



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Carrera de Kinesiología

**USO DE LA CAPTURA DE MOVIMIENTO EN 3D COMO
METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN CINEMÁTICA DE LA RODILLA.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.
TESINA DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

AUTOR: Elizabeth Robledo Muñoz
PROFESOR GUÍA: Sergio Sandoval Alarcón, MSc., Lic. Kigo.

Valparaíso-Chile

2019



Universidad de Valparaíso
Facultad de Medicina
Carrera de Kinesiología

**USO DE LA CAPTURA DE MOVIMIENTO EN 3D COMO
METODOLOGÍA PARA LA VALORACIÓN CINEMÁTICA DE LA RODILLA.
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.**

**TESINA DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA**

AUTOR: Elizabeth Robledo Muñoz

PROFESOR GUÍA: Sergio Sandoval Alarcón, MSc., Lic. Kigo.

Valparaíso-Chile

2019

DEDICATORIA

Dedicado a mi familia por entenderme y acompañarme siempre. A mis padres por empapararme de su energía positiva y renovadora.

Elizabeth Robledo Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Índice

Contenido	Página
1. INTRODUCCIÓN	11
2. MARCO TEORICO.....	17
2.1. Definición de metodología.....	17
2.1.1. Sistema de registro	18
2.1.2. Número y ubicación de las cámaras.....	20
2.1.3. Sistema de referencia	22
2.2. Cinemática.....	25
2.3. Captura de movimiento en 3D	26
2.4. Rodilla.....	27
3. OBJETIVO GENERAL	29
4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.1. Estrategias de búsqueda	31
5.1.2. Criterios bases de datos.....	31
5.1.3. Términos claves	31
5.1.4. Criterios temáticos	31
5.1.5. Criterios metodológicos.....	32
5.2. Instrumentos y materiales con sus características técnicas.....	33

5.3. Definición y operacionalización de las variables.....	34
5.4. Descripción del procedimiento.....	36
6.Resultados	39
7.Referencias.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Contenido	Páginas
Figura 1. Ejemplo de construcción de un marco.....	24
Figura 2. Estrategia de la búsqueda sistemática y sus resultados.....	32
Tabla 1. SQAC. Escala para estudios cuantitativos.....	38
Tabla 2. SQAC. Escala para estudios cualitativos.....	38
Tabla 3. Resultados de la revisión sistemática.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La rodilla es el complejo articular más grande del esqueleto humano; en ella se unen 3 huesos: epífisis distal del fémur, epífisis proximal de la tibia y la patela (la que aumenta el brazo de palanca del aparato extensor de la rodilla). Constituye una articulación de suma importancia para la marcha y la carrera, que soporta la mayor parte del peso del cuerpo en el despegue y la recepción de saltos. Esta carga se multiplica varias veces en dichas actividades.

Su mecánica articular resulta muy compleja, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera y para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno (García, L. H. G., García, C. M. R., Fuentes, I. G., & Victoria, 2003).

Por lo que la rodilla es la articulación más compleja del miembro inferior, la

que está sometida a demandas más importantes y, en consecuencia está muy expuesta a lesiones. Además de una gran movilidad en flexo-extensión, la rodilla requiere tener una gran estabilidad, puesto que lo requieren la mayoría de las actividades funcionales que realizamos.

Actualmente existen muchas patologías de rodilla, las patologías de rodilla generan muchos problemas en la marcha, postura, problemas económicos, licencia, dolor, y deterioro en la calidad de vida.

Estas constituyen una de las principales causas de consulta médica, tanto en Atención Primaria como en Atención Especializada, así como una importante limitación funcional del paciente al trastornar la marcha (Familia et al., 2004).

El deterioro de las estructuras articulares puede llevar a dolor crónico e impotencia funcional para algunas actividades de la vida diaria como caminar, correr, subir y bajar escaleras o agacharse.

En las primeras décadas de la vida predominan la patología condral (condromalacia y osteocondritis) y los tumores, los traumatismos en la tercera y cuarta décadas, y los procesos degenerativos, a partir de la quinta (Familia et al., 2004).

La osteoartritis (OA) es uno de los principales problemas de salud a nivel

mundial debido a su alta prevalencia, siendo considerada la causa más común de incapacidad permanente en mayores de 65 años en los países en que se ha estudiado, presentándose la mayor frecuencia de esta enfermedad en las rodillas.

Para determinar la prevalencia exacta de la OA de rodilla es fundamental la definición de enfermedad utilizada, el método de diagnóstico (clínico y/o por imagen) y la articulación afectada, por lo cual los datos disponibles son diversos. Pese a esto se describe que más del 50% de la población mayor de 65 años presenta algún tipo de OA, siendo la articulación más afectadas la rodilla, con una incidencia de 240/100.000 personas/año (Martínez, Martínez, & Calvo, 2015).

Siendo esta una enfermedad que cursa con dolor y limitación funcional progresiva y constituye además un motivo habitual de consulta médica con los consiguientes elevados costos para su atención y tratamiento, es una causa frecuente de deterioro del estilo de vida que influye en la Calidad de Vida del individuo asociada a su salud.

