

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA MARÍA CANO  
VICERRECTORIA ACADÉMICA – CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y  
DESARROLLO EMPRESARIA

## CONSULTORÍA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL USO DE ACELERÓMETRO COMO EQUIPO DE MEDICIÓN GONIOMÉTRICA

TECHNOLOGICAL SCIENTIFIC CONSULTING TO DETERMINE THE EFFICIENCY  
OF THE USE OF ACCELEROMETER AS A GONIOMETRIC MEASUREMENT  
EQUIPMENT

**MIGUEL FELIPE JIMÉNEZ HINCAPIÉ**

*Estudiante de pregrado del programa de Fisioterapia, Fundación Universitaria María Cano*  
[miguelfelipejimenezhincapie@fumc.edu.co](mailto:miguelfelipejimenezhincapie@fumc.edu.co)

### Resumen

La evaluación de ángulos de movilidad articular es un proceso que, en el área de la salud, representa una gran inversión de tiempo y energía por parte del evaluador y el evaluado, muy ligado al equipo que se utiliza para realizar la evaluación en este caso los goniómetros básicos. Este proyecto se realiza con el fin de identificar los equipos goniométricos que se encuentran en el mercado y el estado de tecnología en el que se encuentran.

La presente consultoría se desarrolló bajo la idea de construir basándose en tecnologías y equipos inerciales de bajo costo, un equipo de medición goniométrica que facilitara el proceso de evaluación de ángulos de movilidad articular, añadiendo características como la conectividad y el aprovechamiento de plataformas de código abierto, como ARDUINO, que le permite ser utilizado en equipos como computadores, smartphone y demás equipos Wireless, logrando la disminución del tiempo y el esfuerzo realizado por el evaluador y el paciente durante la evaluación y favoreciendo la recopilación de datos de manera más rápida y eficiente.

### Palabras Claves

Acelerómetro, goniómetro, software libre, giroscopio, ángulos de movilidad articular.

## **Abstract**

*The evaluation of joint mobility angles in the current healthcare area is a process that represents a large investment of time and energy by the examiner and the examined, due in large portion to the equipment employed for said evaluation, in this case basic goniometers. This consultancy was made with the purpose identifying the goniometrical equipment available in the market, and the state of this technology.*

*This consultancy was made under the idea of building low cost goniometrical measuring equipment based on inertial measurement technology in order to facilitate the process of joint mobility angle evaluation by adding characteristics such as wide compatibility and the use of open source software platforms, such as ARDUINO. This in order to allow the equipment to be used in devices such as computers, smartphones and other wireless capable devices, thus helping achieve a reduction in time and effort by the examiner and the examined during an evaluation, facilitating data collection in a simpler, more efficient manner.*

## **Keywords**

*Accelerometer, goniometer, open source software, gyroscope, Joint mobility angles*

## **1. INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la variedad de equipos y el nivel de tecnología que manejan es diverso, desde un goniómetro básico hasta equipos *wireless* como el “*Mobeemed*”<sup>1</sup>, pero, conforme el nivel tecnológico de esta variedad de equipos aumenta, también aumentan los costos, la manipulación directa por parte del evaluador que estos requieren y la precisión de datos que transmiten.

El desarrollo de la tecnología es algo que está en constante cambio, en pro de facilitar las tareas que debemos realizar, procurando disminuir el costo de la tecnología; dicho así, en este proyecto se analiza cómo se pueden utilizar equipos de medición inercial, como los acelerómetros y los giroscopios digitales, y programarlos de manera compatible con software “*Open-source*” como ARDUINO para que estos equipos inerciales funcionen como un goniómetro y puedan registrar el desplazamiento de las diferentes articulaciones del cuerpo humano, logrando que el equipo se pueda utilizar en el proceso semiológico del movimiento corporal humano de manera eficiente, precisa y con un equipo más económico.

