

# Análisis del Equilibrio en Adolescentes con apoyo de una Plataforma de Captura de Movimiento

Mauro Callejas-Cuervo, PhD<sup>1</sup>, José Luis Jaime-Gil, BSc<sup>2</sup>, Luis Arturo Monroy-Guerrero, MSc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, mauro.callejas@uptc.edu.co

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia, jose.jaime@uptc.edu.co, luis.monroy@uptc.edu.co

*Abstract– En este trabajo se presenta el uso de tecnologías en el análisis de movimiento para evaluar el grado de equilibrio en adolescentes de secundaria, en una institución educativa, esta propuesta trata de involucrar el uso de métodos para capturar el movimiento humano, particularmente se busca un medio que fuese compatible con el actual estilo de vida en estas edades y el ámbito escolar. Se valoró un total 7 estudiantes de una institución educativa en la ciudad de Tunja, Colombia, se aplicó un pre-test y pos-test, la duración del programa de intervención fue de 11 semanas, realizando una sesión de gimnasia básica semanal de 120 minutos, se realizó un diagnóstico de factores antropométricos como: Talla con una Media de 1.62 Cm. (DT=,059), Masa con una Media de 54,12 Kg. (DT= 6,89) y Edad, con una Media de 15 años. (DT=1,11). Consecutivamente se aplicó el pre-test de equilibrio estático, mediante una plataforma de captura de movimiento, la cual se describe en este artículo, se desarrolló el programa de intervención, con el propósito de mejorar la estabilidad corporal, cada sesión cuenta con una observación participante registrada a través de unas planillas, posteriormente se realizó el pos-test haciendo uso de la plataforma creada. Los resultados de las planillas que registró el instructor, mostraron que durante la intervención del programa a medida que los estudiantes mejoraban la ejecución de los movimientos básicos y estos incrementaban su dificultad, se percibía una mayor estabilidad. Estas observaciones se validan con una mayor precisión debido a los resultados arrojados por la plataforma; los cuales mostraron menor grado de inclinación y rotación del tronco en el pos-test (+/- 7.35° y 3.7° en promedio), para los tres ejes corporales: anteroposterior, mediolateral y craneocaudal, denotando la aplicabilidad de la plataforma en el caso de estudio registrada en la precisión, fiabilidad y entrega de los resultados en tiempo real.*

*Keywords– Plataforma Captura de movimiento, sensores inerciales y magnéticos, biomecánica, Equilibrio estático.*

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la tecnología se encuentra inmersa en todas las disciplinas y áreas del conocimiento, en este caso sirvió de gran apoyo en las áreas de la salud, el deporte y la educación. Así mismo se han realizado algunas investigaciones empleando acelerómetros para supervisar la práctica de la actividad física, promoviendo hábitos y estilos de vida saludables en personas de edad avanzada [1]. Con esta tecnología también se han encontrados investigaciones para medir los niveles de actividad física en alumnos de Educación Primaria [2], pudiendo demostrar en valores cuantificables, los niveles de Actividad Física para la población infantil y juvenil. Igualmente estos sensores de aceleración han ayudado a captar el movimiento corporal en pacientes con riesgo de caída a partir de datos de acelerometría [3], demostrando que en la

última década su aplicación ha trascendido, siendo cada vez más aplicable en el campo de la salud, el movimiento y la motricidad humana. De esta manera han surgido diferentes formas de evaluar y optimizar los procesos encaminados al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, Específicamente con tecnologías que apoyan la toma de medidas en el equilibrio, se han encontrado algunos trabajos que han confirmado nuevos sistemas de valoración del equilibrio en mujeres adultas con elementos cinemáticos [4], realizando pruebas ante diferentes posiciones y condiciones de valoración, contrastando los resultados con test clínicos como el TUG, obteniendo alta correlación en posiciones mono pódalas sin referencia visual, esto demuestra que su pertinencia y su objetividad ha hecho que en la actualidad surjan investigaciones que integren modelos de valoración que contribuyan en registrar datos precisos y fiables en la estabilidad corporal. La aplicabilidad de estas tecnologías se reconoce en todas las edades del desarrollo, en este contexto existen trabajos de investigación que han valorado el equilibrio postural en bipedestación y sedestación en sujetos sanos mediante acelerometría [5], permitiendo registrar las aceleraciones efectuadas por el cuerpo en diferentes condiciones.

