



Código	FPI-002
Objeto	Protocolo de presentación de proyectos de investigación SIGEVA UNLaM
Usuario	Director de proyecto de investigación
Autor	Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNLaM
Versión	5
Vigencia	04/09/2023

Unidad Ejecutora:
Departamento de Humanidades y Ciencias Sociales

Programa de acreditación:

CyTMA2

Título del Programa de Investigación:

Director del Programa:

Título del proyecto de investigación:

Análisis de la biomecánica funcional de la sentadilla profunda y su relación con los rangos de movimiento articular de cadera y tobillo en estudiantes deportistas de la Universidad Nacional de la Matanza (UNLaM)

PIDC:

Elija un elemento.

PII:

Elija un elemento.

Director del proyecto: Valeria Cristina Martinez

Co-Director del proyecto:

Integrantes del equipo:

Abriata María José

Alegre Aquino Arnaldo Alexis

Boasso Juan Carlos

Bollana Enrique Lucio

Cruz Fernando Ariel

Gago Catalano Federico Manuel

Guerrero Lucas Agustín

Mendella Ivana Luz

Rodríguez Romero Diego Matías

Viscardi Matías Alejandro

Fecha de inicio: 1/1/2024

Fecha de finalización: 31/12/2025

1-Cuadro resumen de horas semanales dedicadas al proyecto por parte de director e integrantes del equipo de investigación:

Rol del integrante	Nombre y Apellido	Cantidad de horas semanales dedicadas al proyecto	Graduado UNLaM	
			Si	No
Director	Martinez Valeria Cristina	6	x	
Co-director				
Director de Programa				
Docente-investigador UNLaM	Abriata María José	6	x	
	Boasso Juan Carlos	8		x
	Bollana Enrique Lucio	8		
	Cruz Fernando Ariel	6		
	Viscardi Matías Alejandro	3		
Investigador externo				
Asesor-Especialista externo				
Graduado de la UNLaM				
Estudiante de carreras de posgrado (UNLaM)				
Alumno de carreras de grado (UNLaM)	Alegre Aquino Arnaldo Alexis	6		
	Gago Catalano Federico Manuel	6		
	Mendella Ivana Luz	6		
	Rodríguez Romero Diego Matías	6		
Personal de apoyo técnico administrativo	Guerrero Lucas Agustin	6		

2-Plan de investigación

2.1 Estado actual del conocimiento:

La sentadilla profunda es uno de los ejercicios más utilizados en los entrenamientos de diversos deportes en busca de mejorar la fuerza y la potencia de las extremidades inferiores (Escamilla, 2001; McCurdy, 2005; Senter, 2006). Este ejercicio ha sido propuesto para ser realizado en diferentes profundidades basado en la premisa de que hacerlo induce diferentes adaptaciones funcionales y morfológicas en el complejo músculo-tendinoso obteniendo mayores resultados a mayor profundidad de ejecución (Bloomquist, 2013; Schoenfeld, 2010). Se ha informado que una sentadilla profunda produce mejoras en el desarrollo de la fuerza de las extremidades inferiores (Bloomquist, 2013) y en la altura del salto. (Hartmann, 2012). Así mismo el rango de movimiento máximo (ROM) de la dorsiflexión del tobillo y cadera influye en la capacidad de profundidad de la sentadilla y en la correcta biomecánica del gesto minimizando la posibilidad de sufrir lesiones. (Escamilla, 2001; McCurdy, 2005; Senter, 2006).

Las sentadillas son ejercicios primarios en todo entrenamiento deportivo; forman parte de un grupo de ejercicios que son el pilar en la construcción de fuerza y potencia en todo el cuerpo. Por este motivo son de amplia utilización en distintos ámbitos, tanto en gimnasios de musculación como en circuitos de entrenamiento y en todas las edades. (Fernandez Bunces, 2023)

La correcta realización de este ejercicio no solo asegura mejores resultados en la ganancia de fuerza y potencia muscular mejorando el rendimiento y previniendo lesiones, sino que también permite la ejecución de un ejercicio de suma relevancia de manera segura. Para que esto suceda es necesario conocer la técnica de ejecución y la biomecánica de gesto. Conocer la biomecánica permite identificar dónde está la falla en la ejecución y que ejercicios indicar para generar los cambios necesarios que permitan alcanzar los beneficios antes mencionados.