En el área de la salud y en el análisis biomecánico del movimiento se realizan las mediciones de los ángulos de desplazamiento articulares; este proceso de evaluación ha evolucionado junto con la tecnología y las herramientas disponibles. En las últimas décadas aparecieron

---

<sup>1</sup> El producto puede consultarse a través de <https://www.mobee.de/en/produkte/mobee-med/>

métodos que trabajan de la mano con computadoras en la realización de tareas asociadas a la medición, lectura y comparación de los datos arrojados, permitiendo así un trabajo conjunto del área de la salud y las áreas de tecnología; esta integración entre diferentes áreas de conocimiento contribuyen a incrementar la precisión en los procesos de medición de ángulos de movilidad articular, mejorando la realización de análisis dinámico de los movimientos de las personas, las lecturas biomecánicas desde los parámetros inerciales identificando puntos anatómicos relevantes y estados de los segmentos interconectados, el punto de pivote de cada segmento, los diferentes planos y ejes de movimiento de cada articulación medible (Soto, 1996), no solamente en estados fisiológicos normales, sino también durante la presencia de patologías de diferentes orígenes y también en la relación con los entornos laborales mediante la identificación de gestos y posiciones que incrementen el riesgo.

## 2. PROBLEMÁTICA

En el ejercicio de la fisioterapia, existen diferentes situaciones en las que se requieren de la evaluación de los ángulos de movilidad articular de un paciente; esto incluye el proceso semiológico para el análisis de la condición inicial un paciente, necesario para determinar los objetivos del proceso de rehabilitación fisioterapéutica, que puede ser aplicable en las áreas de traumatología, hospitalización, neurología, deportiva, salud laboral u otras; este proceso de evaluación requiere de la utilización de herramientas muy simples para la objetivación de la medición del desplazamiento angular denominados goniómetros, que pueden ser manuales, digitales o electromecánicos. Sin embargo, en la utilización de estos equipos existe un factor que puede afectar la precisión de las medidas tomadas y es el factor humano que induce un gran margen de error, ya que, al realizar la lectura del resultado arrojado por los equipos antes mencionados, el profesional puede realizar ajustes involuntarios de la posición del segmento medido (Torrealba, 2017).

Es importante también destacar el tiempo que se invierte en el proceso de evaluación goniométrica, el cual puede tardar aproximadamente una hora si se requiere una evaluación completa de todos los segmentos, convirtiéndose en un procedimiento que se vuelve agotador tanto para el evaluador, como para la persona evaluada. La utilización de instrumentos de medición manuales en los procesos de evaluación traen como consecuencia que sea un proceso prolongado y agotador; si el paciente está fatigado puede afectar su capacidad para realizar los movimientos con mayor eficacia y fluidez. Para el evaluador implica que durante el tiempo de evaluación debe estar cambiando de posiciones, realizar esfuerzos e interpretar la lectura del goniómetro básico y esto se convierte en un factor de estrés cuantitativo que disminuye la confiabilidad de los datos generados en el proceso de evaluación de ángulos de movilidad articular.

Teniendo en cuenta los equipos que se utilizan con mayor frecuencia para realizar esta evaluación, entre ellos el Goniómetro básico, la integración de tecnologías asociadas a sensores inerciales junto con el proceso de evaluación de ángulos de movilidad articular el

resultado es que el tiempo total de ejecución de la medición se verá reducido mientras que se incrementa la precisión de la medida mientras se respete el protocolo de evaluación.

### 3. OBJETIVOS

#### General

Analizar los beneficios de utilizar un acelerómetro como equipo goniométrico y desarrollo del mismo.

#### Específicos

- Describir las personas beneficiadas por el desarrollo de este equipo al generar mediciones más exactas.
- Caracterizar los diferentes elementos utilizables para el desarrollo del equipo.

### 4. JUSTIFICACIÓN Y CONTRIBUCIÓN A LA DISCIPLINA

El desarrollo de esta consultoría tiene como visión contribuir desde varios campos a las áreas de interés desde la intervención clínica hasta la investigación y la generación de conocimiento. Conocer el estado del arte de los diferentes equipos de medición permitirán orientar las acciones para la generación de un prototipo de equipo de medición de ángulos de movilidad articular basado en tecnologías de código abierto y en sensores de medición inercial de bajo costo.

