

## EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO DE LA MANO MEDIANTE EL CONTROLADOR LEAP MOTION

Jesús Fernando Padilla-Magaña<sup>1</sup>, Esteban Peña Pitarch<sup>2</sup>, Isahi Sánchez-Suarez<sup>3</sup>, Neus Ticó Falguera<sup>4</sup>

Eje 1. Investigación en las ciencias básicas:  
Mesa 2: Ciencia de la Ingeniería y Tecnología

**Palabras clave:** (Leap Motion, Biomecánica, Rehabilitación)

### Resumen

En los últimos años se han realizado distintas investigaciones sobre el análisis del movimiento de la mano humana mediante el uso de diversos sensores, en áreas como los son: robótica, ingeniería biomédica, biomecánica e interacción hombre-ordenador (HCI).

En este trabajo se propone la utilización del controlador Leap Motion (LMC), como una herramienta para analizar y evaluar el movimiento de la mano humana con el objetivo de que médicos y terapeutas puedan brindar una mejor atención en el proceso de rehabilitación de la mano. El sistema permite la adquisición de datos en tiempo real como lo son: la posición de la mano y el ángulo de las falanges distales, medias y proximales de cada uno de los dedos de la mano. Se realizó un estudio experimental con tres sujetos mayores de dieciocho años, diestros, sin ninguna lesión en sus manos, con el objetivo de probar y evaluar el rendimiento del sistema propuesto. Los resultados demuestran que el sistema diseñado tiene un buen desempeño realizando una correcta adquisición de datos. La siguiente etapa del proyecto consiste en evaluar a pacientes que hayan tenido alguna lesión en alguna de sus articulaciones. Este sistema puede convertirse en una herramienta innovadora para médicos y terapeutas en el proceso de rehabilitación médica.

### Introducción

La estructura de la mano humana es una de las más complejas del cuerpo humano consta de 27 huesos, incluidos ocho huesos del carpo, cinco metacarpianos y 14 falanges [1]. Además, es una de las partes más importantes, ya que es utilizada en la mayoría de las actividades de la vida diaria. Pero el uso cotidiano y los accidentes provocan también que sea una de las más propensas a sufrir lesiones y enfermedades. El proceso de rehabilitación es de suma importancia para la recuperación del movimiento en la mano, la rehabilitación tradicionalmente es llevada a

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). [jesus.fernando.padilla@upc.edu](mailto:jesus.fernando.padilla@upc.edu)

<sup>2</sup> Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). [esteban.pena@upc.edu](mailto:esteban.pena@upc.edu)

<sup>3</sup> Universidad Politécnica de Uruapan Michoacán; [i.sanchez@upu.edu.mx](mailto:i.sanchez@upu.edu.mx)

<sup>4</sup> Althaia, Xarxa Assistencial Universitària de Manresa. [29346ntf@gmail.com](mailto:29346ntf@gmail.com)

cabo por un terapeuta físico el cual da un seguimiento al paciente durante varias sesiones, la evaluación y la efectividad del tratamiento es evaluado en la mayoría de las ocasiones de manera subjetiva por el terapeuta en base a su experiencia. Con el continuo avance tecnológico se han desarrollado diversas investigaciones en el área de la rehabilitación médica, como lo es el uso de distintos tipos de sensores para el análisis del movimiento de la mano humana, los cuales permiten conocer: la posición de la mano, la detección de fuerza y la velocidad de movimiento en tiempo real. La mayoría de las investigaciones utilizan los guantes de datos (data glove), un guante de datos es un guante que captura las posiciones espaciales de los dedos y las manos. Se usa para reconocer gestos y medir el movimiento de las articulaciones de los dedos (destreza) [3-5]. Sin embargo, estos dispositivos suelen ser demasiado costosos y de requerir un software específico. Por tanto, en este trabajo se presenta un sistema de bajo costo desarrollado en la plataforma Unity que mediante el sensor Leap Motion, realiza la medición de la extensión/flexión de las articulaciones de la mano, la interfaz permite la visualización de las manos en un entorno virtual, y además realiza la adquisición de datos en tiempo real. Para evaluar el desempeño del sensor se realizó un estudio experimental con 3 personas, además se evaluó su precisión a través de una comparación con los datos de investigaciones médicas que estudian el rango de movimiento de extensión y flexión de las articulaciones de la mano.