En la actualidad la forma más común para realizar este tipo de valoraciones son los test clínicos empleados en el área de la salud o test físicos empleados en el área de la educación física, a través de la observación directa; con algunas medidas de carácter subjetivo y que en ocasiones pueden escapar su fiabilidad de acuerdo a la mirada del investigador.

Razón por la cual se planteó esta investigación, para seguir contribuyendo con nuevos sistemas de diagnóstico y evaluación del nivel de equilibrio, en este caso se realizó en un grupo de estudiantes, implementando una plataforma para el análisis de las variaciones corporales en diferentes condiciones e integrar diferentes sensores de movimiento además de apoyarse en registros de observaciones durante el proceso de intervención, en este sentido se desarrolló el estudio siguiendo la nueva perspectiva metodológica que “se está afianzando con fuerza en la última década acorde con la necesidad actual de planteamientos más integrados en la investigación de la motricidad humana” [6]. Se emplearon instrumentos de valoración cuantitativos, haciendo uso de tecnologías emergentes de captura de movimiento, y registros de observaciones, todo esto para integrar una investigación más

acertada que contribuya a fomentar los avances en el análisis del control corporal.

El análisis del test de equilibrio estático implementando la plataforma de captura de movimiento, realiza un proceso denominado fusión de datos, proceso determinante al integrar la información captada por tres sensores que componen esta plataforma, acelerómetro, giróscopo y magnetómetro, para obtener la apropiada calidad e integridad de la información requerida, en este caso grados de movimiento en los tres ejes corporales evaluados durante las cuatro pruebas de equilibrio estático, tanto para las pruebas del pre-test como para el pos-test, de cada uno de los sujetos evaluados.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se implementó la plataforma de captura de movimiento de acuerdo al protocolo establecido por el estudio: Identificación de puntos de referencia anatómicos para la valoración del equilibrio mediante dispositivos cinemáticos [7], permitiendo identificar de acuerdo a los resultados que “el punto de colocación del dispositivo es la región lumbo-pélvica, sobre la base sacra, esto permite considerar el cuarto nivel lumbar como punto de registro cinemático más adecuado”.

Para la localización de la cuarta vértebra lumbar L4 y posterior ubicación del dispositivo, se tomó el protocolo del atlas de anatomía palmatoria [8], localizada la apófisis espinosa, se procede a adherir directamente sobre la piel en el punto identificado, la cinta hipoalérgica transparente fixomull encima de la apófisis, junto con la cinta doble faz extrafuerte y los sensores de movimiento, para garantizar que no se mueva independientemente al tronco del sujeto durante la realización de las pruebas.

Una vez ubicados los sensores, se seleccionó la prueba objetivo para medir el equilibrio estático, esta prueba tiene un alto grado de valides a nivel científico en estudios anteriores [4], que consta de 2 condiciones y posiciones de valoración.

Antes de realizar el pre-test se realizaron mediciones antropométricas tanto para la Talla, Masa, Edad y Genero, en la unidad de trabajo, con el fin de determinar la mayor homogeneidad posible, necesaria en estos estudios, como una forma de control de posibles variables ajenas o “factores que afectan el equilibrio”[9]. Se consideraron criterios de inclusión como: la incapacidad para realizar la marcha de forma independiente, sin el apoyo de elementos ortopédicos externos, para mantener el equilibrio estático bipodal con ojos abiertos durante 60 segundos; tener alguna contraindicación o enfermedad que le impidiese someterse a alguna de las pruebas de valoración; no ser partícipe como máximo, de una de las sesiones del programa de intervención; todo esto con el objetivo de no sesgar los registros tanto de diagnóstico como los resultados finales de las pruebas.