Este trabajo profundizará en la correcta técnica, la biomecánica y las compensaciones que con mayor frecuencia aparecen al realizar la sentadilla profunda. De esta manera podremos propiciar, en los futuros Profesores de Educación Física, herramientas que les permitan realizar las correcciones necesarias para una correcta y segura ejecución basándose en un análisis personalizado del ejecutante.

2.2. Problemática a investigar:

La profundidad y correcta ejecución en la realización de la sentadilla es clave en la ganancia de fuerza y potencia muscular. Esto está directamente relacionado con los rangos de movilidad de tobillo y cadera; la limitación en estos produce compensaciones que aumentan el riesgo de lesiones. Es, en este sentido, que en el presente proyecto se plantea como interrogante analizar: ¿Cómo afectan los rangos de movilidad de tobillo y cadera a la biomecánica de una sentadilla profunda? ¿Cuáles son las compensaciones que se producen por la disminución de los rangos de movilidad de tobillo y cadera?

2.3. Objetivos:

Objetivo General:

Analizar la biomecánica de la sentadilla profunda y su relación con los rangos de movimiento articular de cadera y tobillo en estudiantes deportistas de la UNLaM.

Objetivos Específicos

En deportistas que realicen en su rutina de entrenamiento sentadillas profundas:

- Caracterizar a la población a evaluar desde un perfil deportivo.
- Medir los rangos de movimiento de flexión, rotación interna y externa de la articulación de la cadera.
- Medir el rango de movimiento de flexión de la articulación rodilla.
- Medir el rango de movimiento de flexión dorsal de la articulación del tobillo.
- Describir la sentadilla profunda en el plano sagital y frontal.
- Analizar la biomecánica de la sentadilla profunda en el plano sagital y frontal.
- Identificar compensaciones en la ejecución de la sentadilla profunda en plano sagital y frontal.

- Correlacionar hallazgos en análisis cuali-cuantitativos

2.4. Marco teórico:

Las sentadillas son de los ejercicios más ampliamente utilizados en programas de entrenamiento deportivo permitiendo desarrollar la fuerza, potencia y mejorar el movimiento de tren inferior. (Speirs, 2016). El uso de este tipo de ejercicios tiene ventajas de relevancia ya que permite reproducir la mayoría de las actividades de la vida diaria como caminar o ponerse de pie, como así también muchas de las acciones que distintos deportes exigen. (Palmitier, 1991). Sin embargo, se trata de un ejercicio que ha estado envuelto en discusión a lo largo del tiempo. Estas discusiones plantean una dualidad entre el hecho de ser un ejercicio básico (no por ser simple sino por ser ampliamente utilizado en toda rutina de entrenamiento), sumamente extrapolable a la vida cotidiana, con gran transferencia a gestos deportivos y, por otro lado, la necesidad de realizarlo de manera correcta para evitar posibles lesiones o molestias indeseables. La manera de respetar la técnica y minimizar riesgos de lesiones se logra a partir de establecerse criterios de progresión que permita reducir patrones de ejecución inadecuados. Para esto es importante conocer cómo debe realizarse y, en caso de que la ejecución sea defectuosa, poder analizar el origen del defecto y la manera de corregirlo. Esto no solo se consigue con conocimiento sobre la técnica de ejecución, sino que es fundamental conocer la biomecánica de este ejercicio.

Según autores como Cook, para una correcta ejecución de sentadillas profunda, son clave los rangos de movimiento (ROM) en dorsiflexión del tobillo, flexión de la cadera y la estabilidad del tronco ya que se encuentran íntimamente relacionadas con este ejercicio. (Cook, 2006). La alteración en el ROM genera compensaciones que alteran la efectividad del ejercicio y generan tensiones y cargas no deseadas.

