

# Sistema De Apoyo De Rehabilitación Para La Medición De Los Rangos De Movilidad De La Mano Usando Visión Artificial

*Rehabilitation Support System For Measuring Ranks Of Mobility Of The Hand Using Artificial Vision*

**Jose Miguel Cardenas Serpa** <sup>1\*</sup>   
Universidad de Pamplona

**Jeyber Adrián Gómez García** <sup>1</sup>   
Universidad de pamplona

**MSc. Oscar Manuel Duque Suarez** <sup>2</sup>   
SENA, SENNOVA

© 2021 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

---

<sup>1</sup> Universidad de pamplona, Facultad de ingenierías y arquitecturas, ingeniería mecatrónica. Cúcuta, Norte de Santander, Colombia E-mail: J.cardenas2@unipamplona.edu.co, jeyber.gomez@unipamplona.edu.co

<sup>2</sup> SENA, SENNOVA, Tecnoacademia Cúcuta, Cúcuta, Regional Norte de Santander, CEDRUM, (57+7) 57 7 578 3286. E-mail: oduques@sena.edu.co

## RESUMEN

En este proyecto se presenta una herramienta de apoyo para el fisioterapeuta la cual ayuda a tomar las mediciones de los ángulos en tiempo real de forma más rápida y eficaz, reduciendo el tiempo de consulta en el cual se ejecuta esta actividad, evitando posiciones incómodas al paciente, ya que algunas patologías como: Neuropatías periférica, artropatías, reumáticas y Teno sinovitis afectan la morfología de la mano y sus nervios. Los datos obtenidos mediante el sensor serán guardados y organizados con el fin de llevar un historial de evolución del paciente, el cual será de apoyo al fisioterapeuta para poder realizar el respectivo diagnóstico y de esta forma se encargará de evaluar la rehabilitación del paciente.

**PALABRAS CLAVE:** Goniometría, Rehabilitación, Patologías, Sensor, Historial, Evolución.

## ABSTRACT

This project presents a support tool for the physiotherapist which helps to take measurements of the angles in real time in a faster and more efficient way, reducing the consultation time in which this activity is carried out, avoiding uncomfortable positions for the patient. , since some pathologies such as: peripheral neuropathies, arthropathies, rheumatics and Teno synovitis affect the morphology of the hand and its nerves. The data obtained through the sensor will be saved and organized in order to keep a history of the patient's evolution, which will support the physiotherapist to be able to make the respective diagnosis and in this way will be in charge of evaluating the patient's rehabilitation.

**KEYWORDS:** : Goniometry, Rehabilitation, Pathologies, Sensor, History, Evolution.

## INTRODUCTION

En este artículo titulado: “sistema de apoyo de rehabilitación para la medición de los rangos de movilidad de la mano usando visión artificial”. Busca que las diferentes nuevas tecnologías sean aplicadas a distintos procesos ya sean médicos, industriales o a las distintas actividades cotidianas del ser humano con el fin de hacer estas actividades más eficientes y cómodas para las personas, como se han ido aplicando poco a poco en el campo de la medicina aplicada, introduciendo poco a poco distintos instrumentos electrónicos como lo son los

sensores y sistemas de captura de movimiento distintos de estos casos podemos observar en trabajos como: “Modelamiento y simulación del movimiento de la mano humana, empleando herramientas cae” y en “Manejo y detección del dolor a partir del uso de realidad virtual en pacientes con síndrome del túnel carpiano”.

El objetivo principal de este proyecto es el diseñar una herramienta que permita la medición de los rangos de movilidad de la mano con el fin de ayudar al examinador a verificar la evolución del paciente, para ello se requiere de la investigación de las

distintas patologías y sus protocolos de medición del rango de movilidad pertinentes a la terapia de mano teniendo en cuenta las distintas normativas como la AAOS y AO, posteriormente se establecen los criterios o requerimientos de diseño para llevar este proyecto a cabo en los distintos ámbitos tales como, la precisión requerida, el tipo de sensor a utilizar, el cálculo y procesamiento de la información, las distintas rutinas, el protocolo médico que se lleva a cabo y la forma de llevar el registro de históricos todo esto aplicado a un programa el cual facilite este proceso, ya teniendo claro los requerimientos para su diseño, se procede a diseñar el sistema que nos va a permitir realizar el respectivo examen de movilidad, llevando la evolución del paciente, por último el sistema se validara por medio de la calificación de distintos expertos verificando su calidad, precisión y eficacia a la hora de llevar el proceso de evaluación a sus respectivos pacientes.