De acuerdo a los criterios de inclusión el grupo se decantó, quedando conformado por 7 estudiantes 6 hombres y 1 mujer.

### A. Protocolo de prueba

Cada sujeto evaluado debe estar descalzo con calcetines, ropa confortable, que le permitiese realizar las pruebas cómodamente y sin ningún tipo de cohibición en efectuar rangos de movimiento para la re-equilibración o que intervengan negativamente en ésta. La posición de referencia inicial en la prueba esta demarcada en el suelo, de modo que el eje longitudinal del sujeto trate de coincidir con la intersección de las líneas demarcadas, vertical y horizontal sin modificar su postura natural de bipedestación, durante las cuatro pruebas el sujeto debe estar lo más quieto posible tratando de mantener una postura erguida.

En las pruebas de equilibrio monopodal se le permitió al sujeto elegir sobre qué pierna realizar el apoyo, así todos los sujetos pudieron hacer ensayos antes de comenzar la valoración, y decidir sobre qué miembro realizaría las pruebas de equilibrio monopodal.

TABLA I  
POSICIONES DE VALORACIÓN DEL TEST

Tipo de prueba	Representación
I. Prueba de equilibrio bipedestación con ojos abiertos. (EBOA).	
II. Prueba de equilibrio bipedestación con ojos cerrados. (EBOC).	
III. Prueba de equilibrio monopodal con ojos abiertos (EMOA).	
IV. Prueba de equilibrio monopodal con ojos cerrados (EMOC).	

Una vez realizado el Pre-Test se implementó el programa de intervención de gimnasia básica, el cual, se conformó de doce sesiones de clase incluidas las sesiones en donde se realizó el pre-test y el pos-test, que corresponden a dos horas semanales.

Luego de realizada la intervención se evaluó el grupo de estudio mediante un Pos-test, para comprobar el grado de mejora en el registro del movimiento durante treinta segundos para los tres ejes corporales, particularmente esta propuesta trata de involucrar y apoyar la perspectiva en las investigaciones citadas de que sistemas subyacentes están surgiendo cada vez más, utilizando tecnologías de captura de movimiento muy sensible ante una mínima enervación, teniendo numerosas ventajas como poseer independencia de referencias externas, iluminación ambiental o fricción, además que el movimiento que detecta estos sensores inerciales está directamente relacionado con el objeto [10]. Estos sistemas microelectromecánicos “MEMS” basados en sensores inerciales y magnéticos han incrementado su implementación

durante las últimas décadas debido a su pequeño tamaño, bajo consumo de energía, luz y peso.

### B. Materiales que integran la plataforma

En la Fig. 1, se observa la plataforma de captura de movimiento, la cual utiliza tecnología basada en sensores inerciales y magnéticos, se implementó por poseer un alto grado de validez a nivel científico en varios estudios de investigación realizados en otras áreas [11-13].



Fig. 1. Sistema de captura de movimiento, IMOCAP.

Esta plataforma, busca medir desde la ubicación de los sensores, “apófisis espinosa L4”, los grados de movimiento e identificar las variaciones posturales en rangos, expresados en grados, para los tres ejes corporales: “eje Y correspondiente al Anteroposterior, eje X correspondiente al Mediolateral y eje Z correspondiente al Longitudinal o vertical, el poco peso de este instrumento y la facilidad de almacenar los datos en una memoria micro SD, junto con la activación de manera remota, hacen de esta un alto potencial para implementarla a nivel clínico.

### C. Observación participante registrada en planillas

La observación participante, es una técnica implementada en la investigación [14] y es las más destacadas por su valor en la investigación del lenguaje verbal didáctico y matemático.