En el área de fisioterapia un equipo las características buscadas permite que las evaluaciones de goniometría sean más efectivas al analizar el estado de los ángulos de movilidad articular, facilitando el análisis de las variaciones patológicas en los ángulos de movilidad articular con mayor precisión y se podrá llevaría un registro dinámico durante el proceso de rehabilitación, siendo necesario destacar la importancia de conocer puntos anatómicos de los movimientos y los cuales también son importantes para realizar la toma de estas medidas, permitiendo contemplar el estado de funcionalidad, independencia en la vida diaria de estas personas (Terán Pineda, 2017)

Desarrollando el proyecto y su prototipo se generará un producto con los beneficios que se muestran en los equipos de última tecnología presentes en el mercado como el sensor mobeemed (Monroy Rojas, 2019), procurando que el equipo desarrollado en el proyecto buscara estar al alcance de más personas, ofreciendo buena tecnología a precios más asequibles. Serán varios los grupos de profesionales que se verán beneficiados por este producto, como lo serán entrenadores deportivos, deportistas, médicos. Ya que será un

equipo podrán realizar lectura de los movimientos que realiza un deportista o una persona, permitiendo así identificar limitaciones o alteraciones en el movimiento articular.

Los estudiantes y docentes que adquieran esta tecnología y su aplicabilidad, tendrán la facilidad aprender y perfeccionar las técnicas de evaluación goniométricas en los pacientes, logrando lecturas de los movimientos con mayor exactitud de los diferentes ángulos de movilidad articular que posee cada segmento del cuerpo, con la gran característica que tendrá el equipo de disminuirá el factor error que tenemos los humanos con equipos de menor nivel tecnológico.

## 5. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El acelerómetro y el giroscopio pueden presentar una alteración en la precisión de sus medidas, por lo que se recomienda trabajar con temperaturas de 25°C (Urgilés Ortiz, 2014). el acelerómetro MPU 6050 al estar quieto, genera un ruido blanco con picos fantasmas causados por la inercia del movimiento, que puede ser disminuido por un filtro digital Butterworth, el cual tiene gran compatibilidad con la frecuencia que genera el acelerómetro.

Utilizar el acelerómetro MPU6050 con el microcontrolador ARDUINO, genera mayor comodidad por su compatibilidad y simplifica al momento de ser programado (Monroy Rojas, 2019), en un estudio que se realizó el acelerómetro MPU6050 contempla un error entre -3.66 y 0.9 en la lectura de un movimiento entre la medida real y la medida tomada por el acelerómetro el mayor error se registra en medición de ángulos pequeños (Urgilés Ortiz, 2014). Y se dice que puede presentar una pérdida de información del equipo de medición al computador de 0.1% en 20 minutos de transmisión continua.

En la actualidad se cuentan también con equipos que minimizan ese factor de error y son equipos que solo deben ser ubicados por el profesional y ya al realizar le movimiento este enviara los datos a un software que los leerá y almacenara los respectivos datos, el problema es que estos equipos en el mercado se encuentran con precios demasiado elevados, entre los 3200 hasta 15400 dólares (Biomec, 2017).

## AMPLITUD DE MOVILIDAD ARTICULAR

La amplitud de movilidad articular hace referencia a la capacidad que tiene cada articulación del cuerpo de generar un movimiento, de gran desplazamiento o de poco desplazamiento, en movimientos de extensión o flexión sin sufrir ningún daño sobre la estructura ósea-musculares y tendinosas.

En el área de fisioterapia es importante analizar el ángulo de movilidad articular, ya que nos permite determinar la condición en la que se encuentra un paciente y si presenta algún factor que altera el normal movimiento de las articulaciones, identificando si la alteración es de

origen, óseo sea porque dos huesos están chocando y bloqueando ese movimiento o de origen muscular por una falta de control sobre el musculo y pueda verse en una contracción continua o el musculo se vea falto de fuerza para cargar adecuadamente todo el segmento, entre otros factores que alterarían el normal movimiento de las articulaciones (Glosario Educación física , 2018)

## **GONIÓMETRO**

Un Goniómetro es un equipo utilizado para medir ángulos, el goniómetro es utilizado en diferentes ramas profesionales como lo es en la arquitectura, topografía, cálculos militares, usos industriales y científicos, también es utilizado en el área de la salud para calcular el ángulo que alcanza una articulación, el goniómetro más sencillo y comúnmente utilizado es el goniómetro simple, que tiene forma de semicírculo o círculo graduado en  $180^\circ$  o  $360^\circ$ , cuenta con un pivote, un brazo fijo y un brazo móvil, el pivote se ubica sobre el punto donde se juntan los huesos y forman la articulación, el brazo fijo va paralelo al segmento más estable de la articulación que se evaluara y el brazo móvil se ajustara de manera paralela al segmento más móvil de la articulación que se evaluara.