## 1. MATERIALS AND METHODS

La presente investigación se basó en varios conceptos sobre la goniometría y su aplicación en el examen de movilidad, para ello los libros que se utilizó como referencia fueron: Goniometría, evaluación de la movilidad articular (Norking White, 2006), Goniometría: Una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. (Taboadela H. Claudio, 2007). En los cuales se verifico el correcto uso del goniómetro y sus respectivas normativas internacionales como es la AAOS (Academia Americana de cirujanos ortopédicos) y la AO (Asociación para el estudio de Osteosíntesis) para los distintos movimientos realizados en el examen de movilidad, los cuales son:

- Movimiento de flexion-extension de las articulaciones interfalángicas de los dedos de la

mano.

- Movimiento de abduccion-aduccion de las articulaciones interfalángicas de los dedos de la mano.
- Además, para el proceso del examen de movilidad se lleva a cabo el protocolo médico, en el cual el fisioterapeuta realiza la respectiva anamnesis.

Durante el proceso de investigación, se realizó un enfoque a ciertas patologías que afectan la morfología de la mano, como son las enfermedades reumáticas como: Artritis, artritis reumatoide y osteoporosis.

Una vez teníamos claro los distintos enfoques para el desarrollo de la aplicación, se procede a realizar la captura de los datos por medio del software de leap motion, utilizando las distintas herramientas proporcionadas por el software SDK de leap motion. El cual nos permite identificar la posición px, py y pz de cada una de las articulaciones y la punta de los dedos en el plano de trabajo del sensor leap motion. (fig. 1).

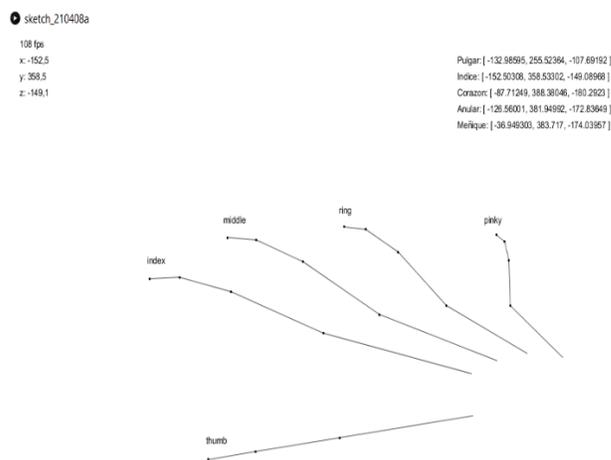


Figura 1 Digitalización de la mano

Por medio de estos datos que nos proporciona las librerías, se pudo establecer

las longitudes de las distintas falanges para cada uno de los dedos por medio del cálculo de punto pendiente, posteriormente se procedió a realizar el cálculo de los ángulos de movilidad para cada uno de los dedos de la mano por medio del método geométrico y el cálculo de pendientes y leyes del seno y coseno. Estos cálculos son para el movimiento de flexion-extension. (fig. 2).

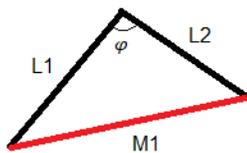


Figura 2. Método geométrico para hallar los ángulos de movilidad

$$\varphi = \cos^{-1} \left( \frac{-m1^2 + L1^2 + L2^2}{2L1^2L2^2} \right) \quad (2)$$

La ecuación anterior se halló por medio de la ley del coseno y pertenece al ángulo entre los lados L1 y L2, las cuales se refieren a las falanges de los dedos de la mano..