## III. RESULTADOS

Partiendo de los procesos mencionados anteriormente, para el análisis cuantitativo, se tiene encuentra los datos de factores como Género, Talla, Masa y Edad para identificar la homogeneidad del grupo analizado.

En la tabla II, se muestran los valores del grupo de estudio en función a los factores: Género, Edad, Talla y Peso en Kilogramos, se identifica, que el 95% de los valores se encuentra dentro de una distancia de no más de dos

desviaciones estándar con respecto a la media aritmética, lo que prueba que está dentro de la normalidad de distribución.

TABLA II  
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS FACTORES.

		Genero	Talla	Peso en kg.	Edad
N	Válido	7	7	7	7
	Perdidos	0	0	0	0
Media		1,14	1,6214	54,1286	15,71
Mediana		1,00	1,6500	58,2000	16,00
Moda		1	1,65	44,30 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>
Desviación estándar		0,378	0,05956	6,89389	1,113
Asimetría		2,646	-,775	-,558	-,249
Error estándar de asimetría		0,794	0,794	0,794	0,794
Curtosis		7,000	-0,893	-1,931	-0,944
Error estándar de curtosis		1,587	1,587	1,587	1,587
Rango		1	0,16	16,50	3
Mínimo		1	1,53	44,30	14
Máximo		2	1,69	60,80	17
Percentiles	25	1,00	1,5500	46,5000	15,00
	50	1,00	1,6500	58,2000	16,00
	75	1,00	1,6600	60,0000	17,00

<sup>a</sup> = Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Utilizando el software MATLAB, herramienta que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio; se representan las gráficas, con los datos obtenidos por la plataforma IMOCAP, permitiendo identificar las aceleraciones pico y el movimiento rotacional en los tres ejes corporales, mediante la fusión de datos, permite que las mediciones e información sean combinadas para entregar conocimiento lo suficientemente completo e íntegro. Hace uso sinérgico de la información proveniente de diferentes sensores para lograr una apropiada calidad e integridad permitiendo identificar los grados máximos y mínimos del movimiento durante 30 segundos en los tres ejes corporales para cada prueba de equilibrio, en cada sujeto, a modo de ejemplo se eligió al azar el participante N°2.

En la Fig. 2, se representa las señales pico de los tres sensores y la fusión de datos, para la prueba 4 Pos- Test. Equilibrio Monopodal con Ojos Cerrados (EMOC) del participante N°2, el eje horizontal de la gráfica representa los segundos que dura cada prueba, estos sensores toman 30 muestras por segundo, la señal de color rojo representa los datos que arroja el acelerómetro (literal A, en la gráfica), la señal de color verde representa los datos del sensor de movimiento giróscopo (literal B, en la gráfica), la señal de color magenta representa los datos del magnetómetro (literal C, en la gráfica), a través del proceso de fusión de datos se genera la señal de color azul (literal D, en la gráfica), esta señal representa los grados picos máximos y mínimos de movimiento en el eje anteroposterior, este proceso tiene múltiples ventajas ya que ayuda a tener una fiabilidad de los datos que finalmente se expresan en grados.