El brazo fijo del goniómetro esta unido a un cuerpo que cuenta tiene los grados de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  o de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  y el brazo fijo se moverá sobre los ángulos determinado cuando se movió la articulación (Goniometro, 2018).

## **ACELERÓMETRO**

Los acelerómetros están compuestos por sensores que se posicionan sobre un cuerpo u objeto, permitiendo medir la aceleración a la que fue sometido, esto se logra hacer por medio de la medida de una masa inercial interna. Los acelerómetros permiten realizar estas medidas sobre los ejes X, Y y Z, de manera estática o dinámica (Mecafenix, 2017), las fuerzas estáticas incluyen la gravedad, mientras que las fuerzas dinámicas pueden incluir vibraciones y movimiento (5Hertz - Electrónica, 2014 ).

Los acelerómetros funcionan de manera diferente dependiendo como estén compuestos, pero tienen una función principal la cual es la de medir el desplazamiento, sea de placas, resortes o capas capacitivas. Los acelerómetros capacitivos funcionan interpretando el movimiento de las placas que se mueven una a otra, esto ocasiona que la distancia entre ellas cambie.(Mecafenix, 2017).

## **GIROSCOPIO**

El giroscopio, es un dispositivo que mide o mantienen el movimiento de rotación, siendo pequeños sensores, de bajo costo para su función de medir la velocidad angular. Las unidades utilizadas para medir la velocidad angular pueden ser en grados por segundo o revoluciones



por segundo. Un giroscopio puede ser usado para medir la rotación de la posición de equilibrio (5Hertz - Electrónica, 2014 ).

El giroscopio agregara la lectura del movimiento angular que realiza un cuerpo, en un eje, doble eje y el triple eje, lo cual permite trabajar en conjunto con un acelerómetro, ya que ambos realizan interpretación de la rotación en torno a los ejes X, Y y Z, el giroscopio de tres ejes ya se encuentra fácilmente en un solo chip y son cada vez más pequeño, menos costoso y más populares (5Hertz - Electrónica, 2014 ).

## TECNOLOGÍAS DE CÓDIGO ABIERTO

El código abierto, antes conocido como “*software free*” generaba confusión ya que “*free*” traduce gratis, por lo que se cambió su nombre a lo que actualmente conocemos como “*open source*”, es el término que se utiliza para identificar un software que fue desarrollado, distribuido y puede ser redistribuido entre los diferentes usuarios los cuales tienen acceso al software, dándoles la posibilidad de modificar el software y compartir las modificaciones realizadas sin ninguna restricción, siempre y cuando respete la licencia del software original

Un código abierto genera diferentes ventajas para los usuarios, como poder utilizarlo sin caer en un delito, es un código que se actualiza con alta frecuencia, está totalmente libre de virus, es económico ya que presenta un bajo costo o hasta nulo por ser un producto libre, tiene formatos estándar que permite una interoperabilidad más alta entre los sistemas.

## ARDUINO

ARDUINO es una plataforma de creación electrónica de códigos abiertos, la cual está basada en hardware y software libres, permitiendo crear de manera fácil y de forma flexible diferentes microordenadores, por medio de una placa la cual es modificada según el tipo de uso que se quiera lograr con la placa. Esto quiere decir que ARDUINO ofrece las bases para que cualquier persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo así ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales partiendo de la misma base del hardware.