Ademas El aumento de las prácticas deportivas, tanto profesionales como de recreo, hace que la incidencia de estas lesiones sea cada vez mayor, que

afectan al adolescente y al adulto joven con un máximo de presentación entre las segunda y cuarta décadas de la vida.^{12,16}

A pesar de los numerosos métodos de investigación en medicina, sean clínicos, radiológicos y de laboratorio, el diagnóstico de las lesiones de esta articulación queda frecuentemente como un problema no solucionado.¹⁰

Las enfermedades y golpes pueden causar daños a los huesos, cartílagos, ligamentos, músculos y tendones; dentro de ellas, las roturas meniscales corresponden a una de las lesiones traumáticas más frecuentes de la rodilla, cuya patogenia compleja y diagnóstico difícil requieren con frecuencia un reconocimiento artroscópico de la articulación, porque permite visualizar el área del menisco afectada y la existencia de otra u otras lesiones acompañantes que pueden ensombrecer el pronóstico.(Pacheco Díaz, E. A., Arango García, G., Jiménez Paneque, R., & Aballe Hoyos, Z. A. ,2007).

Actualmente, existen diversos métodos de estudio y valoración disponibles para obtener información sobre las patologías y su repercusión funcional en los pacientes. Sin embargo, la evaluación clínica de la patología de rodilla es compleja debido a la diversa funcionalidad que tiene esta articulación y a la multitud de manifestaciones clínicas.

La valoración de la rodilla responde a una estrategia metódica de investigación de las diferentes estructuras anatómicas. Mediante la codificación de las diversas maniobras exploratorias, se pueden identificar los orígenes de las deficiencias para una aplicación precisa y pertinente de las técnicas terapéuticas. El estado funcional de la rodilla integrada en el miembro inferior se evalúa mediante un conjunto de pruebas y cuestionarios adaptados a las alteraciones musculoesqueléticas de la rodilla. (Chatrenet, Y. 2013). Dentro de estos métodos, se plantean los métodos de captura de movimiento 3D para el análisis tridimensional de rodilla. La correcta evaluación del movimiento articular a través de sistemas de análisis del movimiento depende, entre otros factores, de la correcta colocación de los marcadores reflectantes sobre los sujetos analizados. (Villarroya, Alonso, Franco, García, & Calvo, 2007)

La fotogrametría tridimensional (3D) es una metodología de análisis del movimiento válida, fiable y que está muy extendida en el ámbito de la biomecánica aplicada al estudio de la técnica deportiva (Pearsall y Reid, 1994). Esta metodología se basa en el análisis de las imágenes o fotogramas procedentes de varias grabaciones de vídeo sincronizadas en el tiempo, que registran un mismo movimiento o acción técnica desde diferentes puntos de

vista. A través de un procedimiento matemático validado, estandarizado y automatizado denominado DLT («Direct Linear Transformation» o transformación lineal directa) se establecen las coordenadas 3D de posicionamiento del deportista (Abdel-Aziz y Karara, 1971; Wolf, 1983). El análisis de movimiento tridimensional de rodilla, en los distintos estudios se ha utilizado diferentes parámetros para la aplicación de esta metodología de análisis en rodilla y sus resultados, pero no está claro dentro de sus características cuáles son más útiles, más factibles económicamente o con mejores resultados, por lo que hace necesario analizar y ver sus resultados para determinar las características de cada método utilizado en los estudios

2. MARCO TEORICO

2.1. Definición de Metodología

El concepto hace referencia al plan de investigación que permite cumplir ciertos objetivos en el marco de una ciencia. Cabe resaltar que la metodología también puede ser aplicada en el ámbito artístico, cuando se lleva a cabo una observación rigurosa. Por lo tanto, puede entenderse a la metodología como el conjunto de procedimientos que determinan una investigación de tipo científico o marcan el rumbo de una exposición doctrinal, lo cual implica el análisis de la lógica que los sustenta, la fortaleza de sus planteamientos y la coherencia para producir conocimiento relevante.

Los métodos son productos históricos, culturales, valorativos y aplicados. Estos elementos son la materia de estudio de la metodología, y ésta se encarga de analizar no sólo su pertinencia, sino la calidad de sus atributos en el afán de producir el conocimiento científico.

La importancia de la metodología consiste en que se avoca a estudiar los

elementos de cada método relacionados con su génesis, fundamentación, articulación ética, razonabilidad; su capacidad explicativa, su utilidad aplicada, los procedimientos de control que utiliza, por ejemplo, en el trabajo empírico y el modo en que se estructura para producir resultados. Si los métodos tienen pasos, reglas y procedimientos para llevar a cabo la manipulación inteligente de la realidad categorizada como problema, la metodología se encamina a su análisis y comprensión, con el fin de verificar sus fortalezas y debilidades.

Dentro de la metodología está el método científico puede definirse como el conjunto de tácticas que se emplean para constituir conocimiento. Son estos los pasos e instrumentos que nos llevan a explicar fenómenos, o a establecer relaciones entre hechos. Las tácticas empleadas son diversas, aunque es común distinguir entre dos tipos de métodos: el método deductivo y el método inductivo o empírico (Ibáñez, 2008).