Si tuviéramos que describir la sentadilla consiste en flexionar y extender las rodillas y la cadera, movilizand una carga sobre el tronco (nuca o clavícula). Las formas de ejecución son variadas y cada una apunta a una forma de trabajo muscular diferente, las más comunes son: colocar la barra sobre las clavículas o sobre la nuca, pies directamente sobre el suelo o talones elevados, movimientos de amplitud completa o limitada (profunda, media, un tercio o un cuarto de movimiento). (Lavorato, 2009, Lambert, G., 1989). La sentadilla es considerada un ejercicio en cadena cinemática cerrada, dado que los segmentos distales de las extremidades inferiores se encuentran fijos en el suelo.

Técnica de ejecución:

De todas las variantes existentes, las más utilizadas son la media sentadilla (a 90 grados de flexión) y la sentadilla profunda; esta última es la que consideraremos para evaluar y consta de una flexión donde la línea de las caderas desciende en relación con la articulación de rodilla. (Pearl, 2006). La técnica que se considerará para el presente trabajo será:

- Barra sobre zona baja de la nuca
- Máxima profundidad posible de ejecución, la cadera debe pasar por debajo de la articulación de la rodilla.
- Los pies deben adoptar una posición que le de confort y estabilidad al deportista, mínimo en ancho de hombros. (Escamilla, 2001),
- Las manos toman la barra entre la distancia que hay entre los hombros y los topes de la barra.

- La cabeza debe estar erguida, tratando que durante la realización del ejercicio la mirada del deportista en ningún momento se proyecte hacia abajo.
- La espalda debe mantener las curvaturas fisiológicas.
- El descenso debe ser controlado y medido en cuanto a su velocidad.
- El descenso debe realizarse hasta lograr la máxima flexión sin que se pierdan las curvaturas fisiológicas de la columna. (Anselmi, 2007; Sánchez, 1996).
- En ningún momento debe despegar los pies del suelo.
- El ascenso debe realizarse repitiendo el mismo movimiento, pero en sentido contrario.
- Respecto de la forma de respiración, la fase de inspiración se producirá antes de la bajada y la de espiración hacia el final de la fase ascendente. (Sánchez, 1996).

La eficacia y eficiencia de la realización del ejercicio permite una efectiva activación muscular siendo los principales músculos implicados cuádriceps y glúteos. (Fernandez Bunces D. A., 2023).

Respecto de la mecánica del gesto, diversos autores plantean que la restricción del rango de movimiento (ROM) de flexión dorsal de tobillo altera la cinemática de la rodilla. También se ha demostrado que el ROM limitado en la dorsiflexión del tobillo influye en las medidas clínicas del movimiento de la rodilla. (Bell, 2008) Bell agrupó a individuos según su rendimiento durante una sentadilla con dos piernas. Comparó la fuerza de las extremidades inferiores y el ROM entre sujetos sanos que mantenían las rodillas en proyección sobre los dedos de los pies durante la flexión y sujetos con desplazamiento medial de la rodilla. Encontró que en los sujetos donde la rótula pasaba por dentro del primer dedo del pie durante la ejecución de la sentadilla tenían ROM limitado de tobillo.

En un estudio realizado por Macrum se restringió la movilidad del tobillo con la utilización de una cuña que posicionaba el tobillo en flexión dorsal. Los datos demostraron que la cuña se asoció con una disminución del ángulo de flexión de la rodilla, aumento del valgo de rodilla y reducción de la dorsiflexión de tobillo. Esto se vio acompañado muscularmente con una mayor activación del sóleo y una disminución de la activación del vasto lateral y vasto medial oblicuo. (Macrum, 2012; Bell, 2008). Otros autores demostraron que las personas con desplazamiento medial de la rodilla durante una sentadilla presentaban músculos del tobillo tensos y débiles.