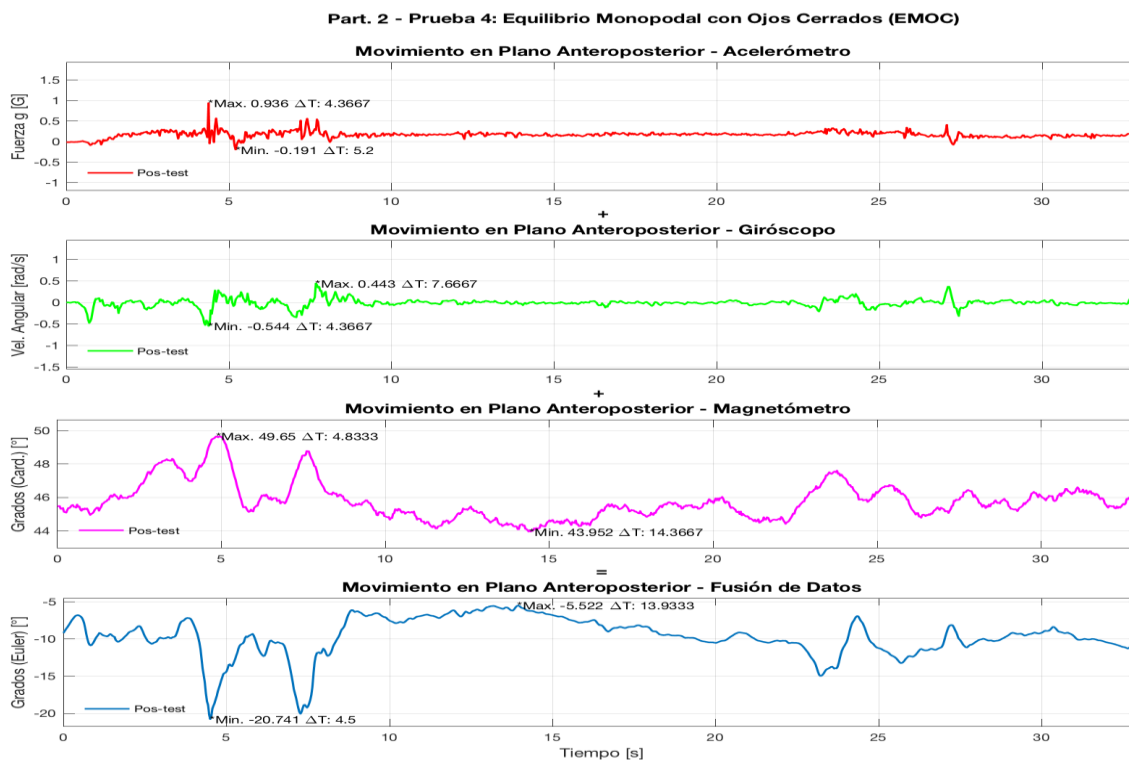


Fig. 2. Representación de las generadas por el acelerómetro, magnetómetro, giróscopo y la fusión de estos datos

Una vez conocidos los grados máximo y mínimo se procedió a identificar los rangos de movimiento que expresa cada estudiante en el pre-test y pos-test.

Partiendo de los picos de movimientos se realizaron cálculos para: el movimiento total de los tres ejes y la diferencia en grados de movimiento entre el pre-test y el pos-test en cada eje corporal: Antero-posterior, Mediolateral y Craneocaudal o eje Longitudinal de cada estudiante.

En la tabla III, se observa los promedios en grados de movimiento en el grupo intervenido, en el pre-test y pos-test, así como la diferencia y el respectivo porcentaje de mejora, el eje Anteroposterior obtiene una diferencia positiva entre el pre-test y el pos-test, de  $5.54^\circ$ , este resultado afirma que durante las cuatro pruebas, en promedio se redujo los rangos de movimiento, así mismo, para el eje Mediolateral en donde se obtiene una diferencia de  $3.70^\circ$ , de igual manera para el eje Craneocaudal en donde se consigue entre el pre-test y el pos-test  $7.35^\circ$ .

Por su parte el resultado en el promedio de movimiento total de todos los ejes en el pre-test tiene un valor de  $10.94^\circ$ , el resultado obtenido en el pos-test tiene un valor promedio de  $5.42^\circ$  de movimiento, con una diferencia entre el pre-test y el pos-test de  $5.53^\circ$ , estos resultados ratifican que, en el pos-test, en promedio el grupo logro controlar los movimientos de desequilibrios consiguiendo una mayor quietud y así mejora su estabilidad.

