

Guante ortopédico de rehabilitación para entrenamiento de dedos

María de Lourdes Salinas Callejas
Ing. Mecatrónica
Tecnológico de Estudios Superiores de
Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli , Estado de México
maria.sc@cuautitlan.tecnm.mx
0000-0001-8930-9968

Alexis Eli Yáñez Cortez
Ing. Mecatrónica
Tecnológico de Estudios Superiores de
Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli , Estado de México
183113096@cuautitlan.tecnm.mx

Héctor Rivero Vera
Ing. Mecatrónica
Tecnológico de Estudios Superiores de
Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli , Estado de México
hector.rv@cuautitlan.tecnm.mx

Martín Pineda Zarate
Ing. Mecatrónica
Tecnológico de Estudios Superiores de
Cuautitlán Izcalli
Cuautitlán Izcalli , Estado de México
183113168@cuautitlan.tecnm.mx

Resumen— *Diseño y construcción de un prototipo funcional guante ortopédico, empleando un mecanismo programable, a través de la cual le permitirá al paciente poder seleccionar los ejercicios predeterminados para la rehabilitación y el tiempo en el que se llevará a cabo el ejercicio.*

Este producto tiene como finalidad ayudar a que las personas con parálisis en la zona de la mano puedan recuperar la movilidad a en un porcentaje considerable, al igual; facilitar el trabajo de los especialistas y encargados en realizar los ejercicios de rehabilitación.

Keywords— *Rehabilitación, Mecanismo Programable, Ejercicios, Ayudar*

Abstract— *Design and construction of a functional orthopedic glove prototype, using a programmable mechanism, controlled through which it will allow the patient to select the predetermined exercises for rehabilitation and the time in which the exercise will be carried out.*

The purpose of this product is to help people with paralysis in the hand area recover mobility in a considerable percentage, as well as; facilitate the work of specialists and those in charge of carrying out rehabilitation exercises.

Keywords— *Rehabilitation, Programmable Mechanism, Exercises, Assist*

I. INTRODUCTION (HEADING 1)

En México, la Encuesta Nacional de la Dinámica Demográfica (ENADID) entre otras fuentes, han indicado que un porcentaje significativo de la población tiene algún tipo de discapacidad. Específicamente, las discapacidades en las manos o extremidades son parte de las estadísticas generales.

Aunque las cifras exactas pueden variar, se estima que alrededor del 1% al 2% de la población presenta algún tipo de discapacidad motriz, que puede incluir problemas en las manos. Con base a esta necesidad se opta por desarrollar un prototipo “Guante ortopédico para rehabilitación de dedos”, donde se mostrará una investigación minuciosa respecto al tema de la parálisis y los ejercicios para esta, así como conocimientos médicos respecto al movimiento sobre la mano y los sistemas mecánicos que ayudaran a que sea cómodo para la mano, respondiendo a las preguntas, ¿Cómo funciona?, ¿Qué material? y ¿Cuál es el costo para construirlo?. Para ello

se tuvo el apoyo de la Dra. María del Consuelo Castro Muñiz del ISSSTE, a quién agradecemos su apoyo y conocimiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

II. ANTECEDENTES

En el campo de la ingeniería y bioingeniería se están realizando grandes avances en la creación de dispositivos mecatrónicos tipo exoesqueleto, para piernas o brazos, que permita al ser humano mejorar su calidad de vida.

Estos dispositivos tienen varias aplicaciones, como por ejemplo ayuda con facilidad a cargar objetos pesados al ejercer una fuerza superior por un humano. Este proyecto está enfocado a los dispositivos de rehabilitación de extremidades, y en particular, los dedos de la mano.

Tomando como referencia los exoesqueletos se presentan algunos de los proyectos de investigación realizados:

A. Universidad de Malaga

El exoesqueleto personalizado a través de un movimiento continuo pasivo desarrollado por la Universidad de Malaga la principal característica de su investigación consiste en que cada prototipo, que se diseña de forma virtual, está personalizado y reproduce el propio movimiento de los dedos de la mano del paciente.