Para el movimiento de abducción-aducción se utilizó la herramienta del SDK de leap motion la cual permite calcular el Angulo entre dedos. (fig. 3)

```

77 PVector thumbDir = PVector.sub(thumbTip, thumbPip);
78 PVector indexDir = PVector.sub(indexTip, indeMcp);
79 PVector middleDir = PVector.sub(middleTip, middleMcp);
80 PVector ringDir = PVector.sub(ringTip, ringMcp);
81 PVector pinkyDir = PVector.sub(pinkyTip, pinkyMcp);
82
83
84 float a = degrees(PVector.angleBetween(indexDir, middleDir));
85 float b = degrees(PVector.angleBetween(middleDir, ringDir));
86 float c = degrees(PVector.angleBetween(ringDir, pinkyDir));
87 float d = degrees(PVector.angleBetween(thumbDir, indexDir));
    
```

Figura 3. Código captura de ángulos abducción y aducción

Una vez se hallaron los ángulos, se destacó un valor que el fisioterapeuta tendrá en cuenta para la evolución del paciente, este dato es la limitación de la articulación

con respecto a su rango de movilidad. Para estas tablas se tuvo como referencia la siguiente tabla:

Tabla 1 .Tabla de referencia para la captura de datos.  
Fuente: NORKIN & WHITE. Goniometría evaluación de la movilidad articular. Sección 2. p.144.

| Movimiento              | Amplitud | Media | DS |
|-------------------------|----------|-------|----|
| <b>Dedos de la mano</b> |          |       |    |
| Flexión MCF             | 33-73    | 61    | 12 |
| Flexión IFP             | 36-86    | 60    | 12 |
| Flexión IF              | 20-61    | 39    | 14 |
| <b>Dedos de la mano</b> |          |       |    |
| Flexión MCF             | 10-32    | 21    | 5  |
| Flexión IF              | 2-43     | 18    | 5  |

Una vez lista la aplicación de captura de datos, debíamos realizar la respectiva base de datos para guardar todos los registros de cada paciente y su respectivo historial, este se realizó por medio del software XAMPP, el cual permite crear un servidor local, en este se realizaron dos tablas la primera la cual incorpora los datos del paciente registrados en la anamnesis y la segunda donde se llevan los registros de cada evaluación de los movimientos.

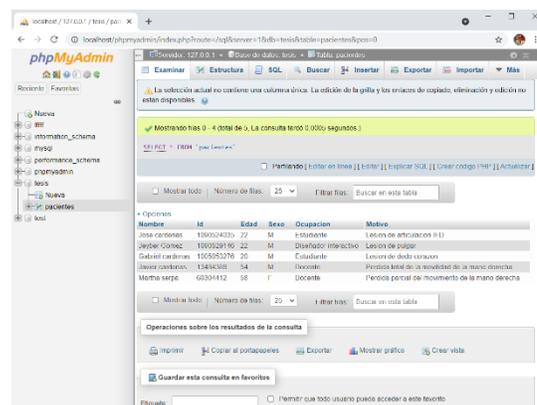


Figura 4. Base de datos para los pacientes

Posteriormente se realizó la interfaz de usuario, la cual le permite al fisioterapeuta, poder llevar un registro de pacientes en el cual se destacan los datos de la anamnesis.

Figura 5. Ventana de registro para la anamnesis del paciente

Esta interfaz tiene distintas ventanas las cuales permiten la visualización del historial y la captura de los datos del examen de movilidad.

| Articulacion | Indice | Corazon | Anular | Meñique | Pulgar |
|--------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| IFD          |        |         |        |         |        |
| IFP          |        |         |        |         |        |
| MCF          |        |         |        |         |        |

| Articulacion | Pulgar-Indice | Indice-corazon | Corazon-Anular | Anular-meñique |
|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| MCF          |               |                |                |                |

Figura 6. Ventanas de captura de los datos del examen de movilidad

Figura 7. Ventana de historial

## 2. RESULTADOS

Para determinar la fiabilidad del proyecto, se realizó una prueba aleatoria a un paciente con síndrome del túnel carpiano bilateral, en primera instancia se ingresó el registro de los datos del paciente a la base de datos.

Figura 8. Anamnesis de la prueba aleatoria a un paciente

Se le realizaron 4 sesiones del movimiento de flexión.



