

Tema A1a. Diseño Mecánico. Experimentación analítica del espacio de trabajo de un mecanismo en lazo abierto.

“Obtención del rango de movilidad de los dedos índice, medio, anular y meñique”

Barrera Garcia Angel David^a, Merchán Cruz Emmanuel Alejandro^b, Rodriguez Cañizo Ricardo Gustavo^c, Hernandez Lara Derlis^d, Hernandez Valencia Gerardo^e

^{a,b,c,d} Instituto Politécnico Nacional (IPN), Sección de Estudios de Posgrado e Investigación (SEPI), Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Azcapotzalco, Av. de las Granjas No. 682, Col. Sta. Catarina, Del. Azcapotzalco, C.P. 02550, Ciudad de México, México.

^e Universidad Politécnica del Valle de México (UPVM), Avenida Mexiquense s/n, esq. Universidad Politécnica, Col. Villa Esmeralda, Tultitlán, C.P. 54910, Estado de México, México.

*Barrera Garcia Angel David. Dirección de correo electrónico: david.barrera.docencia@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el análisis cinemático de los dedos índice, medio, anular y meñique, en el cual se exploran los movimientos de flexión de las falanges distal, media y proximal, además de considerar el movimiento de abducción y aducción. Para iniciar con el análisis primero se tomó como punto de partida un caso en específico, para lo cual se obtuvieron las mediciones antropométricas de una mano que fungió como caso a analizar.

El análisis del volumen de trabajo se realizó mediante software, donde se obtuvieron los rangos de movilidad de los dedos por separado, después se realizó un análisis considerando los dedos acoplados a la mano y como punto de referencia a la muñeca de la mano. Una vez realizado este análisis se obtuvieron las trayectorias descritas por los dedos de la mano.

Palabras Clave: Cinemática de los dedos, rango de movilidad, trayectoria.

ABSTRACT

In this paper present work the kinematic analysis of the index, middle, annular and pinky fingers, in which the flexural movements of the distal, medial and proximal phalanges are examined, in addition to considering the abduction and adduction movement. To begin with the analysis, a specific case was taken as the starting point, for which the anthropometric measurements of a hand that served as case to be analyzed were obtained.

The analysis of the workload was performed using software, where finger mobility ranges were obtained separately, after which an analysis was performed considering the fingers attached to the hand and as a reference point to the wrist of the hand. Once this analysis was performed, the trajectories described by the fingers were obtained.

Keywords: Kinematics of fingers, index of angular mobility, trajectory.

1. Introducción

La mano es parte del miembro superior, el cual está formado por cuatro grupos principales de articulaciones: Articulación Distal Interfalángica (DIF), Proximal Interfalángica (PIF), Metacarpofalángica (MCF) y Carpometacarpiana (CMC); ligamentos, músculos y tres segmentos óseos, el carpo, el metacarpo y las falanges. En total de estos tres segmentos la mano cuenta con 27 huesos distribuidos de la siguiente forma: ocho carpianos

(distribuidos en la muñeca), cinco metacarpianos (palma de la mano) y catorce falanges en los dedos; tres en cada dedo y dos en el pulgar, normalmente a estas falanges se les emplean los términos de distal y proximal para describir a las caras superiores e inferiores de los huesos respectivamente y media a la unión entre estas dos. Figura 1.

El rango de movilidad hace referencia a los movimientos permitidos según la anatomía de los huesos y varía con base a las articulaciones que poseen los miembros. Por otra parte, el movimiento de los dedos se mide en función de

los grados máximos de flexión y extensión, es importante considerar que la hiperextensión está medida con un ángulo negativo, por lo tanto se propone que la posición cero es cuando los dedos están alineados. Por lo cual la carrera total de los dedos se obtiene restando el ángulo de extensión del ángulo de flexión. La movilidad de los dedos varía en función de los grados de libertad de las articulaciones, donde los cuatro dedos tienen cuatro grados de libertad; uno en la articulación interfalángica distal, otro en la articulación interfalángica proximal y dos más en la articulación metacarpofalángica.