### Objetivo

Evaluar y medir el rango de movimiento de las articulaciones de la mano, a través del dispositivo Leap Motion.

### Marco Teórico

#### Leap Motion

El Controlador Leap Motion (LMC) de Ultraleap es un módulo óptico para el seguimiento del movimiento de las manos, cuenta con dos cámaras de infrarrojo cercano de 640x240 píxeles; espaciados a 40 milímetros; con ventana infrarroja transparente. El LMC captura el movimiento de las manos y los dedos de los usuarios permitiendo que puedan interactuar de forma natural en un entorno virtual. El LMC es de pequeñas dimensiones (Fig. 1), es capaz de rastrear las manos dentro de una zona interactiva 3D que se extiende hasta 60 cm (24”) o más, extendiéndose desde el dispositivo en un campo de visión típico de 140x120° [6].

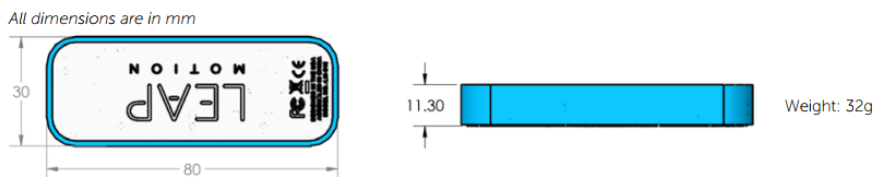


Figura 1. Sensor Leap Motion (Ultraleap, 2019).

## Anatomía de la Mano

La mano se compone de muchos huesos, músculos y ligamentos diferentes que permiten una gran cantidad de movimientos y destrezas (Fig. 2) En la mano hay 3 tipos de huesos principales, que son los siguientes:

- Falanges. Son los 14 huesos que se encuentran en los dedos de cada mano y también en los dedos de cada pie. Cada dedo tiene 3 falanges (distal, media y proximal). El pulgar solo tiene 2 falanges.
- Metacarpianos. Los 5 huesos que componen la parte media de la mano.
- Huesos del carpo. Los 8 huesos que forman la muñeca. Las 2 filas de huesos del carpo están conectadas a los 2 huesos del antebrazo: el radio y el cúbito.

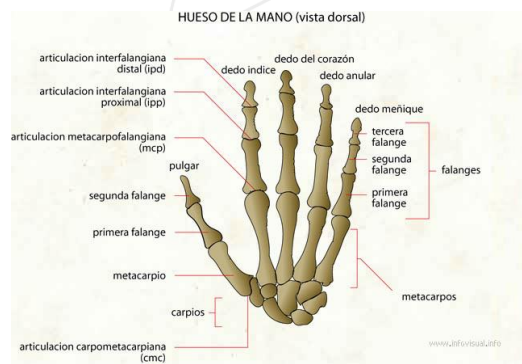


Figura 2. Anatomía de la mano (Pierce-Smith, D. 2020).

## Metodología

Se desarrollo una aplicación en el software Unity (Fig. 3) compatible con los módulos Ultraleap's Hand Tracking Unity SDK para realizar la interfaz con el Controlador Leap Motion. Por medio del módulo Core se obtienen los assets necesarios para la aplicación, los cuales brindan los datos de la mano obtenidos por el sensor, además de permitir la visualización de las manos en el entorno virtual de Unity. La aplicación funciona a través de varios scripts que permiten calcular los ángulos de cada articulación, además de realizar la adquisición de datos en formato CSV.

