



VII CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18
junio 2016

Unidad de Seminarios, BUAP



DISEÑO DE UN COMPLEJO ARTICULAR DE PALANCAS PARA LA SUB-ACTUACIÓN DEL PULGAR EN UNA MANO ROBÓTICA

Jesús A. Ordaz^a, E. Soto^a, José Eligio Moisés Gutiérrez Arias^a,

^aBenemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. Puebla, j.a.ordaz@live.com.mx,
emilio.soto@correo.buap.mx, jmgutierrez@ece.buap.mx

RESUMEN

En la presente se propone el diseño Mecatrónico de un dedo pulgar sub-actuado de tres articulaciones para su implementación en una mano robótica antropomórfica, tomando como punto de partida el desarrollo de un sistema sub-actuado para el movimiento independiente en cada dedo, con el fin de disminuir el número de actuadores eléctricos e incorporando una innovadora propuesta de diseño mecánico, la cual, recae en el uso de un complejo articular mecánico para la transmisión de movimiento, a través de un arreglo de palancas para la actuación del movimiento de cierre y apertura de cada uno de los dedos multi-articulados de forma independiente.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia se han desarrollado diversas propuestas de diseños mecánicos y electrónicos para la implementación y construcción de manos robóticas, hasta el grado de pensar que ya no hay mucho por hacer dentro del área de la robótica en el ámbito de la generación de manos articuladas. Sin embargo, estos modelos presentan demasiadas restricciones, así como un alto grado de complejidad en sus modelos descriptivos para su funcionamiento.

Las nuevas y mejores tecnologías en software, manufactura y sistemas electrónicos, permiten hoy en día la generación de nuevas propuestas de actuación y fabricación de sistemas robóticos, mediante el uso de estructuras complementarias y funcionales; así como el desarrollo de nuevas técnicas para la simulación de los sistemas de control para los problemas de estabilidad, seguimiento de trayectoria, síntesis y optimización de la planta como objeto de investigación.

2. TEORÍA

El pulgar ocupa una posición y desempeña una función aparte en la mano, puesto que es indispensable para realizar las pinzas pulgodigital con cada uno de los dedos restantes, y en particular con el dedo índice, la llamada pinza fina; así como también para la constitución de una presa de fuerza con los otros cuatro dedos.

El pulgar también puede participar en acciones asociadas a las presas que conciernen a la propia mano. Sin el pulgar, la mano pierde la mayor parte de sus posibilidades [1]. El pulgar debe esta función eminente, por una parte, a su localización por delante tanto de la palma de la mano como de los otros dedos que le permite, en el movimiento de oposición, dirigirse hacia los otros dedos, de forma aislada o global, o separarse por el movimiento de contra-oposición para relajar la presa. La oposición del pulgar es la facultad para desplazar la yema del pulgar para contactar con él las yemas del resto de los cuatro dedos para realizar lo que se ha venido a considerar la pinza pulgodigital: este movimiento representa lo esencial del valor funcional de la mano, su pérdida conlleva a la inutilidad práctica de la mano.



Los movimientos de flexoextensión y de ante-retroposición del primer metacarpiano se originan en la posición neutra o de reposo muscular del pulgar, como la definieron C. Hamonet y P. Valentin [1], correspondiendo a la posición de silencio electromiográfico: ninguno de los músculos del pulgar, en estado de relajación, libera potencial de acción. Esta posición N puede precisarse en las radiografías: la proyección sobre el plano frontal F, forma un ángulo de 30° . En el plano sagital S, el mismo ángulo es de 40° y en el plano transversal T (o coronal) es de 40° , ver Figura 1.

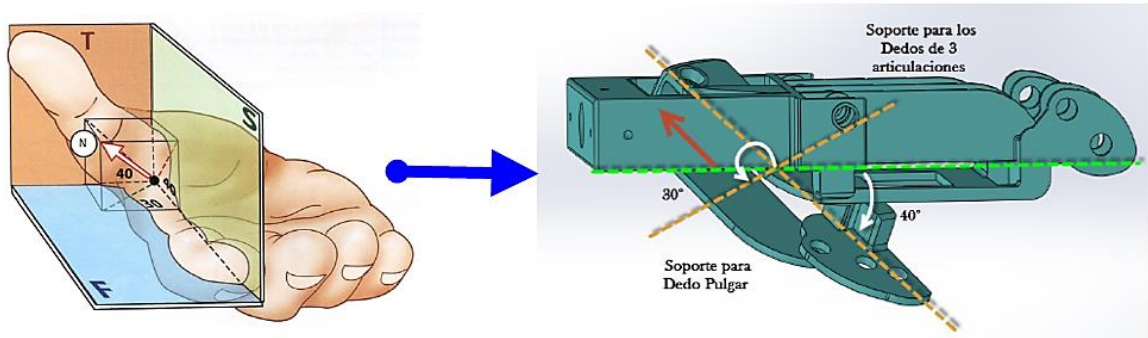


Figura 1. Posición del pulgar sobre un plano para el movimiento de oposición.
Editado de [1]