En la figura 1. vemos el exoesqueleto que está formado por un mecanismo con un grado de libertad, es decir, un sólo motor, que reproduce el movimiento del dedo desde la extensión hasta la flexión y viceversa. El rango y frecuencia del movimiento es programado previamente de acuerdo a las indicaciones recibidas por el rehabilitador. El mecanismo está compuesto por una serie de piezas unidas por medio de articulaciones que les permiten rotar y que hacen que el dedo se mueva de una forma ‘natural’ y controlada.

FIGURA I



^a. Diseño en modo virtual

^b. Mecanismo con un grado de libertad

Fig. 1. Esqueleto para rehabilitación de dedos “Universidad de Malaga”

B. Universidad de Seúl Exo-Glove Poly

El exoesqueleto desarrollado por la Universidad Nacional de Seúl en Corea, permite funciones como el agarre de objetos de diferentes tamaños y otras funciones más finas como la pinza. Se puede utilizar en estancias como la cocina o el baño, ya que el guante es resistente al agua. Inspirado en los dedos humanos, este guante robótico flexible similar al caucho es superior a los voluminosos exoesqueletos debido a su ligereza, compacidad y mayor facilidad de uso.

Exo-Glove Poly vemos en la figura 2, tiene tres dedos que se ajustan sobre el pulgar, el índice y el dedo medio del usuario, con un sistema de cables de enrutamiento de tendón suave. El motor, controlado por un simple interruptor, tira de los cables para abrir y cerrar la mano.

FIGURA II



Fig. 2. Exo-Glove Poly "Universidad Nacional de Seúl"

Los mecanismos accionados por tendones nos permiten minimizar el tamaño del sistema y separar el sistema de actuación del guante. Esto requiere que el usuario use solo la parte del guante de Exo-Glove Poly, y el sistema de accionamiento puede equiparse en el respaldo de una silla de ruedas o colocarse sobre una mesa.

C. Empresa Cyber Glove Systems

La empresa Cyber Glove Systems con la creación de sofisticados guantes captura el movimiento en 3D, con sus productos permiten a los usuarios capturar detalladamente los movimientos de los dedos, manos y brazos para digitalizarlos e interactuar, en realidad virtual, con objetos y entornos virtuales.

Entre sus productos fabricados esta CyberTouch el cual incorpora sensores vibro táctiles en el interior de las yemas de los dedos, como se observa en el figura 3. Estos sensores son pequeños y livianos, lo que reduce el peso y el volumen de la iteración anterior, al tiempo que brindan una experiencia sensorial realista.

El conjunto de estimuladores puede generar sensaciones simples, como pulsos o vibraciones sostenidas, y se pueden usar en combinación para producir patrones de retroalimentación táctil complejos. Los desarrolladores de software pueden diseñar sus propios perfiles de actuación.

FIGURA III



Fig. 3. Guante CyberGlove

El sistema de captura de movimiento CyberGlove se ha utilizado en una amplia variedad de aplicaciones del mundo real, incluida la evaluación de prototipos digitales, biomecánica de realidad virtual y animación.

D. Exoesqueleto Universal UNAM

Investigadores del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM, han creado un exoesqueleto robótico, el cual permitiría la rehabilitación de las lesiones. La invención de los científicos Miguel Ángel Padilla Castañeda y Juan Salvador Pérez Lomelí, tiene la capacidad de producir tres movimientos básicos de la muñeca: aducción-abducción (parecido a seguir la forma de un abanico), pronación-supinación (de arriba hacia abajo) y flexión-extensión (similar a estirar la mano para mover una espada).

El dispositivo está conformado por una base fija y tres círculos que permiten cada uno de los movimientos, como se observa en la figura 4. Tiene un largo de 25 centímetros, un diámetro interior de 14 centímetros y uno exterior de 20 centímetros. De acuerdo con los académicos de la UNAM, para las pruebas iniciales se utilizó plástico en su construcción. Sin embargo, para el primer prototipo, ya con la parte mecánica, se usará acero.