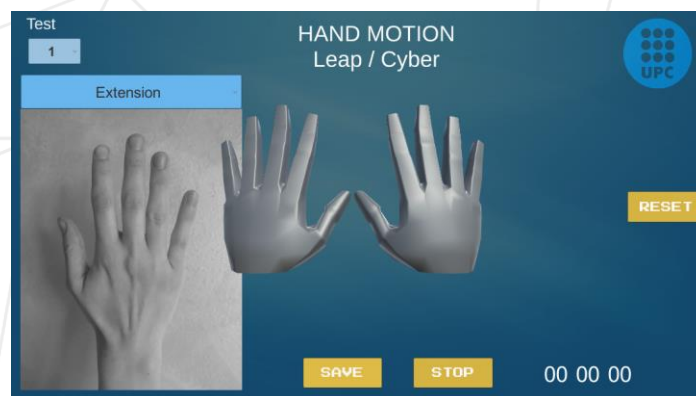


Figura 3. Aplicación Leap Motion en Unity

En este trabajo se tomaron en cuenta las 14 falanges (Distal, Medial, Proximal) para la medición del ángulo de extensión/flexión de cada una de los dedos de la mano. A continuación, se muestra el procedimiento para el cálculo del dedo índice (Fig. 4), accedemos a cada uno de las falanges y metacarpianos en el Script de Unity.

```
var indexMetacarpalBone = index.bones[0];
var indexProximalBone = index.bones[1];
var indexIntermediateBone = index.bones[2];
var indexDistalBone = index.bones[3];

indexPrxAngle = Vector3.SignedAngle( from: indexMetacarpalBone.Direction.ToVector3(), indexProximalBone.Direction.ToVector3(),axis0);
indexIntAngle = Vector3.SignedAngle( from: indexProximalBone.Direction.ToVector3(), indexIntermediateBone.Direction.ToVector3(),axis0);
```

Figura 4. Código de la Aplicación C++

Posteriormente se calculó el ángulo de la articulación (Fig. 4), el cual es estimado mediante la función **Vector3.SignedAngle** de Unity [8] que se basa en la fórmula que obtenemos al despejar la ecuación del producto escalar (Ecuación 1) el ángulo es calculado en grados.

$$\cos(\alpha) = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{u}| \cdot |\vec{v}|}$$

Ecuación 1. Formula despejada del Producto Escalar

## Experimento

Participaron en el estudio tres participantes (2 mujeres y 1 hombre, edad media = 32 años). Todos los participantes declararon estar sanos, sin ninguna patología en sus manos y articulaciones. Los experimentos fueron realizados de acuerdo a la Declaración de Helsinki de 1964, además de que todos los participantes dieron su consentimiento por escrito. El estudio fue realizado en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña, en la escuela de Ingeniería en Manresa, Barcelona. Cada prueba se realizó de manera individual. Se le pidió a cada participante sentarse en una silla sin descansa brazos, frente a una mesa colocada a la altura de la mitad del abdomen. Posteriormente Se le indico a cada participante realizar una serie de posturas (Fig. 5) con el codo flexionado a 90°. Con la palma de la mano apuntando hacia el controlador Leap Motion que fue colocado a la altura de 35 cm sobre un trípode. Los datos obtenidos por los sensores se almacenaron en una base de datos para su posterior análisis en el software R.

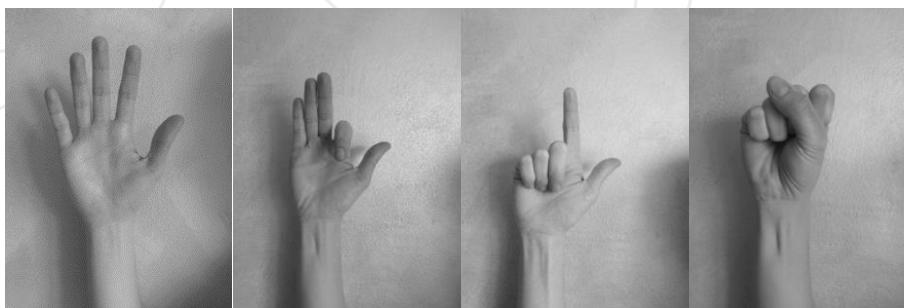


Figura 5. Posturas de la mano y sus articulaciones.