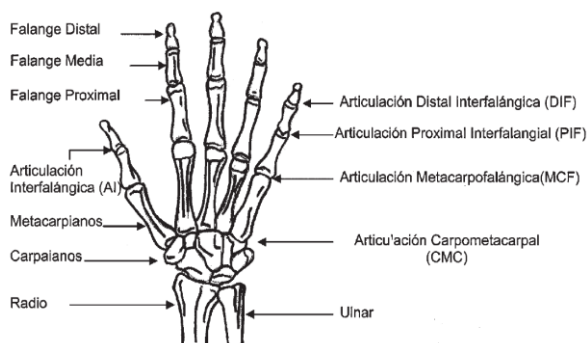


Figura 1 – Articulaciones y huesos de la mano. [2,5]

El movimiento de flexión y extensión de los dedos a la altura de las articulaciones metacarpofalángica (Figura 2 a). Flexión y extensión de los dedos a la altura de las articulaciones proximal interfalángica (Figura 2 b). El movimiento de flexión y extensión de los dedos a la altura de las articulaciones distal interfalángica (Figura 2 c). El movimiento de abducción y aducción de los dedos a la altura de las articulaciones metacarpofalángicas.

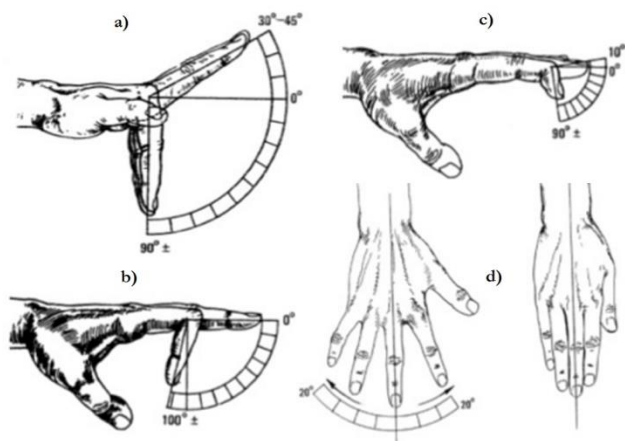


Figura 2 – a) Movilidad de la articulación metacarpofalángica, flexión y extensión, b) Movilidad de la articulación proximal interfalángica, flexión y extensión, c) Movilidad de la articulación distal interfalángica, flexión y extensión, d) abducción y aducción de los dedos [1].

Durante la flexión de los dedos, estos se encuentran juntos en movimiento continuo hasta tocar la palma de la mano y en el movimiento de extensión los dedos se mueven de forma conjunta y se extienden hasta la posición recta como se puede apreciar en la Figura 2 a), b) y c).

La abducción se mide a partir de la línea axial de la mano, en donde todos los dedos forman arcos de aproximadamente 20°, mientras que en la aducción se juntan y tocan entre sí como se observa en la Figura 2d).

2. Desarrollo

Antes de iniciar con la caracterización de los dedos índice, medio, anular y meñique, se generó un estudio antropométrico con la finalidad de que este sirva como caso de estudio para el presente trabajo en la Figura 3 se puede apreciar la manera de obtener cada valor requerido, los valores mostrados en la Tabla 1, representan las mediciones de cada una de las falanges de los dedos y en la Tabla 2 se pueden apreciar las mediciones referentes a la mano completa y a la palma respectivamente. Para obtener dichas mediciones se utilizó un vernier y marcas sobre la mano que funcionaron como marco de referencia para obtener de manera adecuada las mediciones necesarias para este estudio.