Figura 9. Pruebas realizadas con la mano derecha del paciente

Una vez capturados y guardados los ángulos de movilidad de cada dedo, se obtuvieron los siguientes resultados:

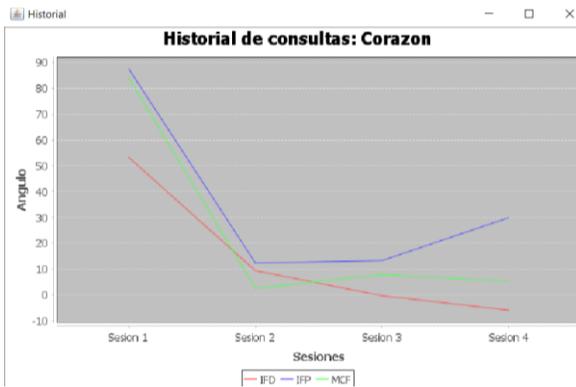


Figura 10. Grafica de las sesiones del dedo corazón de la mano derecha del paciente

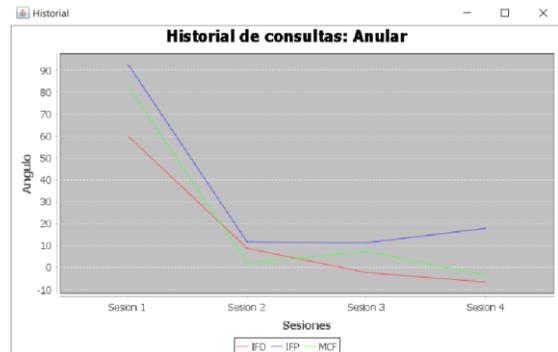


Figura 13. Grafica de las sesiones del dedo anular de la mano derecha del paciente

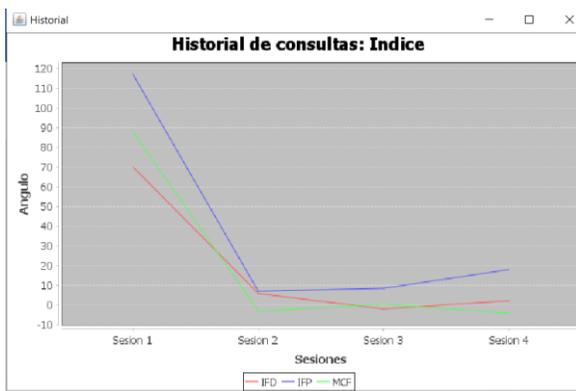


Figura 11. Grafica de las sesiones del dedo índice de la mano derecha del paciente

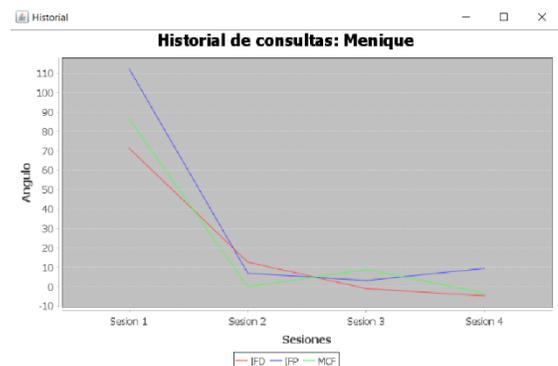


Figura 14. Grafica de las sesiones del dedo meñique de la mano derecha del paciente

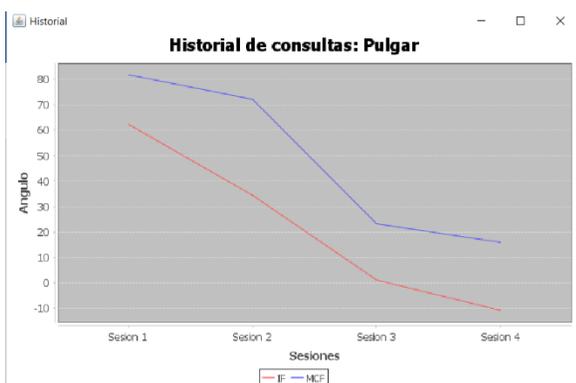


Figura 12. Grafica de las sesiones del dedo pulgar de la mano derecha del paciente

En las gráficas anteriores se puede observar las limitaciones para cada uno de los dedos de la mano, los dedos que poseen más afectación son el índice, corazón y pulgar, esto debido al síndrome del túnel carpiano, ya que dentro del canal carpiano encontramos los tendones flexores cubiertos por la vaina sinovial que rodea el Nervio Mediano, estos tendones son el flexor largo del pulgar, el flexor superficial y profundo de los dedos.<sup>3</sup>