2.1.1. Sistema de registro

La técnica fotogramétrica permite la utilización de fotografía, cine, o vídeo. Estos sistemas de registro del movimiento permiten obtener secuencias de

imágenes para su análisis posterior en el laboratorio sin la necesidad de interferir en la acción. Este aspecto resulta determinante cuando se trata de obtener parámetros reales en situaciones de competición oficial o durante los entrenamientos. El análisis del movimiento en situaciones de campo, en relación con el análisis en situaciones de laboratorio, ofrece condiciones ambientales menos estables, el tiempo de procesamiento de los datos es mayor y la precisión de los resultados es menor. Sin embargo, no interfiere en el deportista, requiere un menor coste de materiales utilizados, se puede llevar a cabo ante una mayor cantidad de situaciones deportivas, permite aportar *feedback* visual, y el nivel de aplicabilidad de los resultados obtenidos es mayor.

El sistema de registro de fotografía es el sistema que aporta una mayor calidad junto con el cine. Esto se debe al tipo de lente que utilizan estos aparatos. Sin embargo, no es un sistema de captación muy extendido en las técnicas fotogramétricas de análisis del movimiento, ya que normalmente interesan secuencias de imágenes de larga duración que en una fotografía o a través del ojo humano no se pueden recoger (Pérez y Llana, 2007).

El sistema de registro «cine» es el sistema que presenta mayor resolución temporal (Angulo y Dapena, 1992). Dentro de este sistema de registro

existen tres opciones:

a) super 8 (4.2 x 5.7 mm), con una capacidad de registro de 250 Hz; b) cine 16 mm (7.5 x 10.3 mm), con una capacidad de registro de 500 Hz; y c) cine 32 mm (18 x 24 mm), con una capacidad de registro de 500 Hz (Pérez y Llana, 2007).

A pesar de esta ventaja en cuanto a calidad de imágenes de este sistema de registro, presenta dos características que limitan su uso como sistema de registro en el ámbito deportivo (fotogrametría 3D): a) el visionado de la filmación se encuentra condicionado por el espacio de tiempo que transcurre desde que se graba el movimiento hasta que se obtiene el revelado de la cinta (puede llegar a tardar hasta más de dos semanas); y b) a diferencia del vídeo doméstico o digital, las cintas no pueden ser reutilizadas (Nelson y Miller, 1986).

2.1.2. Número y ubicación de las cámaras

La realización de la reconstrucción tridimensional de un movimiento requiere al menos dos cámaras desde diferentes ángulos de visión. A mayor número de cámaras se incrementa el número de puntos de vista de la acción,

consiguiendo una mayor precisión a la hora de determinar los puntos corporales (Challis y Kerwin, 1992) y reduce el número de puntos ocultos durante la fase de análisis (Gruen, 1997; Hallert, 1970). Sin embargo, implica una mayor dedicación temporal en la digitalización si ésta se realiza de forma manual. Se ha encontrado que a partir de tres o cuatro cámaras no mejora la exactitud (Hallert, 1970). En los estudios que realizan digitalización manual, lo normal es utilizar un número de dos o tres cámaras, en función de si el movimiento se realiza sobre un plano de ejecución bidimensional (por ejemplo, un salto de longitud en atletismo o un lanzamiento de peso) o sobre un plano tridimensional (por ejemplo, un salto de altura).

Las cámaras suelen estar estáticas manteniendo su campo de visión inmóvil en los estudios biomecánicos, puesto que la mayoría de acciones deportivas de elevada complejidad técnica se realizan en un espacio de dimensiones medias o reducidas (Soto, 1995). La ubicación de las cámaras debe estar lejos del deportista, en posiciones elevadas, estables y compactas. De esta forma se evita el efecto de deformación producido cuando se filma muy cerca del lugar donde se realiza el gesto (Plagenhoef, 1971), la interferencia de la grabación por desplazamiento de móviles y la vibración de la imagen.

Hasta hace unos pocos años atrás, el posicionamiento óptimo de estas cámaras debía formar un ángulo de 90° entre los haces de las cámaras (Chen, Armstrong y Raftopoulos, 1994; Soto, 1995; Wood y Marshall, 1986), aunque esta técnica admite rangos entre 35° (Chen et al., 1994) y 140° (Soto, 1995). La separación lateral entre las cámaras y la distancia entre la cámara y el deportista se fija en una relación 1:3 o 1:2. Esto quiere decir que la distancia lateral entre las cámaras debería de ser dos o tres veces mayor que la distancia entre el deportista y la cámara (Wood y Marshall, 1986). Implica una mayor exactitud de cálculo de la DLT, aunque no representa diferencias estadísticamente significativas con otras relaciones. En los sistemas actuales basados en fotogrametría, las cámaras pueden ubicarse a 0° e incluso también a 180° (ej. sistema VICON), creando redundancias en la obtención de las posiciones de cada marcador, lo que incrementa la precisión de los datos obtenidos.

2.1.3. Sistema de referencia

El sistema de referencias es el criterio por el que fijamos un punto cero desde el que comienzan las mediciones, unos ejes de coordenadas y el

sentido positivo y negativo.