FIGURA IV

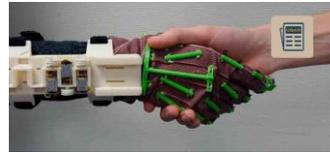


Fig. 4. Esqueleto desarrollado por la UNAM

III. METODOLOGÍA/ DESARROLLO

Metodología Desarrollo de prototipo

Se toma como base la metodología de desarrollo de prototipo, que consta de 6 fases las cuales nos permitirán llegar al objetivo:

- Paso 1: Recopilación y análisis de requisitos
- Paso 2: Diseño rápido
- Paso 3: Construir un prototipo
- Paso 4: Evaluación inicial del usuario
- Paso 5: Refinar el prototipo
- Paso 6: Implementar el producto y mantener

A. Recopilacion y analisis de requerimientos

ANATOMIA DE LA MANO La mano está compuesta de diferentes huesos, músculos, y ligamentos que permiten realizar varios movimientos y destrezas como vemos en la

figura 5. La estructura de la mano la integran tres principales tipos de huesos, entre los cuales se incluyen:

- Falanges. Los 14 huesos que están en los dedos de cada mano y también en los dedos de cada pie. Cada dedo tiene tres falanges (distal, media y proximal); solamente el pulgar tiene dos.
- Huesos metacarpianos. Los cinco huesos que componen la parte media de la mano.
- Huesos carpianos. Los ocho huesos que forman la muñeca. Los huesos carpianos están conectados a dos huesos del brazo--el hueso cúbito y el hueso radio.

FIGURA V



Fig. 5. Anatomía de la mano

EJERCICIOS PARA TERAPIA FÍSICA DE MANO

Algunos ejercicios recomendados para realizar terapia de mano son:

1. Hacer puño.

Abrir y cerrar todo lo posible cada mano, sin incluir el dedo pulgar dentro del puño, de acuerdo a la figura 6.

FIGURA VI



Fig. 6. Hacer puño

2. Hacer la letra O

Acercar la punta del dedo pulgar a la punta del índice y del corazón haciendo con cada uno de ellos la forma de la letra O, como se muestra en la figura 7.

FIGURA VII

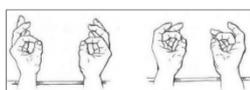


Fig. 7. Letra O

3. Extensión y flexión de pulgar

Todas las articulaciones del pulgar se mueven en el plano de flexión-extensión, de acuerdo a la figura 8.

FIGURA VIII



Fig. 8. Extensión de pulgar

4. Flexión-extensión de dedos sobre una mesa

Para fortalecer la muñeca, se debe mantener los pulgares separados del resto de los dedos, y dirigidos uno hacia otro, flexionar por completo los demás dedos cerrando la mano y volver a extenderlos sobre la mesa, de acuerdo a la figura 9.

FIGURA XI

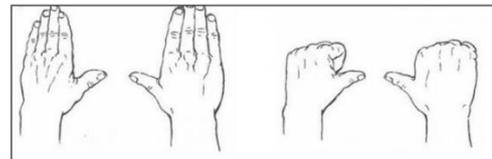


Fig. 9. Flexión extensión de dedos

MOVIMIENTOS EN FLEXO-EXTENSIÓN

Inclinación de la palma de la mano hacia la cara anterior del antebrazo, comienza en la segunda fila del carpo que provoca la tensión de los ligamentos de la articulación carpiana media.

Este movimiento de flexión varía entre 70 a 90 grados y en él se involucran las articulaciones intercarpianas en aproximadamente un 60% y la articulación radiocarpiana en un 40%. La flexión se consigue cuando se activan los músculos: palmar mayor, cubital anterior, abductor del pulgar y flexores de los dedos. Se realiza de forma sinérgica con la flexión de los dedos o con la flexión previa de estos.