Posteriormente se llevó el sistema a una

<sup>3</sup> ACEVEDO Natalia, SERRATO Karen, GUZMAN Gabriela, GONZALES Nury. Prevalencia de signos y síntomas sugestivos de síndrome del túnel carpiano en médicos e internos de consulta externa de un hospital de Cundinamarca. universidad de ciencias aplicadas y ambientales. facultad de ciencias de la salud. Bogotá DC. p 16. 2019.

evaluación con distintos expertos en el área de la fisioterapia, a los cuales se les sustentó el sistema de apoyo y sus distintas características, con el fin de que se realizara una evaluación al sistema, en donde cada uno de los expertos daba su opinión acerca del sistema y si cumplía con los estándares y protocolos médico llevados a cabo en el examen de movilidad.

### 3. CONCLUSIONES

Después de haber trabajado con el sensor Leap motion, se puede llegar a la conclusión que el uso de éste, como herramienta para la medición de los rangos de movilidad de la mano, optimiza la captura y el análisis de los datos del movimiento realizado por el paciente (flexión, extensión, abducción y aducción), dentro de un rango confiable de medida. En conjunto con la interfaz gráfica y la base de datos, complementan “el sistema de apoyo de rehabilitación para la medición de los rangos de movilidad de la mano usando visión artificial”, el cual permite visualizar la evolución del paciente por medio de cada sesión realizada y, por consiguiente, el fisioterapeuta de acuerdo a su conocimiento profesional y experticia tome una decisión en pro de la recuperación del paciente.

Con respecto a la etapa de validación, la cual se compone de la presentación del proyecto a los expertos y la prueba a el paciente, se puede concluir que la implementación de las nuevas tecnologías a los distintos procesos médicos, hacen que el procedimiento sea más eficiente, reduciendo el tiempo de consulta, evitando el cansancio tanto del paciente como del fisioterapeuta, todo ello gracias a que la captura de los rangos de movilidad se realiza de manera simultánea, en tiempo real, al realizar el registro de estos datos de forma automática y generar una herramienta visual con la cual el fisioterapeuta puede interpretar bajo su criterio y experiencia la evolución del

paciente. Lo dicho anteriormente fue extraído de los distintos comentarios y opiniones de las reuniones realizadas con los expertos en este campo laboral.

Como se puede observar en las (figuras 10, 11 y 12) evolución de la prueba realizada al paciente, los datos visualizados en la gráfica del historial corresponden a las limitaciones de los dedos. Ya que el paciente sufre del síndrome del túnel carpiano bilateral, donde afecta en mayor parte la movilidad de los dedos corazón, índice y pulgar, el cual se puede corroborar que existe una diferencia notable en los ángulos de movilidad de cada sesión realizada.

### REFERENCIAS

- [1]. MARINO-VERA, H., MENDOZA, L., & GUALDRÓN-GUERRERO, O. (2017). Medición automática de variables antropométricas para la evaluación de la respiración usando visión artificial. REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, 8(1), 161-169.
- [2]. NORKIN & WHITE. Goniometría evaluación de la movilidad articular. Sección 1
- [3]. TABOADELA H. CLAUDIO. (2007). Goniometría: una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales. - 1a ed. - Buenos Aires: Asociart ART.
- [4]. OSPINA TORO, D., TORO OCAMPO, E. M., & GALLEGU RENDÓN, R. A. (2020). Solución del MDVRP usando el algoritmo de búsqueda local iterada. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 1(31), 120-127. <https://doi.org/10.24054/16927257.v31.n31.2>