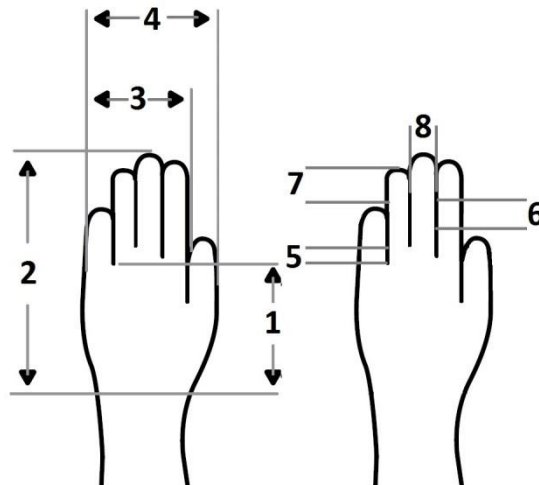


Figura 3 – Mediciones de la mano 1. Altura de la palma, 2. Altura de la mano, 3. Ancho de la palma, 4. Ancho de la mano, 5. Falange proximal, 6. Falange media, 7. Falange distal y 8. Ancho del dedo.

Tabla 1 – Mediciones de las falanges de los dedos.

| Falanges | Pulgar | Índice | Medio | Anular | Meñique |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|---------|
| Proximal | 37.63 | 29.53 | 34.77 | 30.13 | 22.78 |
| Media | | 22.78 | 27.34 | 26.12 | 19.21 |
| Distal | 31.58 | 22.39 | 24.51 | 23.33 | 19.58 |

Tabla 2 – Mediciones de la mano.

| | |
|--------------------------|-------|
| Ancho de la mano | 92.86 |
| Ancho de palma | 81.87 |
| Alto de la palma | 89.64 |
| Altura de la mano | 19.13 |

El presente trabajo se centró en los movimientos de flexión, abducción y aducción para poder llevar a cabo la caracterización del volumen de trabajo de los dedos para esto se tomaron los siguientes valores de movimiento que se aprecian en la Tabla 3.

Tabla 3 – Movimiento de las articulaciones de los dedos [3].

| | Flexión | Abducción | Aducción |
|---------------------------------|---------|-----------|----------|
| Metacarpofalángica (MCF) | 90° | 20° | 20° |
| Interfalángica proximal | 100° | | |
| Interfalángica distal | 90° | | |

Para conocer el espacio de trabajo de los dedos de la mano se consideran como si estos fueran un robot y el punto de interés sea el efector final el cual está ubicado al final de la falange distal de cada uno de los dedos. Para determinar esto se resuelve el problema cinemático cuyo objetivo es analizar la geometría, posición y el movimiento de los sólidos que lo conforman, con respecto de un sistema de referencia coordinado, sin considerar las fuerzas y momentos que lo producen, es decir, lo único que interesa es la descripción del movimiento espacial, la posición y la orientación para este caso del extremo de la falange distal. Este proyecto se centró en la resolución del problema cinemático directo el cual consiste en determinar la posición y orientación del efector final (extremo de la falange distal), dada las variables de las articulaciones, para este caso los movimientos en cada una de las articulaciones dentro de los rangos mostrados en la Tabla 3.

Para resolver el problema cinemático directo se utilizó el método propuestos por Denavit y Hartenberg para describir y representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática, respecto de un sistema de referencia fijo.

Para el trabajo en particular se propuso que el eje de referencia fijo se situará en la muñeca de la mano y partir de este eje describir el movimiento de las articulaciones como se muestra en la Figura 4.

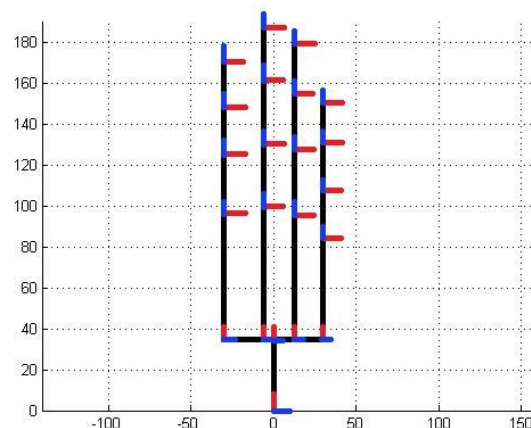


Figura 4 – Asignación de ejes de referencia de la mano.