EQUIPO (HW/SW, MATERIAL).

La estructura del prototipo se emplea acrílico transparente, siendo este un material resistente, que se puede cortar a la medida y es de bajo peso. De acuerdo a su diseño en SolidWorks, el acrílico será una parte fundamental para el prototipo.

Para lograr el movimiento de los dedos, se emplea servomotores MOT-100 por ser adecuados para una tarea simple de rotación de 180°, así también se utiliza Arduino Uno para la programación de los actuadores.

B. Diseño rápido

En esta fase se toma como base los movimientos de las manos, para sustituir de manera automatizada. Para ello se realiza el diseño de la conexión mediante el programa tinkercad, donde se programa cada uno de los movimientos que realizara de acuerdo a la secuencia de los ejercicios de rehabilitación, de acuerdo a la figura 10.

posteriormente se realizará la estructura del diagrama con la finalidad de identificar la conexión de los componentes para su simulación, de acuerdo a la figura 10.

FIGURA X

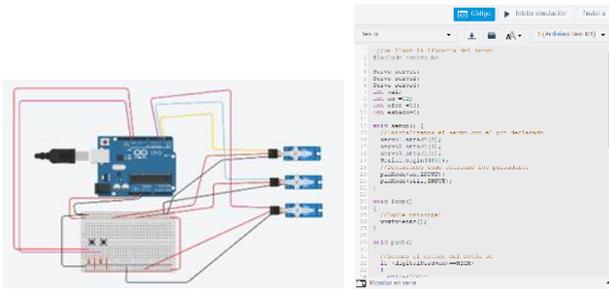


Fig. 10. Diseño del circuito en Tinkercad

Tomando como base las medidas de la mano de una persona adulta, se realiza el diseño de falanges, los cuales permiten imitar los movimientos de la mano, con la finalidad de replicar los mismos. Para ello se realizaron los diseños en SolidWork, como se muestra en la figura 11.

FIGURA XI

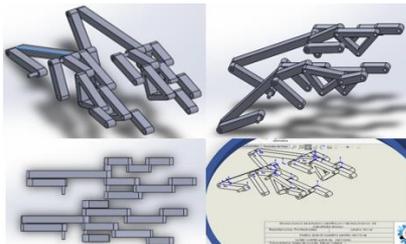


Fig. 11. Diseño de los falanges en Solidworks

Seleccionar el material que se utilizará en la elaboración de prótesis es crucial por varias razones, como por ejemplo:

- **Compatibilidad Biológica:** Los materiales deben ser biocompatibles para evitar reacciones adversas en el cuerpo. Esto es esencial para garantizar la aceptación del implante por parte del organismo.
- **Durabilidad y Resistencia:** Los materiales deben ser lo suficientemente resistentes para soportar las fuerzas mecánicas y el desgaste diario, especialmente en prótesis de carga como las ortopédicas.
- **Funcionalidad:** La elección del material afecta la funcionalidad de la prótesis. Por ejemplo, los materiales ligeros pueden ser más cómodos,

mientras que los materiales más pesados pueden ofrecer mayor estabilidad.

- **Costos:** La selección de materiales también puede influir en el coste total de la prótesis. Algunos materiales pueden ser más accesibles que otros, afectando la viabilidad económica del tratamiento.
- **Facilidad de Fabricación:** La manufactura de la prótesis puede verse influenciada por el tipo de material. Algunos materiales son más fáciles de moldear y adaptar a las necesidades del paciente.

Por ello se considera una parte fundamental seleccionar el material adecuado es fundamental para garantizar la eficacia, seguridad y comodidad de las prótesis, así como optimizar la experiencia del paciente.

C. Construir un prototipo

En la figura 12 se observa los cortes en acrílico de cada uno de las falanges, siguiendo el diseño en Solidworks. Se realiza el armado de cada falange empleando tornillos y rondanas, adaptado a un guante de hilo y atado con velcro . Se emplea la utilización de acrílico, con la finalidad de que será rígido para el movimiento. Se adapta a un guante, adaptado con velcro para el amarre y ajuste de los dedos de acuerdo a la mano del paciente.