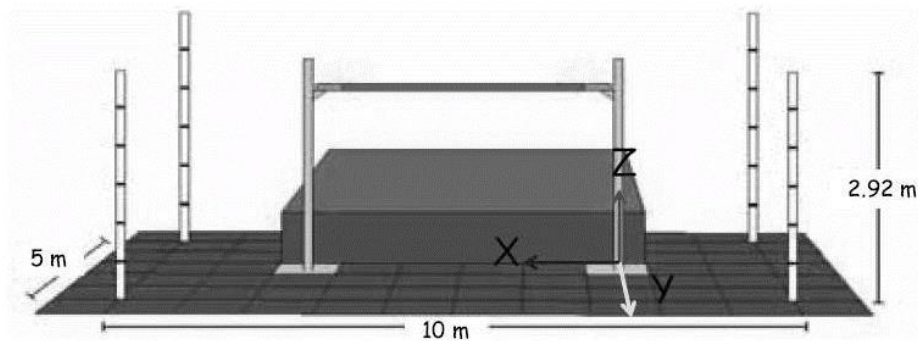
Los sistemas de coordenadas representan la forma de dar a conocer una posición en un plano o en el espacio y pueden ser de dos clases en función del número de ejes que utilicen: en dos dimensiones (2D) o en tres dimensiones (3D). El sistema de coordenadas en 2D puede ser: cartesiano (distancia proyectada en los dos ejes) o polar (distancia al centro de coordenadas y un ángulo a uno de los ejes). El sistema de coordenadas en 3D puede ser: cartesiano (proyección en los tres ejes), cilíndrico (distancia en una proyección hasta el centro de coordenadas, proyección sobre el eje vertical y un ángulo) o esférico (distancia hasta el centro de coordenadas, ángulo con un eje y ángulo de una proyección con otro eje). El sistema de coordenadas 3D cartesiano es el más utilizado en biomecánica. El sentido del giro (positivo o negativo) se fija en función de un criterio: regla de la mano derecha (el sentido positivo es el giro antihorario) o particular (el sentido positivo es la dirección principal del movimiento, independientemente que coincida o no con el giro antihorario) (Aguado, González e Izquierdo, 1997). Cada cámara debe tener su propio sistema de referencias con su sistema de coordenadas 2D (Wolf, 1983).

Se utiliza una imagen de referencia registrada por cada cámara y que

contiene un objeto cuyos datos espaciales (valores de las coordenadas x , y , z) se conocen de antemano (Gruen, 1977) para determinar el sistema de referencias. Se trata de la técnica de calibración más utilizada en el análisis de las técnicas deportivas. En biomecánica, este objeto se denomina «marco de calibración» (figura 1) (Yeadon, 1990). El marco de calibración puede ser un objeto físico o puede reconstruirse posteriormente en el software de análisis a partir de otros datos (medidas conocidas del lugar donde compete el deportista). Este objeto permite situar el sistema de referencias en las imágenes y establecer la escala entre las imágenes reales y las imágenes grabadas (Lehmann, 1975), de forma que las coordenadas que se miden sobre las imágenes pueden ser transformadas a medidas reales. Las medidas del marco de calibración son calculadas mediante la ecuación matemática de DLT (triangulación a partir de la grabación de varios planos diferentes, buscando la intersección de las coordenadas de un punto proyectadas en cada plano, lo que daría lugar a la obtención de sus coordenadas en 3D) para la reconstrucción 3D del movimiento (Abdel-Aziz y Karara, 1971).

Figura 1. Ejemplo de construcción de un marco de calibración rectangular utilizando un sistema de coordenadas cartesiano (donde « x » es la dirección principal del movimiento, « z » es la dirección vertical e « y » es el movimiento hacia la izquierda respecto al movimiento del saltador en la

batida), a partir de postes verticales independientes con una distribución de puntos perimetral para el análisis de la batida del salto de altura (Bermejo, Palao y Elvira, 2011).



2.2. Cinemática

La biomecánica es la ciencia del movimiento de un cuerpo humano. En el que trabajan músculos, huesos, tendones y ligamentos. Juntos por el movimiento del cuerpo humano

Cinemática se refiere a la relativa, en relación del fémur, la rótula y la tibia en cualquier ángulo de Flexión, sin fuerza aplicada a la rodilla. La superficie articular, los meniscos y las estructuras de los ligamentos determinan la cinemática normal.

La cinemática es un parámetro de evaluación de la biomecánica que se

enfoca en el detalle de movimientos (desplazamientos) sin tomar en cuenta la causa que los produce, la naturaleza del mismo está compuesto de carácter óptico, ya que a través de imágenes obtenidas de fotografías y videos, establece mediciones del desplazamiento de segmentos, el tiempo de ejecución y el centro de gravedad, contribuyendo al estudio biomecánico cuantitativo del movimiento humano (Paúl et al., 2018).

2.3. Captura de movimiento en 3D

La fotogrametría tridimensional (3D) es una metodología de análisis del movimiento válida, fiable y que está muy extendida en el ámbito de la biomecánica aplicada al estudio de la técnica deportiva (Pearsall y Reid, 1994). Esta metodología se basa en el análisis de las imágenes o fotogramas procedentes de varias grabaciones de vídeo sincronizadas en el tiempo, que registran un mismo movimiento o acción técnica desde diferentes puntos de vista. Estos sistemas de registro del movimiento permiten obtener secuencias de imágenes para su análisis posterior en el laboratorio sin la necesidad de interferir en la acción. La función de la técnica puede variar dependiendo de la situación. Las cámaras transforman las imágenes en

señales eléctricas. La captación de Fotogramas que forman la imagen de vídeo digital se realiza a través de un sensor denominado CCD.