Para resolver dicho problema cinemático se tomó la decisión de resolver por separado cada falange de la mano, más sin embargo se pudo apreciar que para la obtención de los parámetros Denavit-Hartenberg lo único en donde cambiaban era en la distancia de las falanges y el descentramiento que estas tenían respecto del eje de referencia, en la Tabla 4 se aprecia la representación de Denavit-Hartenberg para el dedo índice.

Tabla 4 – Parámetros Denavit-Hartenberg dedo Índice.

| | Θ | a | α | d |
|----------|----------|-------|----------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 34.5 |
| 2 | 0 | -20 | 0 | 0 |
| 3 | 90 | 0 | -90 | 61.63 |
| 4 | Q1 | 0 | 90 | 0 |
| 5 | Q2 | 29.53 | 0 | 0 |
| 6 | Q3 | 22.78 | 0 | 0 |
| 7 | Q4 | 22.39 | 0 | 0 |

3. Resultados

Se decidió antes de realizar el análisis del espacio de trabajo de la mano, primero realizar el análisis por separado, cada uno de los dedos, dicho análisis tomó los rangos de movimiento establecidos en la Tabla 3, obteniendo el siguiente resultado como se muestra en la

Figura 5, donde se puede apreciar desde las diferentes vistas el volumen de trabajo del dedo índice donde el movimiento de abducción se aprecia en color rojo y el aducción en color azul.

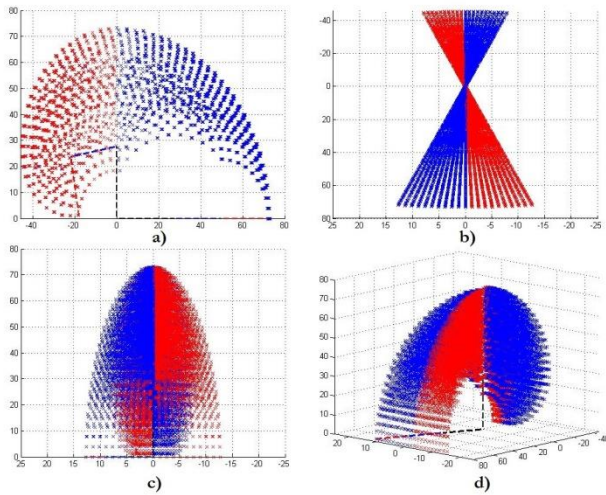


Figura 5 – a) Vista lateral, b) Vista superior, c) Vista frontal y d) Isométrico del espacio de trabajo del dedo índice de la mano.

Una vez obtenidos los espacios de trabajo de los dedos de la mano por separado se prosiguió a realizar el análisis de los mismos dentro de la mano, tomando como punto de partida la muñeca de la mano.

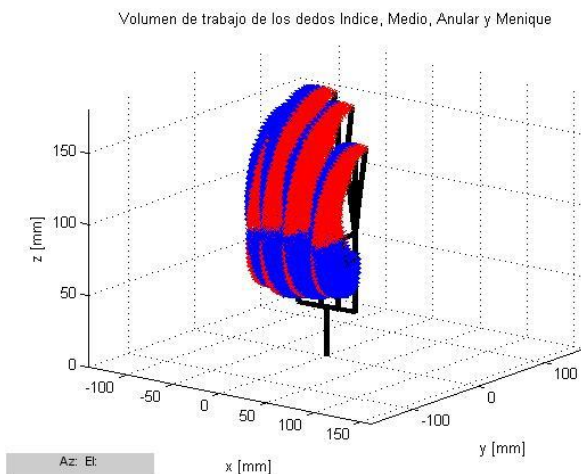


Figura 6 – Vista isométrica del espacio de trabajo de los dedos índice, medio, anular y meñique.

En la Figura 6, se puede apreciar la vista isométrica del espacio de trabajo de los dedos índice, medio, anular y meñique tomando como punto de partida la muñeca de la mano, es necesario precisar que dicho análisis se realizó mediante la resolución del problema cinemático directo y con los valores de movimiento descritos anteriormente.