Los microcontroladores de ARDUINO son circuitos en los cuales se realizó una programación, bajo unas instrucciones que permiten crear programas para interactuar con la placa, los microcontroladores poseen una interfaz de entrada, por la cual entrarán los datos suministrados por equipos externos que serán procesados por la placa. También cuenta con una interfaz de salida, la cual llevara los datos recibidos y procesados a equipos como pantallas o altavoces que transmitirán los resultados. (Yúbal F, 2018)

## IMPRESIÓN 3D

La impresión 3D es un desarrollo innovador de la tecnología que permite crear objetos basados en un modelo digital, esta tecnología se empezó a desarrollar desde los años 80, con

el fin de generar prototipos de manera más rápida y económica, la evolución que ha tenido la impresión 3D desde los años 80 es notoria en los diferentes campos profesionales, como lo es en la arquitectura, en la moda, en elementos decorativos y se abre cada vez más campo en el desarrollo en el área de la salud, realizando impresiones de equipos médicos, prótesis y se busca el desarrollo de órganos vitales funcionales (Carnevale, 2010).

El trabajo que se realiza con las impresoras 3D ha indagado en el trabajo con diferentes materiales que se conocen como filamentos, se categorizan en básicos, exóticos – lúdicos y profesionales.

### **FILAMENTOS BÁSICOS**

- Ácido poliláctico (PLA) (Yúbal F, 2018)
- Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)
- Tereftalato de polietileno (PET)
- Nylon
- Elastómeros termoplásticos (TPE), poliuretano termoplástico (TPU), copoliéster termoplástico (TPC)
- Policarbonato (PC)

### **FILAMENTOS EXÓTICOS – LÚDICOS**

- Madera= PLA + fibra de madera
- Metal
- Biodegradable (bioFila)
- Conductivo
- Fosforecente
- Magnetico
- Cambiacolor
- Arcilla o cerámica

### **PROFESIONALES**

- Fibra de carbono
- Mezcla de policarbonato y ABS (PC-ABS)
- Poliestireno de alto impacto (HIPS) (Rohringer, 2019)
- Alcohol polivinílico (PVA)
- Cera (MOLDLAY)
- Acrilonitrilo estireno acrilato (ASA)
- Polipropileno (PP)
- Polioximetileno (POM)



- Polimetil metacrilato (PMMA)

Los filamentos más utilizados y que podrían ser adecuados para el producto que se está presentando en este proyecto, según sus características son los siguientes:

- Nylon: Es un filamento con altas características de dureza, flexibilidad y durabilidad, (Carnevale, 2010) este filamento permite ser teñido antes o después de la impresión, siendo más utilizado los filamentos 618 y el 645, este filamento necesita una temperatura de impresión entre 240°C y 260°C, y una temperatura en la cama de impresión entre los 70°C – 100°C. Uno de los cuidados que se debe tener con el filamento de nilón y sus impresiones es que se debe guardar en espacios con poca humedad ya que este material absorbe humedad ambiente y puede ir deteriorando el objeto impreso (Rohringer, 2019).
- Elastómeros Termoplásticos TPE, poliuretano termoplástico TPU: Son plástico con propiedades elásticas, utilizado regularmente en equipos médicos, con mayor resistencia que el ABS, presenta como características una dureza media, una flexibilidad y durabilidad muy alta, necesita de una temperatura de impresión entre 210°C y 230°C, temperatura en cama entre 30°C y 60°C, aunque no es necesaria (Rohringer, 2019).
- Ácido Poliláctico PLA: El PLA es el filamento más común y fácil de manejar, y es frecuentemente comparado con el ABS, con la diferencia que no necesita temperaturas muy altas para ser extruido y este no genera malos olores en su proceso de extrusión, este filamento necesita una temperatura de impresión entre 180°C y 230°C y una temperatura en cama de impresión entre 20°C y 60°C aunque no es necesaria, sus características de dureza son altas, de flexibilidad baja y de durabilidad media (Rohringer, 2019).
- El Tereftalato de polietileno PET= Es un filamento con altas características de dureza y durabilidad y de flexibilidad media, este filamento necesita una temperatura de impresión entre 220°C y 250°C, y una temperatura en la cama de impresión entre los 50°C – 75°C, es importante recordar que este material mientras se trabaja con él es altamente adhesivo, también se debe tener cuidado al momento de guardarlo, ya que este absorbe humedad ambiente (Rohringer, 2019).
- El PoliCarbonato o PC es el filamento de mayor dureza, es extremadamente duradero y resistente a los golpes y el calor, también es transparente y es por estas características que se utiliza para cristales a prueba de balas, máscaras de buceo y pantallas de dispositivos electrónicos. Presenta las siguientes características. Dureza muy alta, flexibilidad media, durabilidad muy alta, tiene una dificultad de uso media,

para su extrusión la impresora debe manejar temperatura entre 270°C – 310°C y una temperatura en la cama de impresión de 90°C – 110°C, (Rohringer, 2019).