2.4. Rodilla

La rodilla es la articulación central de las extremidad y es la mayor y la más compleja de las articulaciones del cuerpo humano. Desde un punto de vista funcional debe cumplir dos objetivos casi excluyentes entre sí, como son la gran estabilidad y resistencia al peso que tiene que soportar, y la movilidad suficiente para trasladarlo.

Desde un punto de vista estructural, la rodilla está constituida por dos articulaciones reunidas por una cápsula común: la femoro-tibial que está dividida en un compartimiento interno y otro externo, y la femoro-rotuliana, situada en la parte anterior del complejo articular. (Gilroy A.M et al, 2008)

La rótula se articula con el fémur por su cara posterior. Esta cara presenta una cresta sagital y dos vertientes que se oponen a las correspondientes superficies trocleares del fémur.

La rótula está fija a la cápsula articular por su circunferencia y tanto el tendón del cuádriceps como el ligamento rotuliano, que la fijan proximal y

distalmente, se consideran como las dos partes de un sistema ligamentoso en cuyo seno se ha desarrollado la rótula como un hueso sesamoideo.

La rodilla es una articulación bisagra con amplia movilidad, que contiene una combinación de estructuras óseas, musculares, tendinosas y ligamentosas, extremo inferior del fémur, extremo superior de la tibia y la rótula.

3. OBJETIVO GENERAL

Determinar mediante la revisión sistemática, cuál de los protocolos para la valoración cinemática de la rodilla con el uso de la captura de movimiento en 3D es el más efectivo, según las características de cada uno de ellos.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar, mediante la revisión bibliográfica sistemática los distintos protocolos para el uso de la captura en movimiento en 3D como metodología de valoración cinemática de la rodilla.

Comparar los distintos protocolos obtenidos en la revisión sistemática.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Estrategias de búsqueda

5.1.2. Criterios base de datos

Se realizó la búsqueda bibliográfica durante Septiembre del año 2019 en las siguientes bases de datos: *Pubmed, Science Direct, Springer Test y World Wide Science.*

5.1.3. Términos clave

La estrategia de búsqueda incluyó los siguientes términos claves :
“*Knee AND motion capture in 3D AND Kinematics*”.

5.1.4. Criterios temáticos

Artículos en idioma inglés.

Los participantes de la muestra sean humanos.

Dentro de la metodología utilicen captura de movimiento 3D como herramienta con fines evaluativos como metodología de valoración cinemática de rodilla.

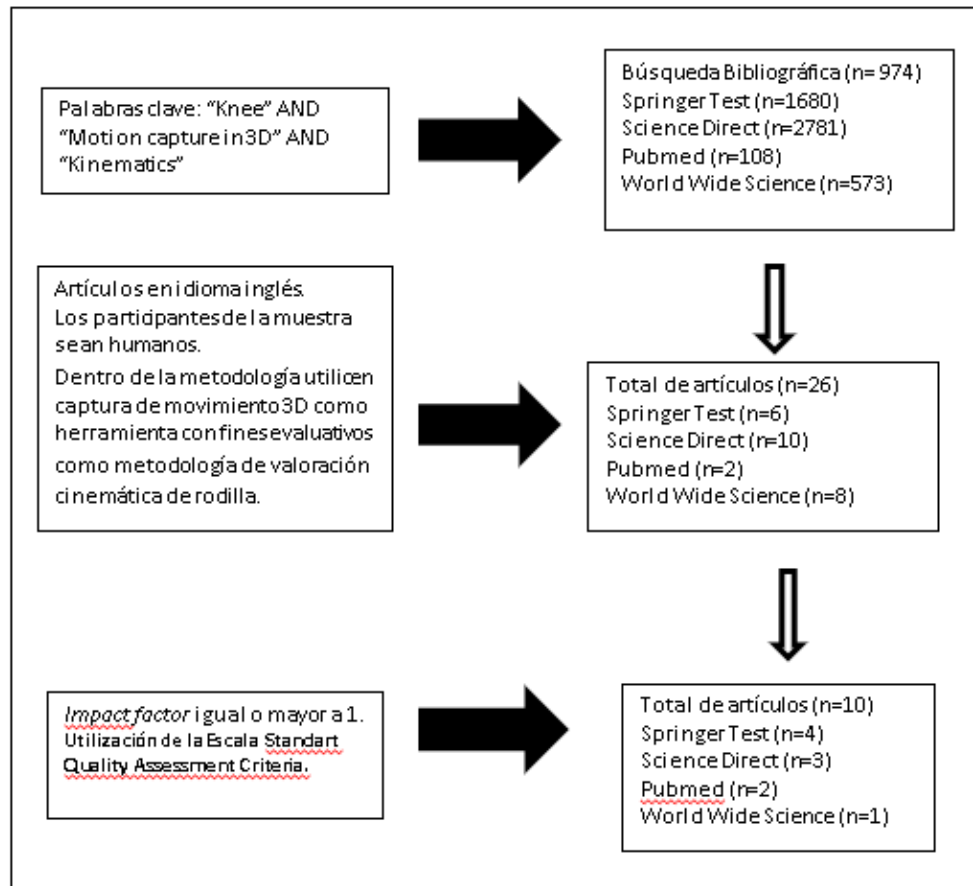
5.1.5. Criterios metodológicos

Impact factor igual o mayor a 1.