TABLA III  
PROMEDIO DE MOVIMIENTO TOTAL POR CADA EJE - DIFERENCIA Y PORCENTAJE DE MEJORA.

	Pre-test	Pos-test	Diferencia	Diferencia variación %
	Todas prb.	Todas prb.		
	$\Delta G$	$\Delta G$		
Todo el Grupo de Estudio	$10.94^\circ$	$5.42^\circ$	$5.53^\circ$	50.51%
Grupo de Estudio Únicamente Eje Anteroposterior.	$10.52^\circ$	$4.98^\circ$	$5.54^\circ$	52.66%
Grupo de Estudio Únicamente Eje Mediolateral.	$8.47^\circ$	$4.77^\circ$	$3.70^\circ$	43.70%
Grupo de Estudio Únicamente en el Eje Craneocaudal	$13.84^\circ$	$6.50^\circ$	$7.35^\circ$	53.06%

Por último, se dividió la diferencia total de movimiento generado en cada eje, con el resultado total del pre-test, para calcular el porcentaje de mejora, obteniendo resultados para el eje Craneocaudal un porcentaje del 53.06%, de igual manera para el eje Anteroposterior con un porcentaje del 52.66% y finalmente para el eje Mediolateral un porcentaje del 43.70%, una vez hallado el resultado y diferencia de cada eje, se procedió a calcular el porcentaje de mejora en el movimiento total, dividiendo la diferencia total de movimiento con el resultado total del movimiento en el Pre-test, obteniendo un porcentaje del 50.51% de mejora en el grupo analizado.

#### IV. DISCUSIÓN

Aunque los resultados en las cuatro pruebas de equilibrio estático, evidencian disminución del movimiento en promedio para los tres ejes corporales, los resultados más significativos se dieron en las dos últimas pruebas en donde se obtuvieron rangos de menor amplitud y oscilaciones, a pesar de estos resultados para las pruebas I (EBOA) y III (EMOA) se obtuvo un promedio de mejora de  $3.8^\circ$  concordando con el estudio presentado en [15], en donde afirma que “existen evidencias que sustentan la hipótesis de que la práctica y la repetición sistemática en tareas específicas de equilibrio, en las distintas fases de un sujeto, conllevan a obtener una sensibilidad de los receptores sensoriales o una mejor integración de la información por las estructuras responsables de regular el control postural”.

A partir de los resultados se puede decir que el equilibrio y el ajuste postural son más sensibles de estimular, esto puede explicar la disminución del movimiento en promedio registrado durante las pruebas, I: Equilibrio en Bipedestación con Ojos Abiertos y III: Equilibrio monopodal con ojos abiertos.

Con referencia a lo anterior no solo los resultados son positivos en el aspecto del equilibrio estático tanto monopodal como en bipedestación con ojos abiertos, también en las pruebas II (EBOC) y IV (EMOC), en donde se obtuvieron registros de disminución notable del movimiento, siendo estas dos pruebas las que sobresalieron en el grupo intervenido, obteniendo un promedio de  $7.2^\circ$ . Este resultado coincide con las observaciones en el estudio de Guimaraes Ribeiro y otros [15], en donde argumentan que “existen varias investigaciones que han demostrado que diferentes especialistas (bailarinas y practicantes de gimnasia) son significativamente más estables y menos dependientes de la visión que sujetos no entrenados”. Es así que el programa de intervención en gimnasia demuestra su pertinencia teniendo una respuesta positiva en el equilibrio sin referencias visuales.

En este orden de ideas los registros obtenidos en este estudio para el eje Anteroposterior muestran que fue el segundo eje corporal que presentó una mejora superior al 50%, estos resultados sugieren la eficacia del programa respecto a la estabilidad en este eje corporal. Lo anterior concuerda con el estudio presentado en [15], donde encontraron que “para el eje Anteroposterior existen diferencias significativas entre grupos, el grupo de gimnasia mostró valores más bajos de energía espectral en ambas condiciones ojos abiertos y ojos cerrados”, posiblemente se deba a que los niños maduran el control postural en este plano antes que en el plano Medio-lateral”, es decir que seguramente en las edades que comprenden un rango de 14 a 17 años todavía se está desarrollando el control del movimiento en este eje para mantener el equilibrio y que es una etapa apropiada para ser estimulado.