Sí se tomara una radiografía de frente de la columna del pulgar de frente, ver Figura 2, se podría apreciar que la carrera de ante-retropulsión es de $22^\circ \pm 9^\circ$, con una diferencia dependiente del sexo. Si se tomara una radiografía de perfil de la columna del pulgar, se podría constatar que la carrera de flexoextensión es de $17^\circ \pm 9^\circ$ con una diferencia dependiente al sexo [1].

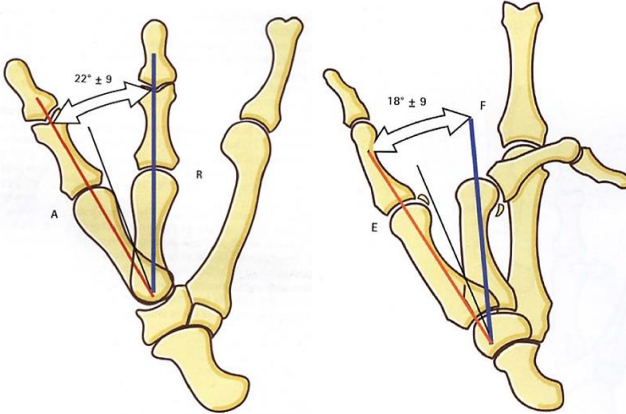


Figura 2. Radiografía del frente y perfil de la columna del pulgar.
Tomado de [1]



La flexión activa, va de aproximadamente 60 a 70 grados, la flexión pasiva puede alcanzar 80 e incluso hasta los 90°. Es en el transcurso de este movimiento que pueden observarse los componentes elementales para el movimiento de oposición del pulgar, gracias a los triedros.

A primera vista, la articulación interfalángica del pulgar no tiene demasiado misterio, ya que es del tipo troclear y posee un único eje transversal y fijo. Pero guarda ciertas peculiaridades en torno al movimiento de oposición del pulgar. Para el movimiento de flexión activa, ver Figura 2.10, se tiene un rango que va de 75 a 80, los cuales podrían medirse con un goniómetro, mientras que la flexión pasiva, puede alcanzar hasta los 90.

3. PARTE EXPERIMENTAL

El diseño de las cadenas cinemáticas para la sub-actuación del dedo pulgar, se basa en la metodología descrita para obtención del complejo articular de las palancas para un dedo artificial de 3 articulaciones, con una nueva relación funcional de correspondencia para la generación de los movimientos [4,7].

La idea principal de diseñar el dedo pulgar como una cadena articular de tres articulaciones sub-actuadas por palancas, es la de implementar de manera análoga la simplificación propuesta del modelo cinemático para un dedo artificial con 3 articulaciones, contemplando de forma particular una relación de movimiento, al proponer la implementación del hueso metacarpiano como la primera palanca del pulgar, para de esta manera, la falange proximal y distal describan a las palancas 2 y 3 respectivamente.

Para el diseño del dedo pulgar como una cadena articular de tres palancas y tres articulaciones, esta basado en la síntesis de las palancas, que conformarían de manera análoga el hueso metacarpiano, la primera y segunda falange, basadas en el software GeoGebra, ver Figura 3.

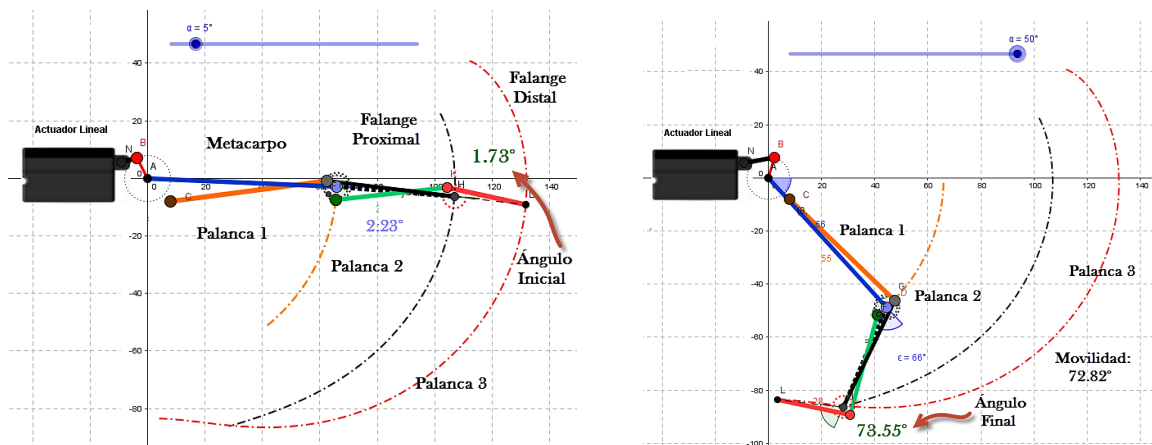


Figura 3. Valor angular inicial y final para el movimiento de flexoextensión del pulgar.