Utilización de la Escala *Standart Quality Assessment Criteria*.

La estrategia de búsqueda utilizada y los resultados de la misma se muestran en la Figura 2 (Estrategia de la búsqueda sistemática y sus resultados).

Figura 2. Estrategia de la búsqueda sistemática y sus resultados.



5.2. Instrumentos y materiales con sus características técnicas

- Notebook HP Pavilion dv5-2247la Entertainment PC, Sistema operativo Windows® 7 Home Premium original 64 bit, Memoria (RAM) 4GB, Tamaño de pantalla Pantalla LED HP BrightView de alta definición con 36,8 cm (14,5") de diagonal.
- Software utilizados: Word, Power Point, Google Chrome

- Internet Wifi ,30 mega, Velocidad máxima de bajada de 30 Mbps, Velocidad máxima de subida de 2 Mbps.

5.3. Definición y operacionalización de las variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional
Cinemática	Cinemática es la parte de la Física que estudia la descripción del movimiento de los cuerpos.	Esta se mide a través de: Posición: es la ubicación de un objeto (partícula) en el espacio, relativa a un sistema de referencia. Desplazamiento: El desplazamiento se define como el cambio de posición de una partícula en el espacio. Trayectoria: Es la curva geométrica que describe una partícula en movimiento en el espacio, y se representa por una ecuación de la trayectoria. Distancia: es la longitud que se ha movido una partícula a lo largo de una trayectoria

		<p>desde una posición inicial a otra final.</p> <p>Tiempo: Es lo que tarda una partícula en moverse desde una posición inicial a otra final.</p> <p>Velocidad y aceleración.</p>
Captura de movimiento en 3D	<p>La captura de movimiento tridimensional (3D) del inglés motion capture, o motion tracking, también abreviada mocap, es una metodología de análisis del movimiento válida, fiable y que está muy extendida en el ámbito de la biomecánica aplicada al estudio de la técnica deportiva (Pearsall y Reid, 1994). Esta metodología se basa en el análisis de las imágenes o fotogramas procedentes de varias grabaciones de vídeo sincronizadas en el tiempo,</p>	<p>El proceso de digitalización se basa en el marcaje de los puntos definidos en el modelo mecánico, en cada uno de los fotogramas que componen la secuencia de movimiento, y en cada uno de los planos grabados. Este proceso se puede realizar de dos formas: digitalización automática o digitalización manual.</p>

	que registran un mismo movimiento o acción técnica desde diferentes puntos de vista.	
--	--	--

5.4. Descripción del procedimiento

Lo primero que se determinó fueron las palabras claves, luego de esto se seleccionaron las bases de datos, en la cual se hizo la búsqueda de las palabras claves y se seleccionaron los artículos obtenidos según los criterios temáticos y metodológicos, dentro de los criterios metodológicos se estableció *impact factor igual o mayor a 0.5*, Es un instrumento para comparar revistas científicas y evaluar la importancia relativa de cada una según las citas recibidas por los artículos que publica. El factor de impacto de una revista es la media del número de veces que se cita un artículo publicado en ella. Con lo obtenido se analizaran los protocolos obtenidos para su posterior comparación.

Se evaluó la compatibilidad de los artículos, una vez leídos sus títulos y *abstracts* , luego se analizó y extrajo la información relevante para la

investigación, y de esta forma seleccionar los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión . Para obtenerlos datos más relevantes de cada artículo seleccionado. Posteriormente para conocer la calidad de las revistas donde fueron publicados los artículos seleccionados se desarrolló una ficha bibliográfica, la calidad de las revistas fue evaluada de acuerdo a *Impact factor* mayor a 1 y la *Escala Standart Quality Assessment Criteria (SQAC)*. Esta escala *Qualsyst tool* tiene como objetivo, evaluar artículos de estudio cualitativos y cuantitativos. En su formato posee dos cuestionarios, uno para estudios cualitativos (Tabla 1) y otro para cuantitativos (Tabla 2), en la puntuación se establece de la siguiente manera:

- Para estudios Cuantitativos: 14 ítems. Puntúa: “si” = 2, “parcial” = 1, “no” = 0 y “n/a”.
- Para estudios cualitativos: 10 ítems. Puntúa: “si” = 2, “parcial” = 1, “no” = 0. No hay posibilidad de marcar “n/a”.

Tabla 1. SQAC. Escala para estudios **cuantitativos**.