Por otro lado, (Hemmerich, 2006) informaron que el ángulo promedio de dorsiflexión del tobillo requerido para una correcta ejecución durante una sentadilla es de $38,5 \pm 5,9^\circ$. Debido a que el tobillo es una parte importante del movimiento de miembro inferior en cadena cerrada; la movilidad y estabilidad limitadas de esta articulación podría perjudicar el rendimiento de las articulaciones proximales (Butler RJ, 2010). La dorsiflexión del tobillo puede verse limitada entre otras cosas debido a restricciones de la cadena muscular posterior, patrones capsulares restrictivos o formación ósea anormal del tobillo. Mauntel *et. al* informaron que las personas con dorsiflexión restringida del tobillo mostraron un mayor desplazamiento medial de la rodilla en comparación con los sujetos sin dorsiflexión restringida del tobillo durante la sentadilla. Además, el desplazamiento medial de la rodilla (valgo) durante la tarea de sentadilla en personas con un menor ROM de dorsiflexión del tobillo disminuyó cuando el ROM de dorsiflexión se incrementó colocando unacuña debajo del calcáneo (Mauntel, 2013, Bell, 2008). Respecto del ROM medio necesario en cadera para alcanzar una sentadilla profunda es de $95,4 \pm 26,6^\circ$. (Hemmerich, 2006). Si la movilidad en flexión de cadera disminuye, las personas pueden usar una estrategia de flexión de tronco para lograr mayor profundidad de

ejecución compensando la movilidad reducida en la cadera. Esta estrategia no se recomienda debido al aumento de tensión que se ejerce sobre la columna lumbar (Kritz, 2009; Schoenfeld, 2010; Kritz et al., 2009). Sharmann encontró correlación entre la movilidad de cadera y la correcta ejecución de la sentadilla. La movilidad de la cadera se correlaciona negativamente con la profundidad de la sentadilla. Por lo tanto, los sujetos que tienen una alta profundidad de sentadilla necesitan mejorar la movilidad en flexión de la cadera para realizar una sentadilla segura (Sahrmann, 2002). Durante la flexión de la cadera, si las estructuras posteriores, como la cápsula posterior y los rotadores laterales están rígidas, la cabeza femoral no se desliza posteriormente lo que da como resultado una flexión limitada de la cadera (Sahrmann, 2002).

Como se viene describiendo la sentadilla profunda es un ejercicio con grandes beneficios para el entrenamiento de aptitudes físicas necesarias para la práctica deportiva. Ahora bien, la ejecución de este ejercicio tiene ciertos ribetes y discusiones en el ámbito del entrenamiento. La discusión recae sobre los efectos colaterales que este ejercicio podría producir, de no respetarse la técnica de ejecución y cargas adecuadas, en la columna vertebral y en las rodillas. Para los entrenadores, la sentadilla es uno de los ejercicios más completos para el entrenamiento de la fuerza y consideran que las lesiones producidas son consecuencia de la mala ejecución técnica (Badillo, 2002). Por el contrario, los profesionales de la salud advierten sobre cierto riesgo potencial a provocar lesiones en la zona baja de la espalda y las rodillas (Kulund, 1990). Otro punto por considerar hace referencia a la profundidad del descenso; los profesionales de la salud suelen recomendar realizar media sentadilla (descenso hasta 90°) por sobre la sentadilla profunda (máximo descenso posible) para evitar posibles lesiones en la articulación de la rodilla. Sin embargo, no se encontraron estudios que establezcan una relación causal entre la sentadilla profunda y las lesiones de rodillas. En estudios sobre la problemática de la zona baja de la espalda, los autores coinciden en que la flexión del tronco realizada en el descenso genera un brazo de palanca que recae predominantemente en el disco intervertebral situado entre la L5-S1, y que la presión en este punto aumenta proporcionalmente a la flexión. Sin embargo, el aumento de la presión intra-abdominal (core) y el descenso de la columna respetando la técnica de ejecución permite reducir la tensión en este punto.