Sintetizados los parámetros ideales para la implementación del dedo pulgar, a través de un sistema de 3 articulaciones y 3 palancas, se verifica la función de correspondencia lineal $f_k = -0.02x + 3$, determinada como la relación del movimiento de los eslabones 2 y 3 con respecto al de entrada o motriz en el dedo pulgar. En la Figura 4 se observa que el diseño del complejo articular para el pulgar, se limita a un rango de operación funcional descrito por la aproximación lineal de la transferencia de movimiento.

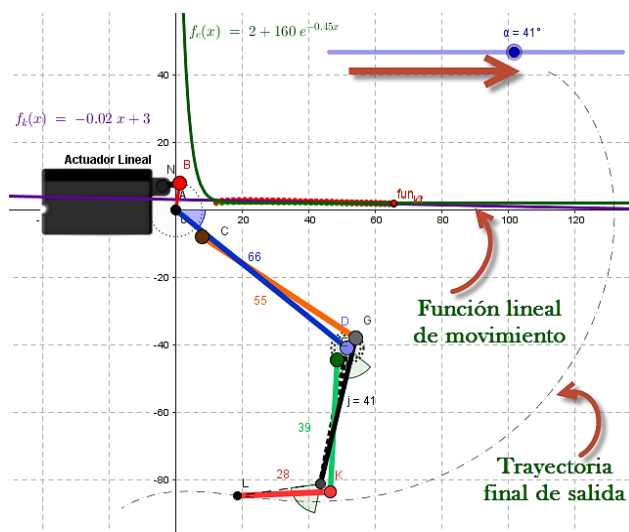


Figura 4. Función de correspondencia lineal para el movimiento del dedo pulgar.

Dependiendo de la distancia que existe entre el punto de conexión de la cadena cinemática del pulgar con respecto a la sección transversal de la estructura del resto del soporte para los otros dedos, se obtiene una geometría definida para el tipo de sujeción y el ahuecamiento en la palma de la mano artificial propuesta. Por ello, se delimita la distancia en la que se obtenga la funcionalidad en la manipulación de objetos con un volumen promedio (capacidad de agarre de objetos esféricos y cilíndricos), como se muestra en la Figura 5, para que finalmente se fije como un sólido.

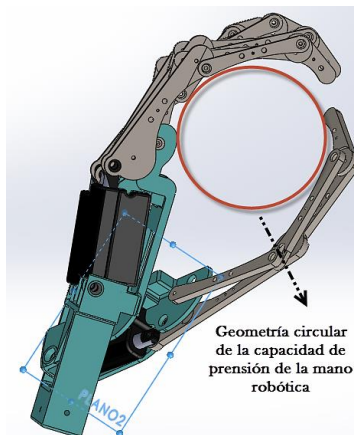


Figura 5. Geometría del ahuecamiento de la mano robótica (función oposición).



Finalmente, para verificar la funcionalidad del movimiento mecánicamente hablando en cada uno de los dedos, se realiza la alimentación de cada uno de los actuadores, con el objetivo de visualizar y analizar espacialmente las dimensiones reales de la mano robótica, así como para evaluar su desempeño al realizar el movimiento de la pinza fina, ver Figura 4.13, verificando el sistema, hablando estrictamente en su operación en lazo abierto y que cuyo prototipo se puede observar en la Figura 6.

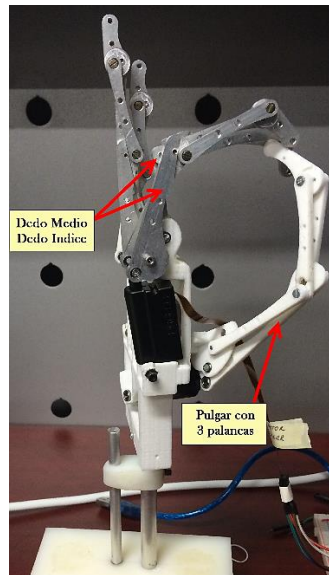


Figura 6. Movimiento de oposición del pulgar en la mano robótica (prototipo a escala real).