018.139

- [5]. A.I. KAPANDJI. (2006). Fisiología articular. Sexta edición. Editorial medica panamericana.
- [6]. Peña-Ayala LE, Gómez-Bull KG, Vargas-Salgado MM, Ibarra-Mejía G, Máñez Guadarrama AI. Determinación de rangos de movimiento del miembro superior en una muestra de estudiantes universitarios. Rev Cienc Salud.2018; 16(especial): p. 64-74. Doi: <http://dx.doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.6845>
- [7]. FERNÁNDEZ BARROSO, Ángel. Desarrollo de aplicación “Serious Game” para rehabilitación mano. Madrid. Universidad Carlos III de Madrid. Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
- [8]. LAAZIZI RUIZ, Karim, GONZÁLEZ MARTÍNEZ, Ángel Lucas. Desarrollo de un prototipo usando como dispositivo de interacción Leap Motion. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Informática. Ingeniería Informática.
- [9]. RODRÍGUEZ RINCÓN, Cristian David. Modelamiento y simulación del movimiento de la mano humana, empleando herramientas cae. Bogotá D.C. Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería en automatización
- [10]. SERRANO GISBERT, M.F, GÓMEZ CONESA, A. Alteraciones de la mano por traumas acumulativos en el trabajo. Departamento de Fisioterapia. Facultad de Medicina. Universidad de Murcia.
- [11]. NIÑO RONDÓN, C. V., CASTRO CASADIEGO, S. A, & MEDINA DELGADO, B. (2020). Caracterización para la ubicación en la captura de video aplicado a técnicas de visión artificial en la detección de personas. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, 2(36), 83-88. <https://doi.org/10.24054/16927257.v36.n36.2020.24>
- [12]. LÓPEZ FLORES, Juan Eduardo, DR. GONZALEZ JIMENEZ, Luis Enrique. (2016). Control por gestos usando Leap Motion. San Pedro Tlaquepaque, Jalisco. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Departamento de Electrónica, Sistemas e Informática. Especialista en sistemas embebidos
- [13]. TOVAR PINZÓN, Alejandro, MSC. PEÑUELA, Lina María. (2019). Manejo y detección del dolor a partir del uso de realidad virtual en pacientes con síndrome del túnel carpiano. Bogotá D.C. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería en Mecatrónica
- [14]. RUIZ OLAYA, Andrés F & CALLEJAS CUERVO, Mauro, LARA-HERRERA, Claudia N. (2017). Electro goniómetro portable de bajo costo basado en sensores inerciales para la medición del rango articular de movimiento. Disponible en: Base de datos de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Protocolo de manejo fisioterapéutico para alteraciones de mano y muñeca. Agosto 29 de 2019. Disponible en: Base de datos de la Universidad Industrial de Santander

- [15]. RUIZ-CHICAIZA, Pablo & CEVALLOS-BARRAGÁN, Carlos. (2019). Estudio cinemático de la mano para movimiento de oposición del dedo pulgar y movimientos de flexión y extensión de los dedos índice, medio, anular y meñique. *Revista de Ingeniería Innovativa*.
- [16]. CONSUELO ESTRADA, José Ramón & PORTILLO RODRIGUEZ, Otoniel & RODRIGUEZ ARCE, Jorge. (2014). Prototipo de un goniómetro digital empleando el sistema Kinect de Microsoft. Toluca México. Universidad autónoma del estado de México. facultad de ingeniería. Maestro en Informática
- [17]. ECHEVERRÍA, Laura Patricia & PÉREZ DUARTE, Lara Nina María. (2017). caracterización de la accidentalidad laboral en manos en una empresa del sector eléctrico de barranquilla en el período 2014 – 2016 como base para el diseño de un modelo de gestión para la prevención y control de factores de riesgo en las manos del personal operativo. universidad libre seccional barranquilla facultad de ciencias de la salud maestría en seguridad y salud en el trabajo Barranquilla – Colombia.
- [18]. Salas, D. (2016). *Revolución 4.0. Ingeniería e Innovación*, 4(2), 5-6. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/issue/view/131>
- [19]. TORREALBA Franklin. (2017). Aplicaciones de la goniometría en la gestión de la salud ocupacional en Venezuela. *Salud trab.* (Maracay), jul.-dic., 25(2), 167-174
- [20]. Muñoz Cardona, John E.; Henao Gallo, Oscar A.; López-Herrera, José F. (2013). Sistema de Rehabilitación basado en el Uso de Análisis Biomecánico y Videojuegos mediante el Sensor Kinect Tecno Lógicas, octubre, pp. 43-54 Instituto Tecnológico Metropolitano Medellín, Colombia.
- [21]. RUIZ CHICAIZA, Pablo & CEVALLOS BARRAGÁN, Carlos. (2019). Estudio cinemático de la mano para movimiento de oposición del dedo pulgar y movimientos de flexión y extensión de los dedos índice, medio, anular y meñique. *Revista de Ingeniería Innovativa*.
- [22]. LAMBRAÑO GARCÍA, E. D., LÁZARO PLATA, J. L., & TRIGOS QUINTERO, A. E. (2020). Revisión de técnicas de sistemas de visión artificial para la inspección de procesos de soldadura TIPO GMAW. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(29), 47-57
- [23]. CONSUELO ESTRADA, José Ramón. (2014). Prototipo de un goniómetro digital empleando el sistema Kinect de Microsoft, Universidad Autónoma del Estado de México.
- [24]. FERNÁNDEZ SAMACÁ, L., MESA MESA, L. A., & PÉREZ HOLGUÍN, W. J. (2020). Investigación formativa para estudiantes de ingeniería utilizando robótica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(28), 30-38. <https://doi.org/10.24054/16927257.v28.n28.2016.203>
- [25]. Ruiz Olaya, A. F., Callejas Cuervo, M., & Lara Herrera, C. N. (2017). Wearable low-cost inertial sensor-based electro goniometer for measuring joint range of motion. *DYNA* 84(201).
- [26]. ACEVEDO Natalia, SERRATO Karen,