En la Figura 7 a), se aprecia el volumen de trabajo de los dedos de la mano vistos desde una vista superior en donde se puede apreciar que gracias a los movimientos de abducción y aducción entre cada uno de los dedos estos tiene un punto en donde uno se puede superponer en la trayectoria o espacio de trabajo del dedo adyacente. Y en la Figura 7 b), se muestra la vista lateral en donde se puede apreciar que existen puntos que el extremo de la falange distal no puede alcanzar esto se debe a que no se consideró para este análisis el movimiento de extensión lo cual conlleva a que algunos puntos no sea alcanzables por dicho punto de estudio.

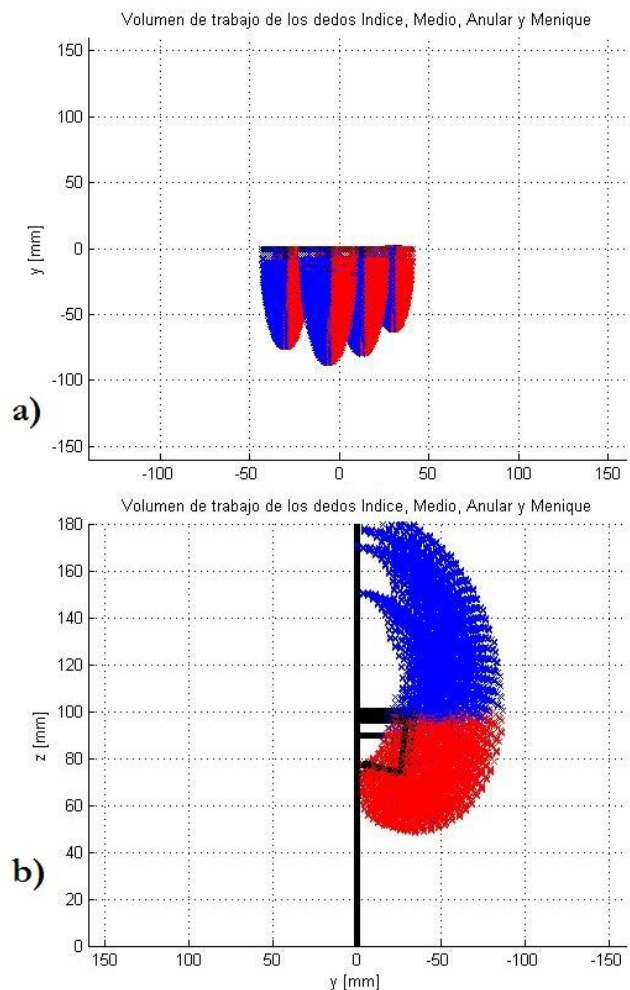


Figura 7 – a) Superior del espacio de trabajo de la mano y b) vista lateral del espacio de trabajo de la mano.

4. Conclusión

El presente trabajo sirve como parámetro para conocer el rango de movilidad de los dedos índice, medio, anular y meñique, lo cual sirve para poder determinar las trayectorias que tiene que generar un mecanismo para poder alcanzar dichos puntos y las diferentes configuraciones del mismo, lo cual sirve como punto de

partida para poder generar mecanismo protésicos de falanges de mano o mecanismos para la rehabilitación de cualquiera de estas falanges descritas en este análisis.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Politécnico Nacional y a la SEPI ESIME UA por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto dentro del programa de Doctorado en Ingeniería de Sistemas Robóticos y Mecatrónicos.

REFERENCIAS

- [1] Hoppenfiel, S. (1976) Exploración Física de Columna Vertebral y Extremidades. El manual moderno, ed. Ciudad de México.
- [2] Nordin, M. y Frankel, H. (2001) Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins.
- [3] Raymond, T. (2005) Técnica quiropráctica de las articulaciones periféricas PAIDOTRIBO, ed.
- [4] Velázquez, A; Merchán, E.; Hernández, L.; Urriolagoitia, G. (2007) Rango de movilidad y función descriptiva del dedo índice. Científica, Octubre_Diciembre Vol. 1, número 4, Instituto Politécnico Nacional. Ciudad de México.
- [5] Van de Graff, K. (2000) Human Anatomy, Boston, McGraw Hill