## Resultados

En la Fig. 6 se muestra el rango de movimiento de las articulaciones de la mano durante cada una de las posturas realizadas por los participantes. Como podemos observar, el rango de movimiento en las distintas posturas concuerda con el rango de movimiento de extensión y flexión de una persona sin patologías ni lesiones en las articulaciones de la mano [9] que se muestra en la Tabla 1. En la siguiente etapa del proyecto estos datos serán comparados con los obtenidos por el CyberGlove que como se menciona ha sido utilizado y validado en varias investigaciones de Rehabilitación médica.

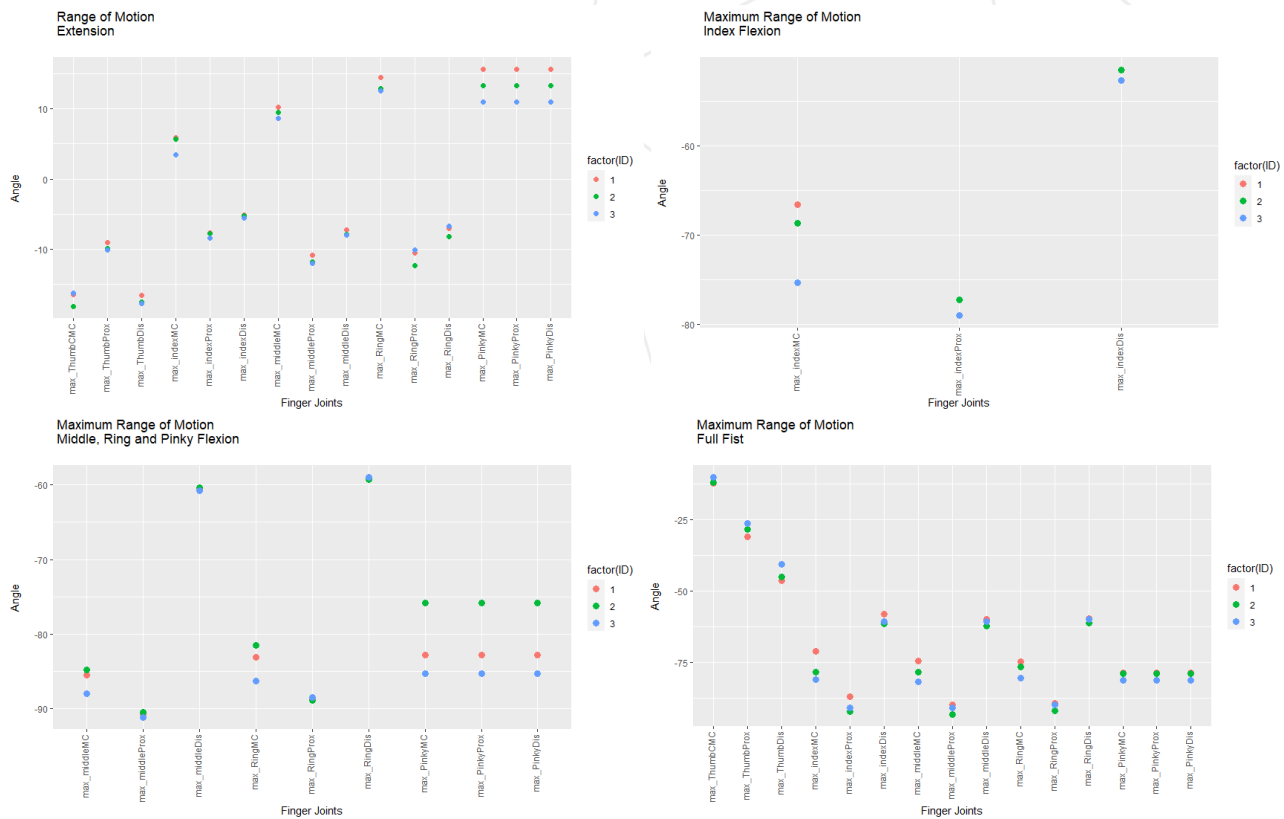


Figura 6. Graficas del Rango de Movimiento de cada articulación.

Tabla 1. Articulaciones y Rango de movimiento (Extensión/ Flexión) del índice al meñique (MCP metacarpofalángica, PIP Proximal InterFalangeal, DIP Distal InterFalangeal). Tubiana,1996

Finger	MCP (E/F)	PIP (E/F)	DIP (E/F)	MCP (Ab/Ad)
Index	0/80	0/100	10H/90	13/42
Middle	0/80	0/100	10H/90	8/35
Ring	0/80	0/100	20H/90	14/20
Small	0/80	0/100	30H/90	19/33

## Conclusión

En este extenso se presenta un sistema de bajo costo, como una alternativa para que médicos y terapeutas puedan realizar una evaluación objetiva y rápida del progreso del paciente durante la rehabilitación médica, para lograr así ofrecer un diagnóstico más preciso. Además, de que su interfaz con Unity permitirá el desarrollo de aplicaciones en Realidad Virtual para el proceso de rehabilitación médica. Cabe señalar que en este trabajo solo se presenta una parte del proyecto Virtual Human Hand el cual se continúa desarrollando.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por el apoyo para la realización de este proyecto (*Apoyo 709434*).