Por otra parte, los rangos de movimiento obtenidos en el eje Medio-lateral, tanto para el pre-test como para el pos-test fueron menores que el movimiento de los ejes Anteroposterior y Vertical, postulando así este eje el más estable. Estos resultados contrastándolos con los resultados obtenidos en [4], en donde mujeres adultas que oscilan entre los 53 y 66 años, no concuerdan pues “se obtuvieron mayores valores, cinemáticos en el plano Medio-lateral a diferencia de los otros dos planos”. Este resultado, permite argumentar que a medida que pasan los años puede ser que el eje Medio-lateral sea más susceptible a disequilibrios, es decir que se pierda con más facilidad la estabilidad.

Los resultados obtenidos en el estudio registrado en [5], indican que las oscilaciones de mayor amplitud en los sujetos para mantener el equilibrio se dan en las coordenadas X (vertical) y Y (Medio-lateral). Los datos recogidos en ese estudio demostraron que el eje anteroposterior o eje Z presentaba variaciones de menor amplitud en edades que oscilan entre los 18 a los 27 años, contrastando por un lado con los resultados obtenidos en esta investigación, en donde existe una gran similitud en las oscilaciones para el eje Vertical “Z”, en el cual se identificó en los registros obtenidos que presenta mayor amplitud de movimiento y mejora que en los ejes Anteroposterior y Mediolateral. Por otro lado, los resultados difieren en el eje Medio-lateral pues indican que, este eje fue el de menor oscilación y mejora.

Según se ha visto en los registros de fusión de datos de las pruebas III y IV se determinó que durante los treinta segundos se evidencian dos puntos críticos de disequilibrios, el primero que está comprendido entre un rango de 0 a 10 segundos y el segundo punto está comprendido entre un rango de 20 a 30 segundos. Estos datos concuerdan con los resultados del estudio registrado en [4], en donde se obtuvieron mayores registros en el vector aceleración para estos rangos de tiempo en las pruebas (EMOA) y (EMOC).

#### V. CONCLUSIONES

Mediante la utilización de la plataforma IMOCAP y la fusión de datos, se puede captar el movimiento generado en las diferentes pruebas de equilibrio a través de la pluralidad de sensores que la componen, dando mayor objetividad en los registros de los ejes valorados e identificar el grado de movimiento dorso lumbar, generado por situaciones de reequilibración de los sujetos, de esta manera la valoración cinemática apoyada en tecnología de sensores, se postula como una herramienta fiable para la evaluación del movimiento humano, reproducible en diferentes campos y etapas del desarrollo.

La práctica reiterada de los movimientos básicos de la gimnasia, constituidos en el programa de intervención como: rollos y los diferentes desplazamientos multidireccionales, apoyos invertidos, planchas, giros, saltos y otros mejoran el equilibrio estático tanto en bipedestación como monopodal, sobresaliendo las posiciones monopodales y sin referencia

visual, estas actividades gimnásticas permiten desarrollar la conciencia, cinestésica y la orientación espacial.

Se determina que las edades de 14 a 17 años en este estudio presentan registros de disequilibrios más elevados para los ejes Craneocaudal y Antero-posterior a su vez se comprueba que el eje Mediolateral presentó menos grados pico y variaciones de movimientos siendo el más estable.

La implementación de metodologías emergentes, en el estudio de la motricidad humana permite tener más claridad y objetividad en la investigación permitiendo integrar la lógica deductiva e inductiva reconociendo que pueden llegar a ser de gran valor científico.