4. CONCLUSIONES

Biomecánicamente se demuestra la funcionalidad de la síntesis de palancas en los movimientos de extensión y flexión de los dedos articulados de la mano robótica. Ya que se verificó que el uso de 3 palancas con la intervención de un solo actuador lineal en función de un sistema sub-actuado, permite representar de una manera muy aproximada o similar los rangos de movilidad y área de trabajo sobre un plano de los dedos robóticos con respecto a los humanos, como lo son: el dedo índice, medio o corazón, anular y meñique; así como el dedo pulgar, ya que este no es la excepción, como se ha demostrado en su diseño basado en el principio de sub-actuación de 3 palancas o cadenas cinemáticas cerradas. Para este caso particular, tomando como la primera el metacarpiano, ya que únicamente cuenta con 2 falanges de manera natural, que junto con estas y el metacarpo, se obtiene la cadena cinemática de 3 palancas.

El sistema de mano sub-actuada, es la solución intermedia entre la implementación y desarrollo de manos robóticas dirigidas a la ejecución de tareas de manipulación y movimientos de pinzas simples (control simple, pocos actuadores, tareas específicas). Las manos artificiales comúnmente requieren el uso de actuadores voluminosos y sistemas de transmisión complejos, elementos que no concuerdan con las estrictas restricciones en peso y tamaño para la generación de manos robóticas antropomórficas; razón por la cual, la propuesta de diseño de un dedo sub-actuado dará pauta a la generación de un sistema robótico utilizando un menor número de recursos tecnológicos y económicos.



VII

CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA APLICADA A CIENCIAS DE LA SALUD

"GENERACIÓN DE NUEVAS TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO"

16-18
junio 2016

Unidad de Seminarios, BUAP



BIBLIOGRAFÍA

1. A.I. Kapandji, *"Fisiología Articular"*. (6a Edición) Tomo 1, Editorial Médica Panamericana. Madrid España, 2006.
2. I. Zavala Villalva, *Mecánica II, "Análisis y Síntesis de Mecanismos"*. (2a Edición), 2010.
3. Rafael Kelly, Víctor Santibañez, *Robótica y Automática, Control de Movimiento de Robots Manipuladores*. Pearson Prentice Hall, Editorial PERSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid, 2003.
4. E. Soto, Modeling, *"Design and Construction of Articulated Hand for use in prosthetics, with adaptive control Neural Networks based on mathematical model for finger"*, Instituto Tecnológico de Puebla, 978-0-7695-4284-3/10 IEEE DOI 10.1109, 2010.
5. V. Bundhoo, E. J. Park, *"Design of an Artificial Muscle Actuated Finger towards Biomimetic Prosthetic Hands"*, Department of Mechanical Engineering, University of Victoria, PO BOX 3055 STN CSC, Victoria, 2005, pp. 368-375.
6. J. Zhao, L. Jiang, S. Shi, H. Cai, H. Liu, G. Hirzinger, *"Five-fingered Underactuated Prosthetic Hand System"*, Robotics Institute of Harbin Institute of Technology, DLR Harbin, P.R.China, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2006, pp. 1453-1458.
7. Jesús A. Ordaz, E. Soto, J.E.M. Gutiérrez-Arias, *"Análisis Cinemático y Síntesis de un Sistema de Palancas para la Sub-actuación de un Dedo Artificial con 3 Articulaciones"* ISSN: 1405-1249, XI Semana Nacional de Ingeniería Electrónica, Pistas Educativas, Octubre 2015, Vol.112, Pag.1134-1154.
8. *"Modelo Matemático y Control PD para un Dedo Robótico Articulado incorporando un Sistema de Palancas"* ISSN: 2007-7394, SIMPOSIO IBEROAMERICANO MULTIDISCIPLINARIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS, Memorias en Extenso, Septiembre 2015, Vol.3, Pag.388-392.
9. D. Yang, Jing-dong Zhao, Yi-kun Gu, Xin-qing Wan, Nan Li, Li Jiang, Hong Liu, Hai Huang, Da-wei Zhao, *"An Anthropomorphic Robot Hand Developed Based on Underactuated Mechanism and Controlled by EMG Signals"*, ELSEVIER Journal of Bionic Engineering 6, 2009, pp. 255-263.
10. R. Balasubramanian, Aaron M. Dollar, *"Performance of Serial Underactuated Mechanisms: Number of Degrees of Freedom and Actuators"*, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011, pp. 1823-1829.
11. Alessandro Battezzato, *"Towards an underactuated finger exoskeleton: An optimization process of a two-phalange device based on kinetostatic analysis"*, ELSEVIER Mechanism and Machine Theory 78, 2014, pp. 116-130.
12. M. Suarez-Escobar, J. Gallego-Sanchez, E. Rendon-Velez, *"Mechanisms for linkage-driven underactuated hand exoskeletons: conceptual design including anatomical and mechanical specifications"*, SPRINGER Int J Interact Des Manuf, 2015.