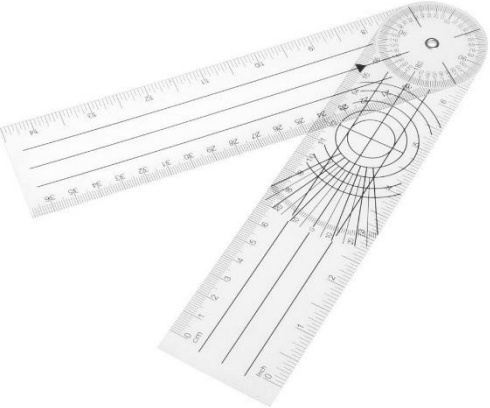
- El acrilonitrilo butadieno estireno o ABS es el segundo filamento más popular después del PLA, por lo que es el segundo filamento más utilizado, en lo que respecta a sus propiedades, el filamento ABS es en realidad ligeramente superior al filamento PLA, aunque es un poco más difícil de extruir, entre las características del filamento ABS están la dureza que es alta, la flexibilidad es media y de durabilidad Alta, la dificultad de uso es media, para su extrusión la temperatura que debe alcanzar la impresora es de 210°C – 250°C y una temperatura en la cama de impresión de 80°C – 110°C, (Rohringer, 2019).

## 6. ANTECEDENTES

Se realiza una búsqueda en diferentes fuentes sobre los elementos de medición angular, haciendo la comparativa con los diversos precios con los que se consigue en el mercado.

El resultado se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Comparación de elementos, equipos y herramientas para medición angular.**


Elemento de Medición Angular	Nombre	Precio
	Goniómetro Básico	12.000 – 20.000 COP

	<p>Goniómetro Digital</p>	<p>140.000 – 250.000 COP</p>
	<p>Inclinómetro Ortopédico</p>	<p>200.000 – 250.000 COP</p>
	<p>Inclinometro Hoggan Health Wireless</p>	<p>3'100.000 – 4'000.000 COP</p>

		<p>Goniómetro Electrónico Naroxon</p>	<p>9'280.000 COP</p>
		<p>Goniómetro Electrónico Datalite</p>	<p>20'400.000 COP Kit Datalite 2 goniómetros, 1 cargador, 1 receptor, Software Dynamic Link</p>

	<p>Mobeemed Sensor electrónico de movilidad</p>	<p>21'300.000 COP</p>
--	---	---------------------------

**PUNTOS ANATÓMICOS PARA LA MEDICIÓN SEGÚN MOBEEMED**



**Available measurement types**

Joint	Movement	Side	Type	Position
Cervic	Extension-Flexion	-	active	upright
Cervic	Extension-Flexion	-	passive	upright
Cervic	lateral flexion left-right	-	active	upright
Cervic	lateral flexion left-right	-	passive	upright
Cervic	Rotation left-right	-	active	upright
Cervic	Rotation left-right	-	passive	upright

**A** active

**P** passive

**↙** reclined

**↑** standing

**↻** sedentary

**L** left

**R** right

## 7. CONCLUSIONES

En la actualidad existen diferentes equipos utilizados para la evaluación de ángulos de movilidad articular, se encuentran equipos de bajo costo pero de poca precisión al momento de interpretar los resultados de la medición, también hay equipos de que son más exactos en el proceso de evaluación por su nivel tecnológico pero los equipos de mayor tecnología que hay en el mercado tienen precios hasta de \$21'300.000 COP, con este proyecto se analiza la posibilidad de desarrollar un equipo tecnológico, con características similares a las que existen actualmente en el mercado, pero a precios más bajos, permitiendo que sea un equipo con el que se pueda familiarizar y utilizar desde el proceso académico hasta el ámbito profesional.