#### REFERENCIAS

- [1] R. Leirós Rodríguez, E. Arce, J.L. García Soidán & G. Barbeito. Accelerometers: devices that contribute to healthy aging. *Retos*, pp. 44-47. 2017.
- [2] J. Martínez Martínez, O.R. Contreras Jordán, S. Aznar Laín & Á. Lera Navaro. Niveles de actividad física medido con acelerómetro en alumnos de 3º ciclo de Educación Primaria: actividad física diaria y sesiones de Educación Física. *Psicología del Deporte*, 117-123. 2012.
- [3] M. Miralles, R. Vecchio, I. Ghersi, R. Paterson, M. Pérez Akly, M. Ferrando, F. Álvarez. Estudios de equilibrio en pacientes con riesgo de caída a partir de datos de acelerometría entrés ejes. *Actas de las XIV Jornadas de Ingeniería Clínica y Tecnología Médica, Paraná 2012*. ISBN978-950-608-295-9; Disponible en: <http://bioingenieria.edu.ar/grupos/geic/biblioteca/j2012/Documentos/Traabajos/T12TCAr14.pdf>. Visitado 12 de Diciembre de 2018.
- [4] R. Leirós Rodríguez, E. Arce Fariña & J.L. García Soidán. Estudio piloto para la valoración del equilibrio en mujeres adultas con un elemento cinemático. *Retos*, 90-93. 2015.
- [5] A. Caña Pino, M.D. Apolo Arenas, J. Moral Blanco, J. Álvaro de Diego & C. Fernández Gutiérrez. Valoración del equilibrio postural en bipedestación-sedestación en sujetos sanos mediante acelerometría. *Fisioterapia*, 271-278. 2015.
- [6] M. Castañer Balcells, O. Camerino Foguet & T. Anguera Argilaga. Métodos mixtos en la investigación de las ciencias de la actividad física y el deporte. *Apuntes. Educación Física y Deportes*, 31-36. 2013.
- [7] R. Leirós Rodríguez, M.E. Arce, A. Souto Gestal & J.L. García Soidán. Identificación de puntos de referencia anatómicos para la valoración del equilibrio mediante dispositivos cinemáticos. *Fisioterapia*, 37, 223-229. 2014.
- [8] S. Tixa. *Atlas de Anatomía Palpatoria*. MASSON. 2006.
- [9] C. Contreras Rodríguez. La coordinación y el equilibrio dentro de la Educación Física actual. *Efdeportes*, 1/1. 2011.
- [10] F. Abyarjoo, A. Barreto, J. Cofino & F.R. Ortega. Implementing a Sensor Fusion Algorithm for 3D Orientation Detection with Inertial/Magnetic Sensors. *Innovations and Advances in Computing, Informatics, Systems Sciences, Networking and Engineering*, 305-310. 2014.
- [11] V. M. Pacanchique Flórez. Análisis cinemático del ciclo de palada en kayakistas Boyacenses por medio de sensores de movimiento. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2017.
- [12] J. A. Pineda Rojas. Análisis de la velocidad en la interceptación del balón en porteros de fútbol de salón con plataforma de captura de movimiento IMOCAP. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2016.
- [13] M. Callejas Cuervo, R. M. Gutierrez & A. I. Hernandez. Joint amplitude MEMS based measurement platform for low cost and high accessibility telerehabilitation: Elbow case study. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. Vol 21(3), July 2017, pp. 574-581. 2017.
- [14] A. Medina Rivilla, A. De La Herrán Cascón & M. Domínguez Garrido. *Fronteras en la investigación de la didáctica*. Madrid: UNED. 2014.
- [15] D. Guimaraes Ribeiro, M. Hernández Suárez, D. Rodríguez Ruiz & J.M. García Manso. Efecto del entrenamiento sistemático de gimnasia rítmica sobre el control postural de niñas adolescentes. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, pp.54-60. 2015.