Criterio	Si (2)	Parcial (1)	No (0)	N/A
1 ¿Se describe bien el objetivo?				
2 ¿El diseño del estudio es claro y apropiado?				
3 ¿El método de selección de sujeto / grupo de comparación o fuente de información / variables de entrada son descritas y apropiadas?				
4 ¿Las características de sujeto (y grupo de comparación, si aplica) están suficientemente descritas?				
5 Si fue posible la intervención y la asignación aleatoria, ¿se informó?				
6 Si fue posible la intervención y el cegamiento de los investigadores, ¿se informó?				
7 Si fue posible la intervención y el cegamiento de los sujetos, ¿se informó?				
8 ¿El resultado y (si corresponde) la medida de exposición está bien definida y robusta al sesgo de medición / clasificación errónea? Los medios de evaluación son informados?				
9 ¿El tamaño de la muestra es apropiada?				
10 ¿El análisis de metodología es descrito, justificado y apropiado?				
11 ¿Se informa alguna estimación de varianza para los resultados principales?				
12 ¿Se revisan los datos para evitar confusión?				
13 ¿Los resultados son reportados en detalles suficientes?				
14 ¿La conclusión se basa en los resultados?				

Tabla 2. SQAC. Escala para estudios **cualitativos**.

Criterio	Si (2)	Parcial (1)	No (0)
1 ¿Se describe bien el objetivo?			
2 ¿El diseño del estudio es claro y apropiado?			
3 ¿Está claro el contexto del estudio?			
4 ¿El marco teórico logra fundamentar? (sustentación en amplio conocimiento)			
5 ¿Es descrito la estrategia de muestreo? ¿Es relevante y justificado?			
6 ¿La recolección de datos es claramente descrita y sistematizada?			
7 ¿El análisis de datos está claramente descrito y sistematizado?			
8 ¿Usa verificación de procedimientos para establecer credibilidad?			
9 ¿La conclusión corresponde con los resultados?			

10	¿reflexión sobre el reporte?			
----	------------------------------	--	--	--

6. RESULTADOS

Según lo señalado en la estrategia de búsqueda y sus resultados, de un total de 974 artículos, luego de aplicar los filtros mencionados en la metodología y los criterios de inclusión y exclusión expuestos en los enunciados anteriores, solo 10 artículos fueron seleccionados. Dichos artículos fueron analizados en las siguientes tabla (Tabla 3: Resultados de la revisión sistemática):

Tabla 3. Resultados de la revisión sistemática.

Autores	Año	Impact factor	Puntaje Quallsyst tool	Objetivo
---------	-----	---------------	------------------------	----------

1. Kobsar, D., Osis, S. T., Boyd, J. E., Hettinga, B. A., & Ferber, R.	2017	3.865	Escala cuantitativa: 24/ 26 puntos. = 92%	determinar si los datos del acelerómetro multisensor previo a la intervención y las medidas PRO (Resultado informado por el paciente) pueden predecir retrospectivamente la respuesta posterior a la intervención a una intervención de ejercicio de fortalecimiento de la cadera de 6 semanas en una cohorte de artrosis de rodilla.
2. Pratt, K., & Sigward, S. (2018)	2018	3.03	Escala Cuantitativa: 21/ 27 puntos. = 77,7%	El propósito del manuscrito actual es triple: (1) establecer validez concurrente para medidas de segmento y articulación angular entre sensores inerciales y las velocidades del sistema de análisis de movimiento estándar de oro, (2) para proporcionar métodos detallados para identificar salidas del sensor inercial específicas para la potencia de la rodilla durante la tarea de carga de una sola extremidad, y (3) para investigar el valor predictivo de entre las velocidades angulares del muslo y la caña y la potencia de la rodilla del plano sagital y momentos extensores de la rodilla en miembros sanos y deteriorados de individuos con estado posterior a ACLR durante esta tarea

3. Ishida, T., Koshino, Y., Yamanaka, M., Ueno, R., Taniguchi, S., Samukawa, M., ... Tohyama, H. (2018)	2018	1.998	Escala cuantitativa: 26/28 puntos. = 93%	El propósito del presente estudio fue investigar los efectos de un salto posterior después de un aterrizaje en la biomecánica de la rodilla, especialmente para el plano frontal, incluso durante la fase de aterrizaje temprano, en sujetos femeninos y masculinos.
4. Clément, J., Blakeney, W., Hagemeister, N., Desmeules, F., Mezghani, N., Lowry, V., & Vendittoli, P.-A	2019	2.414	Escala cuantitativa: 26/28 puntos. = 93%	El objetivo principal del estudio fue ver si el sHKA es predictivo de HKA, y el objetivo secundario era documentar hasta qué punto HKA cambia a lo largo de la marcha
5. Simon, M., Parizek, C., Earl-Boehm, J. E., & Bazett-Jones, D. M.	2018	1.762	Escala Cuantitativa: 24/24 puntos. = 100%	el objetivo era determinar la confiabilidad y validez del ángulo de proyección del plano frontal (FPPA) y evaluaciones visuales (VA) en hombres y mujeres.
6. Leineweber, M. J., Gomez Orozco, M. D., & Andrysek, J. (2019)	2019	1.923	Escala cuantitativa: 24/ 26 puntos. = 92%	los objetivos de este estudio fueron para 1) evaluar el desempeño de los enfoques de corrección (OC y PAC) para reducir los errores inducidos por desviaciones posturales y 2) determinar si estos errores pueden ser aproximada y corregida como compensaciones angulares planas constantes o si tienen una naturaleza más compleja dada la tridimensionalidad y desalineación del segmento del cuerpo.