FIGURA XIII



Fig. 12. Armado de las falanges “Estructra de la mano”

Arduino Uno es una placa de desarrollo programable que permite de forma práctica y sencilla, programar en Arduino IDE el funcionamiento de los actuadores o sensores. De acuerdo a la figura 13 se realiza la programación de los actuadores que simularan el movimiento de mano.

FIGURA XIII



Fig. 13. Programación Arduino IDE

IV. RESULTADOS

El desarrollo del guante ortopédico representa un avance significativo en la mejora de la calidad de vida de las personas con afecciones en las manos. A través de un diseño básico, da parte a la primera fase del guante de rehabilitación para el fortalecimiento de los músculos afectados, de acuerdo a la figura 14. La integración de materiales ergonómicos y tecnologías adaptativas asegura que el guante se ajuste a las necesidades específicas de cada usuario, promoviendo su independencia y bienestar.

La investigación realizada demuestra que, con la implementación de este guante, se pueden reducir las limitaciones en la movilidad y mejorar la capacidad funcional en actividades diarias. Este proyecto no solo tiene un impacto físico, sino que contribuye a la autoestima y la salud mental de los usuarios.

FIGURA XIV

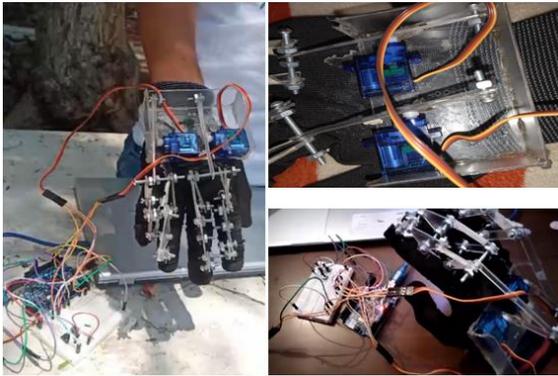


Fig. 14. Prototipo

Link de videos

https://www.canva.com/design/DAGSq13yc_w/1R6IrkizZ0q8h8nC2Qc8vQ/view?utm_content=DAGSq13yc_w&utm_campaign=designshare&utm_medium=link&utm_source=editor

CONCLUSIONES

Se concluye con una versión inicial del prototipo, dejando como resultado el conocimiento del funcionamiento de la mano, así como la automatización del movimiento. Quedando como base para las siguientes investigaciones .

Considerando importante, que este prototipo pueda solidificarse en un producto final que pueda ayudar a las personas para su rehabilitación, a un menor costo el cual pueda ser empleado en instituciones públicas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cyberglovesystems. (2008). cyberglovesystems. Obtenido de <https://www.cyberglovesystems.com/about-us>
- [2] FlintRehab. (s.f.). FlintRehab. Obtenido de <https://www.flintrehab.com/es/ejercicios-de-terapia-ocupacional-para-mano/>
- [3] MedilinePlus. (2021). MedilinePlus. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000041.htm#:~:text=Un%20esguince%20es%20una%20lesi%C3%B3n,articulaci%C3%B3n%20duele%20y%20se%20inflama.>
- [4] RhbNeuromad. (2018). RhbNeuromad.
- [5] Roja, C. (s.f.). Inscripción Centro Autorizado (NICA) N°: 16111. Obtenido de <https://hospitalveugenia.com/blog/consejos-de-salud/lesiones-de-los-tendones-de-la-mano-flexores-y-extensores/>
- [6] UNAM. (22 de 08 de 2016). Boletín UNAM-DGCS-563. Obtenido de https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016_563.html#:~:text=Acad%C3%A9micos%20y%20egresados%20de%20la%20carrera%20en%20Ingenier%C3%ADa%20Mecatr%C3%B3nica%20de,pueden%20mover%20sus%20extremidades%20inferiores.