## Bibliografía

- [1] Maw, J., Wong, K. Y., & Gillespie, P. (2016). *Hand anatomy*. *British Journal of Hospital Medicine*, 77(3), C34–C40. doi:10.12968/hmed.2016.77.3.c3
- [2] H. Liu, Z. Ju, X. Ji, C. S. Chan, and M. Khoury, Human hand motion analysis with multisensory information, *Stud. Comput. Intell.*, vol. 675, no. May, pp. 171-191, 2017.
- [3] Ojeda, J., Mena, C., & Rodriguez, O. (n.d.). DESIGN AND DEVELOPMENT OF A LOW-COST REHABILITATION DATA GLOVE. Retrieved from [http://lcg.ciens.ucv.ve/esmitt/publications/2014/cimenics14\\_2.pdf](http://lcg.ciens.ucv.ve/esmitt/publications/2014/cimenics14_2.pdf)
- [4] Peña-Pitarch, E., Vives, J., Lopez, J.A., A. Al Omar, Alcelay, J. I., Ticó, N. Introductory analysis of human upper body after stroke. "International Journal of Privacy and Health Information Management", Gener 2019, vol. 7, núm. 1, p. 1-16.
- [5] N. Ticó Falguera, Biomecànica dels dits de la mà com a factor pronòstic de la recuperació funcional de l'extremitat parètica en pacients amb ictus aguts., UPC Departament d'Enginyeria Minera, Industrial i TIC, 2016
- [6] Ultraleap. (2019). UH-003206-TC Issue 6 Leap Motion Controller Data Sheet. Retrieved from <https://www.ultraleap.com/product/leap-motion-controller/>
- [7] Pierce-Smith, D. (2020). Anatomía de la mano. Recuperado 11 de marzo de 2021, de UC San Diego Health website: <https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/85,P04195>
- [8] Unity. (2021). Unity User Manual 2020.3.
- [9] Tubiana R, Thomine J, Mackin E. 1996. Examination of the hand and wrist. 2nd ed. Martin Dunitz. ISBN: 1853175447/1-85317-544-7. Publisher: Informa Healthcare.