7. De Vroey, H., Staes, F., Weygers, I., Vereecke, E., Van Damme, G., Hallez, H., & Claeys, K. (2019)	2019	1.33	Escala Cuantitativa: 24/24 puntos. = 100%	el objetivo principal de este estudio fue comparar la cadera sagitaly cinemática de la articulación de la rodilla de un FL entre pacientes con UKA, TKA ycontrol S
8. De Vroey, H., Staes, F., Vereecke, E., Vanrenterghem, J., Deklerck, J., Van Damme, G., ... Claeys, K. (2019)	2019	2.414	Escala Cuantitativa: 21/ 27 puntos. = 77,7%	el objetivo del presente estudio es comparar la cinemática de la marcha sagital de las articulaciones del tobillo, la rodilla y la caderaentre sujetos con artroplastia total de rodilla unicondilar y controles sanos de la misma edad.
9. Verlaan, L., Boekesteijn, R. J., Oomen, P. W., Liu, W.-Y., Peters, M. J. M., Witlox, M. A., ... Meijer, K	2018	2.583	Escala cuantitativa: 27/ 28 puntos. = 96%	El objetivo del presente estudio fue investigar las diferencias.en cinética de rodilla y cadera durante el movimiento STS entre controles sanos y pacientes con artrosis de rodilla delgados y obesos.

10. Cordillet, S., Bideau, N., Bideau, B., & Nicolas, G.	2019	3.03	Escala Cuantitativa: 21/ 27 puntos. = 77,7%	El objetivo principal de este estudio fue evaluar la precisión del nuevo método de calibración de sensor a segmento (denotado como el método 'ciclismo') mediante el cálculo de errores en términos de las orientaciones del segmento del cuerpo y los ángulos 3D de la articulación de la rodilla utilizando la unidad de medición de inercia (IMU) y captura de movimiento basada en optoelectrónica
--	------	------	--	--

7. REFERENCIAS

Chatrenet, Y. (2013). Evaluación clínica y funcional de la rodilla. EMC-Kinesiterapia-Medicina Física, 34(2), 1-18.

Pacheco Díaz, E. A., Arango García, G., Jiménez Paneque, R., & Aballe Hoyos, Z. A. (2007). Las lesiones intraarticulares de la rodilla evaluadas por artroscopia, su relación con la clínica y la imagenología. Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología, 21(2), 0-0.

Wilder Geovanny Valencia Sánchez , Samuel José Octavio Gaviria Alzate , Diego Armando García Gómez , Bertulfo Herrera Quiceno .(2018).Gesto técnico del pateo a balón detenido en fútbol: estudio de caso, un análisis comparativo en 3d.VIREF revista de educacion fisica.

Biomechanics of Hip, Knee and Ankle joint loading during ascent and descent walking Ahmad Nisam Amirudina, S.Parasuramanb*, Amudha Kadirvelb M.K.A Ahmed Khanc,I.Elamvazuthid.Elsevier (2014).Reis JG, Costa GC, Cliquet Júnior A, Piedade SR. Kinematic analysis of the knee when climbing up/down stairs in patellofemoral instability. Acta Ortop Bras.[online]. 2009; 17(3):152-4. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

Glaucia Helena Gonçalves *, Luiz Fernando Approbato Selistre, Marina Petrella, Stela Márcia Mattiello.(2017).Kinematic alterations of the lower limbs and pelvis during an ascending stairs task are associated with the degree of knee osteoarthritis severity.Elsiever.

SANDOVAL Alarcón S., BAYDAL Bertomeu J. (2015).Exploración De Metodologías De Valoración Funcional De La Rodilla. Trabajo de fin de master, Universidad Politécnica de Valencia, Instituto de Biomecánica de Valencia, Valencia.

Katona Gábor – M. Csizmadia Béla – Andrónyi Kristóf Szent István University, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Mechanics and Machinery, Gödöllő.(2013).Determination of reference function to knee prosthesis rating . Uzsoki Hospital, Department of orthopedic and traumatology, Budapest.

Haug L, Weber DL, Haddad D,Böhm P, Rudert M, et al. (2017).Dynamic MRI Assessment of Normal Knee Kinematics. J Clin Exp Orthop Vol.3 Iss.3:41.

Bhaskar Kumar MADETI, Srinivasa Rao CHALAMALASETTI, S. K. Sundara siva rao BOLLA PRAGADA.(2015).Biomechanics of knee joint .A review© Higher Education Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.

José Segnini1*; Anderson Chagnal1; Mary Vergara1.(2017). Diseño de un dispositivo para autorehabilitación pasiva de Rodilla. AXIOMA.

Jason P. Zlotnicki1,2 & Jan-Hendrik Naendrup1,2 & Gerald A. Ferrer2,3 & Richard E. Debski 2,3.(2016).Basic biomechanic principles of knee instability. Curr Rev Musculoskelet Med .

Andréi Guchin, Gonzalo Pereira, Guillermo Ottado, Mauricio Ramos.(2015).Análisis de video en Biomecánica. Tesis,Facultad de Ingeniería, Universidad de la República , Montevideo, Uruguay.