- GUZMAN Gabriela, GONZALES Nury. (2019). Prevalencia de signos y síntomas sugestivos de síndrome del túnel carpiano en médicos e internos de consulta externa de un hospital de Cundinamarca. universidad de ciencias aplicadas y ambientales. facultad de ciencias de la salud. Bogotá DC.
- [27]. DRA. GARCÍA S. Daniela, ESPINOZA V. María José. (2014). Avances en prótesis: una mirada al presente y al futuro. Medicina Física y Rehabilitación, Instituto Teletón de Santiago. Rev. Med. Clin. Condes.
- [28]. R. Llorens, C. Colomer-Font, M. Alcañiz y E. Noé-Sebastián. BioTrak. (2013). Análisis de efectividad y satisfacción de un sistema de realidad virtual para la rehabilitación del equilibrio en pacientes con daño cerebral. Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. Neurología.
- [29]. CERES Ramón, MAÑANAS Ángel y AZORÍN José. (2011). Interfaces y Sistemas en Rehabilitación y Compensación Funcional para la Autonomía Personal y la Terapia Clínica Departamento de Ingeniería de Sistemas, Automática e Informática Industrial, Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Cataluña, CIBER de Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina ISSN: 1697-7912. Vol.8, Núm. 2.
- [30]. AVILA-TOMÁSA J.F., MAYER-PUJADAS M.A. y QUESADA-VARELA V.J. (2020). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción antecedente a la IA y robótica Medicina de Familia y Comunitaria, Centro de Salud Santa Isabel, DASur, Madrid, España. Aten Primaria.
- [31]. AVILA-TOMÁSA J.F., MAYER-PUJADAS M.A. y QUESADA-VARELA V.J. (2020). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: introducción antecedente a la IA y robótica Medicina de Familia y Comunitaria, Centro de Salud Santa Isabel, DASur, Madrid, España. Aten Primaria.
- [32]. Héctor MARINO-VERA, Luis Enrique Mendoza, Oscar Eduardo Gualdrón-Guerrero. (2017). Medición automática de variables antropométricas para la evaluación de la respiración usando visión artificial. Rev. Investig. Desarro. Innov, 8(1), 161-169. doi: 10.19053/20278306.v8.n1.2017.7407
- [33]. GUERRERO PERTÍÑEZ G. y GARCÍA LINARES A. (2015). Plataformas de rehabilitación neuropsicológica: estado actual y líneas de trabajo. Brain Dynamics S.L. Campanillas, Málaga, España. Neurología.
- [34]. CASTELLANOS-RUIZ JA, MONTEALEGRE-MESA LM, MARTÍNEZ-TORO BD, GALLO-SERNA JJ, ALMANZA FUENTES O. Uso de sensores inerciales en fisioterapia: Una aproximación a procesos de evaluación del movimiento humano. Univ. Salud. 2021; 23(1)55-63. DOI: <https://doi.org/10.22267/rus.212301.214>
- [35]. GÓMEZ Gloria Esmeralda. (2016). Caracterización de la tecnología de asistencia en pacientes adultos con lesiones de mano. Universidad Manuela Beltrán - Seccional Bucaramanga - Facultad de Salud Terapia