Se analiza que los sensores inerciales pueden leer y transmitir adecuadamente los movimientos de una persona en tiempo real, después de realizar los adecuados ajustes y la pertinente programación al equipo, permitiendo que las lecturas generadas por el movimiento sean interpretadas de manera exacta y eficiente. También permitiendo que la transferencia de los datos registrados de manera inalámbrica sea exitosa, permitiendo que durante la evaluación del paciente la presencia del evaluador no altere la funcionalidad invadiendo la movilidad del paciente.

## 8. CENTROS Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

En la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, en el programa académico de Ingeniería Electrónica, se “diseñó, construcción e implementación de un sistema de captura de movimiento para análisis ergonómico de riesgo laboral de extremidades superiores” en 2014, donde utilizaron el equipo desarrollado, para analizar las posturas y movimientos que adquirirían los colaboradores al momento de realizar su trabajo (Urgilés Ortiz, 2014).

## 9. REFERENCIAS

5Hertz Eletronica . (febrero de 2017). *5Hertz Electrónica*. Obtenido de 5Hertz Electrónica:

[https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=13](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=13)

5Hertz - Electrónica. (Febrero de 2014 ). *5Hertz Electronica* . Obtenido de 5Hertz

Electronica :

[https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial\\_id=2](https://www.5hertz.com/index.php?route=tutoriales/tutorial&tutorial_id=2)

Aguilar Cordero, B. A. (2014 ). Descripción del acelerómetro como método para valorar la

actividad física en los diferentes periodos de la vida; revisión sistemáticascie, .

*Scielo* .

Biomec. (2017). *Biomec Productos de Biomecanica, deporte y ergonomía*. Obtenido de

Biomec : <http://www.biomec.com.co/productos.html>

- Carnevale, R. (Marzo de 2010). a impresora de órganos. Ficciones y realidades de la producción de tejidos artificiales. *Química Viva*. Obtenido de Wikipedia la enciclopedia libre: [https://es.wikipedia.org/wiki/Impresión\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Impresión_3D)
- Fontrodona Francolí, Jordi; Blanco Días, Raúl;. (Diciembre de 2014). Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. *Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Glosario Educación física* . (Enero de 2018). Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com>
- Goniometro. (2018). *¿Qué es un Goniómetro?* Obtenido de *¿Qué es un Goniómetro?*: <https://goniometro.pro/que-es/>
- Mecafenix, F. (octubre de 2017). *Ingeniería Mecafenix La enciclopedia de la ingeniería*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix La enciclopedia de la ingeniería: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/acelerometro/>
- Monroy Rojas, J. (2019). Sistema de medición actitudinal de un cuerpo para uso en túneles de viento. Bogota , Colombia .
- Rohringer, S. (2019). *all3dp*. Obtenido de all3dp: <https://all3dp.com/es/1/filamento-3d-filamento-impresora-3d/>
- Soto, V. y. (1996). PARÁMETROS INERCIALES PARA EL MODELADO BIOMECÁNICO DEL CUERPO HUMANO. REVISTA MOTRICIDAD. *European Journal of Human Movement*, 168 - 189.
- Terán Pineda, D. (abril de 2017). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA VISUALIZAR LA MARCHA HUMANA BIOMECÁNICA EN LA

AFECCIÓN DE RODILLA ANTE UNA GONARTROSIS. FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA. *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA VISUALIZAR LA MARCHA HUMANA BIOMECÁNICA EN LA AFECCIÓN DE RODILLA ANTE UNA GONARTROSIS. FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.* Ecuador .

Torrealba, F. (2017). Aplicaciones de la goniometría en la gestión de la salud ocupacional en Venezuela. *Salud trab.* , 167 - 174.

Universidad, Utel Blog. (julio de 2013). *El código abierto*. Obtenido de Universidad, Utel Blog: <https://www.utel.edu.mx/blog/rol-personal/codigo-abierto/>

Urgilés Ortiz, P. F. (2014). DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA ANÁLISIS ERGONÓMICO DE RIESGO LABORAL DE EXTREMIDADES SUPERIORES. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO PARA ANÁLISIS ERGONÓMICO DE RIESGO LABORAL DE EXTREMIDADES SUPERIORES. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.* Ecuador.

Yúbal F, M. (Julio de 2018). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Obtenido de Xataka: <https://www.xataka.com/autor/yubal>