la corrección y la segunda propuesta de diseño ya fue la correcta, la verdad sí fue un reto haber realizado el proyecto, pero supimos manejarlo y sacarlo adelante, aprendimos mucho con las investigaciones que realizamos a lo largo del semestre.

Valeria Rosales García 1894544

Con la propuesta inicial dada, se tuvo que investigar acerca de los posibles diseños que se podrían realizar para así conseguir un dedo índice derecho funcional, para esto hicimos primero el diseño de un dedo el cual sí imprimimos, pero este tuvo un detalle para el ensamblaje, nos dimos cuenta de nuestro error y se procedió a corregirlo y volver a imprimirlo nuevamente ya con el nuevo dedo se pudo ensamblar de manera correcta, ahora todo lo que teníamos que hacer fue investigar acerca de la parte electrónica de nuestro proyecto, que clase de motor se iba a utilizar, en este caso fueron 2 motores servo SG90, un Joystick ARD-358, de parte del controlador se usó un Raspberry pi pico, un funete de alimentación de 5V, jumpers y una protoboard, también se realizó la programación de este para llegar al resultado final de una prótesis funcional de un dedo índice de mano derecha.

Pedro Yahir Castillo Hernández

Durante el transcurso de la clase ordinaria de biomecánica, aprendimos y desarrollamos nuestra metodología de trabajo para cumplir con el objetivo propuesto al inicio, el cual consistió en realizar el prototipo de una prótesis de dedo índice. Nuestros primeros pasos fueron trabajar con la parte del diseño de la prótesis, realizamos distintas propuestas en el software de Solidworks, una vez elegido el diseño definitivo se mandó a imprimir en 3D, cabe mencionar que tuvimos que realizar modificaciones a este diseño ya que al momento de realizar el primer ensamblado físico, se presentaron algunos problemas de diseño, por lo que fue necesario retrabajarlo y volver a imprimirlo. Posteriormente trabajamos la parte de la electrónica para el movimiento mecánico de la prótesis, es una parte sencilla, consiste de dos servomotores controlados por un joystick, trabajando con la raspberry pi pico como microcontrolador, y programación en python. Nuestros resultados fueron favorables, logramos implementar un diseño funcional y de bajo costo, esto no significa que no quede nada más que pulir, al contrario, desde el principio y hasta el final del proyecto pudimos notar ciertas áreas de oportunidad que podríamos aprovechar en todo caso de querer seguir trabajando con la propuesta.

REFERENCES

- [1] Diseño de una prótesis biomecánica para niños. Redalyc.org. Recuperado el 13 de noviembre de 2022, de <https://www.redalyc.org/journal/707/70745478008/html/>
- [2] 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>
- [3] 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/>
- [4] 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>
- [5] La evolución de las prótesis de mano. (2020, abril 22). Mediprax.mx; Mediprax. <https://mediprax.mx/la-evolucion-de-las-protesis-de-mano/>