- Ocupacional - Grupo de Investigación Salud, Rehabilitación y Trabajo - Bucaramanga - Colombia. Rev. Fac. Med. 2016 Vol. 64 No. 1: 67-74
- [36]. BARRIENTOS Antonio, PEÑÍN Luis Felipe, BALAGUER Carlos y ARACIL Rafael. (2007) fundamentos de robótica 2.a Edición. mcgraw-hill interamericana de España, S. A. U. Edificio Valrealty, 1.a planta Basauri, 17 28023 Aravaca (Madrid). ISBN: 978-84-481-5636-7
- [37]. SAUCEDO UGALDE Ismaylia, DOMÍNGUEZ RAMÍREZ Omar A., BRISEÑO CERÓN Abraham. (2012). El uso de captura de movimiento corporal para el análisis de discapacidades en miembros superior o inferior: Caso de uso: hemiplejia. Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad. Volumen 1, Número 2, Universidad Politécnica de Sinaloa, Sinaloa, México.
- [38]. TORRES J.C. Diseño asistido por ordenador. 4ª Curso Ingeniería Informática, Dpt. Lenguajes y Sistemas Informáticos. ETS. Ingeniería Informática. Universidad de Granada
- [39]. TIERZ LOPEZ Javier. (2013). Reconocimiento e interpretación de gestos con dispositivo leap, Escuela de ingeniería y arquitectura universidad Zaragoza.
- [40]. Angulo Carrere Mª Teresa, Álvarez Méndez Ana, Peñaranda E Yolanda Fuentes. (2011). Biomecánica clínica Biomecánica de la Extremidad Superior Exploración de la Mano. E.U. de Enfermería, Fisioterapia y Podología. Universidad Complutense de Madrid.
- [41]. Staugaard-Jones Jo Ann. Anatomía del ejercicio y el movimiento. Editorial PAIDOTRIBO
- [42].
- [43]. ARTAL-SEVIL J.C, MONTAÑEZ A. Acon, DOMINGUEZ J.A. (2018). Control de una mano biónica usando técnicas de reconocimiento de gestos en tiempo real a través del dispositivo Leap Motion Sensor. Universidad de Zaragoza. España.
- [44]. B. Villa, V. Valencia, J. Berrio. (2018). "Digital image processing applied on static sign language recognition system", Prospectiva, Vol 16, N° 2, 41-48.
- [45]. Peña-Ayala LE, Gómez-Bull KG, Vargas-Salgado MM, Ibarra-Mejía G, Máynez Guaderrama AI. (2018). Determinación de rangos de movimiento del miembro superior en una muestra de estudiantes universitarios. Rev Cienc Salud; 16(especial): p. 64-74.
- [46]. YEPES MONTENEGRO David Ricardo. (2016). Diseño e implementación del sistema de control de iluminación de una vivienda, controlado por el dispositivo Leap Motion, basado en realidad virtual. Escuela politécnica nacional. Quito.
- [47]. Edwin Jáuregui, Wilson Bautistab, Adriana Beltrán, Oscar Felipe, Andrés Fernández, Daniel Fernández, Juan José Jaller, Lina Saldarriaga, Carlos Toro g y Juntas Directivas ASOREUMA 2016-2018 y 2018-2020. Asociación Colombiana de Reumatología. Consenso sobre recomendaciones para disminución y discontinuación de la terapia biológica en pacientes con artritis reumatoide, espondilitis anquilosante y artritis psoriásica. Volume 26, Issue 1, January–March 2019, Pages 11-23.
- [48]. M. E. Bedoya-Vargas, J. C. Vásquez-Correa, y J. R. Orozco-Arroyave,

Representaciones tiempo-frecuencia basadas en sensores inerciales para caracterizar la marcha

en la enfermedad de Parkinson. Tecnológicas, vol. 21, no. 43, pp. 53-69, 2018.