En el presente trabajo el foco de estudio se centra en la cinemática, entendida esta como la descripción cuali-cuantitativa del movimiento sin poner foco en las fuerzas que lo producen. Esto redundaría en la calidad de movimiento y su correcta ejecución permitiéndonos detectar, corregir y disminuir conductas y factores de riesgo; entendiendo y razonando el gesto técnico desde la biomecánica. De esta manera se evitaría que se carguen estructuras como ligamentos y superficies articulares. Es así como se logra la realización de un ejercicio en base a las posibilidades y capacidades de cada ejecutante y no como mera indicación genérica que aumenta la exposición a inefectivos y riesgosos movimientos compensatorios.

2.5. Hipótesis de trabajo o los supuestos implícitos (según corresponda al diseño metodológico):

La correcta biomecánica de la sentadilla profunda estaría:

1. Asociada negativamente con el déficit de ROM de cadera.
2. Asociada negativamente con el déficit de ROM de dorsiflexión del tobillo.
3. El déficit de ROM de alguna de las articulaciones mencionadas se verá compensado en otro segmento articular de tren inferior y/o tronco.

2.6. Metodología:

Población: Estudiantes deportistas de la UNLaM que tengan dentro de su rutina de entrenamiento sentadillas profundas.

Criterio de Inclusión: Estudiantes deportistas de la UNLaM que en su rutina de entrenamiento tenga como gesto deportivo la realización de sentadillas profundas.

Criterios de exclusión, deportistas que:

1. Hayan sido diagnosticados con alguna lesión en miembros inferiores y les haya obligado a perder el entrenamiento al menos 1 día en el último mes.
2. Fueron sometidos a cirugía en extremidad inferior en el último año
3. Presentan dolor o síntomas neurológicos en la extremidad inferior al momento de la evaluación.
4. No firmen el consentimiento informado

Condiciones para la medición: Los/las deportistas deben presentarse con ropa y calzados que usualmente utilizan para entrenar y realizar sus series de sentadilla. La evaluación se llevará a cabo en el gimnasio de musculación de la Universidad Nacional de La Matanza.

Una vez incluidos en el estudio los participantes, previo a la realización del ejercicio, responderán a una serie de preguntas que serán registradas en un documento Microsoft forms, las cuales permitirán caracterizar a la población; esta información se divide en tres categorías:

- Información personal (apellido, nombre, edad, género, entre otras).
- Información deportiva general (deporte, cuanto tiempo hace que lo realiza, frecuencia de entrenamiento, entre otras).
- Información de rutina de entrenamiento (en su rutina incluye ejercicios de movilidad, elongación, recibe instrucciones y correcciones sobre la ejecución de sentadilla, entre otras). (Anexo I)

Posteriormente se realizará una serie de evaluaciones específicas que constan de mediciones antropométricas y medición de ROM del sujeto a evaluar. Dentro de estas encontramos medición de peso, talla, número de calzado, longitud de miembros inferiores, de fémur y rangos de movimiento de cadera, rodilla y tobillo. (Anexo I).

Realizada la caracterización y las mediciones se llevará adelante la evaluación del gesto objeto de estudio. Las mediciones se realizarán en condiciones normales de entrenamiento siguiendo el siguiente esquema:

1. Colocación de marcadores (cinta hipoalergénica) para identificar puntos específicos para el posterior análisis fílmico (trocánter mayor, cabeza de peroné, maléolo externo, entre otros). (Anexo I)
2. Ejercicios preentrenamiento, el mismo constara de cinco minutos de caminata en la pista de atletismo de la Universidad.
3. Preparación:

- 3.1. El sujeto se colocará en un cuadrante de 1 metro cuadrado demarcado en el piso y subdividido en mitades delantera-trasera y derecha-izquierda.
- 3.2. Debe ubicar su cuerpo de manera centrada a la línea que divide el cuadrante en derecha e izquierda
- 3.3. Los pies se colocarán inmediatamente posteriores a la línea que divide el cuadrante en adelante y atrás. La posición de los mismos debe ser al menos de ancho de hombros y es aceptable un ligero posicionamiento hacia afuera del eje del pie, no mayor a 5°
- 3.4. Por detrás del sujeto se colocará una varilla reglada en intervalos de 5 centímetros para medir la profundidad de ejecución.
- 3.5. La barra, sin peso extra, se colocará en zona baja de la nuca.
4. Ejecución de sentadilla:
 - 4.1. El sujeto realizara tres movimientos.
 - 4.2. Para ser considerada positiva la ejecución de la sentadilla, la cadera deberá pasar por debajo de la articulación de la rodilla en una vista lateral.
 - 4.3. El movimiento que será considerado para el análisis de video será el de mayor profundidad de ejecución.
5. La cámara se colocará a altura de la rodilla en vista lateral derecha y frontal anterior a 2,5 metros del ejecutante
6. Análisis cualitativo de sentadilla en búsqueda de compensaciones en tronco y tren inferior en plano sagital y frontal con Kinovea versión 0.9.5.
7. Descripción de las técnicas para la realización de mediciones:
 - 7.1. Peso: Para la determinación del peso se utilizará una balanza portátil (CAM, modelo P-1001-P), sistema mecánico a palanca con contrapesa, precisión de 100 gramos. Peso mínimo 5Kg y máximo 150Kg. Una vez por año se realiza la calibración de la misma. El peso (kilogramos): se registrará con el sujeto de pie, parado en el centro de la balanza, con prendas livianas y descalzo.
 - 7.2. Talla: La estatura será medida con un altímetro, técnica de aleación de aluminio con escala de 110 a 200 cm con precisión de 1 mm. El sujeto se encontrará descalzo, cuerpo erguido, cabeza erecta mirando al frente en posición de Frankfurt, con pies y rodillas juntas, deslizando el plano superior del altímetro hasta tocar la cabeza en su punto más elevado.
 - 7.3. Medición directa de:
 - Longitud Miembro Inferior: Es la distancia vertical desde el trocánter mayor del fémur al suelo. Para su medición el sujeto se parará con los pies juntos y la cara lateral de su pierna derecha contra la caja. La base o rama fija del calibre es colocada en el borde superior de la caja y el mismo es orientado verticalmente hacia arriba, ubicando el extremo del brazo móvil en la marca trocantérea. La altura desde el piso hasta el punto trocantéreo se obtiene sumando la altura de la

caja a la altura registrada en la longitud trocantérea-caja. Material de medición un segmómetro o un calibre de grandes diámetros y un cajón antropométrico de 50 cm de largo x 40 cm de alto x 30cm en los lados. (Norton, 2000)

- Longitud del fémur (Trocanterea-tibial lateral): Es la distancia desde la marca trocantérea hasta la marca tibial lateral; representa la longitud del muslo. Para realizar la medición el sujeto se coloca en posición antropométrica con el antebrazo derecho cruzado sobre el tórax. El sujeto se para sobre la caja, con su costado derecho enfrentando al antropometrista. Uno de los extremos del calibre es colocado en la marca trocantérea y el otro en la marca tibial lateral. Material de medición un segmómetro o un calibre de grandes diámetros y un cajón antropométrico de 50 cm de largo x 40 cm de alto x 30cm en los lados. (Norton, 2000)

7.4. Rango de movimiento: Las mediciones de rangos de movimiento se realizarán de manera activa y previamente a la caminata pautada como entrada en calor. El objetivo de esto es alejar la misma del momento de ejecución de la sentadilla para evitar que interfiera en la realización del gesto. Los movimientos a evaluar y su metodología serán:

- Flexión de cadera: El sujeto se colocará en una camilla en decúbito dorsal con rodillas extendidas y brazos al costado del cuerpo. Se colocará el inclinómetro sobre el punto central del muslo en su cara lateral (punto medio entre el trocánter mayor y el cóndilo femoral lateral medido desde una posición neutra relajada de la cadera). A continuación, se indicará que realice una flexión de cadera al máximo. La rodilla debe ir flexionándose a medida que incrementa el rango de cadera para que la tensión de la musculatura posterior no influya en el rango de movimiento. La medición de la flexión de la cadera se registrará cuando el participante experimente una sensación final firme. Esta posición debe mantenerse por tres segundos. Cada prueba se realizará 3 veces tomando como valor el promedio. (Mohammad, 2021)
- Rotación de cadera: El sujeto se colocará en posición sentada sobre camilla con cadera y rodillas a 90°. Ambos muslos deben permanecer completamente apoyados en la camilla, ambas piernas y los pies deben colgar sin contacto con el suelo. Las extremidades superiores se cruzarán sobre el pecho. El inclinómetro se ubicará a 3 centímetros por debajo de la tuberosidad tibial anterior, en la línea media que se proyecta entre ambos maléolos. Se le indicará que lleve el pie hacia afuera lo más posible, para evaluar rotación interna, y luego hacia adentro, para evaluar rotación externa. Cada prueba se realizará 3 veces tomando como valor el promedio. (Miley, 2019). Compensación: Se utiliza la observación para detectar compensaciones. Los participantes no deben cambiar la posición de tronco y/o pelvis; si esto sucede, el evaluador disminuirá el rango, corregirá la posición de la pelvis o del tronco y repetirá la medición. (Gradoz, 2018)

- Flexión de rodilla: El sujeto se ubicará en decúbito prono, con rodilla extendida en posición neutra y brazos al costado del cuerpo. El inclinómetro se colocará por encima del maléolo lateral hacia la cara lateral de la pierna. Se pedirá que flexione la rodilla al máximo y mantenga esta posición durante tres segundos. Cada prueba se realizará 3 veces tomando como valor el promedio. (Mohammad, 2021)
 - Flexión dorsal de tobillo: El rango de movimiento se medirá con es sujeto descalzo frente a una pared, con el pie a una distancia de 10 centímetros y realizando un movimiento de acercamiento de la rodilla a la pared (movimiento de estocada siguiendo la línea del segundo dedo del pie); para equilibrarse podrá apoyar dos dedos en la pared. El talón debe permanecer en contacto con el piso en todo momento, la rodilla estará en línea con el segundo dedo del pie y, como fuera mencionado, el dedo gordo del pie a 10 cm de la pared. El movimiento se realizará hasta que su rodilla llegue a la pared o presente una sensación de tope al movimiento. En caso de contactar la rodilla con la pared se alejará el pie de a 1 centímetro hasta que el rango llegue a su fin sin contactar la pared. Cuando el participante alcance la posición final de la estocada, se colocará el inclinómetro en la tuberosidad tibial para medir el ángulo de la tibia con respecto al suelo. El contacto del talón con el suelo deberá ser monitoreado por el evaluador colocando suavemente sus dedos en el talón para sentir el movimiento del mismo, mientras que también examina visualmente el talón. Cada prueba se realizará 3 veces tomando como valor el promedio. (Konor, 2012)
8. Para analizar y describir el gesto en estudio se realizará un análisis cinemático 2D sagital y frontal. Por otro lado, se analizarán datos cuantitativos a partir de la medición de ROM de tobillo y cadera como así también profundidad en ejecución. El análisis biomecánico de la sentadilla se realizará con Sistema de análisis 2D: software Kinovea versión 0.9.5. Plano sagital y frontal. Para la medición de rangos de movilidad se utilizará como Instrumento un Inclinómetro a través de la aplicación Clinometer.
 9. Se realizará una prueba piloto que permitirá ajustar tiempos, analizar los espacios óptimos para la realización de las mediciones y grabación de imágenes que luego serán analizadas.
 10. Análisis estadístico: Se elaborará una base de datos en Excel. Los datos cuantitativos serán analizados con técnicas estadísticas, según corresponda a la distribución de variables paramétricas o no paramétricas utilizando el programa SPSS19. El análisis cualitativo implicará una descripción del movimiento. Con posterioridad se triangularán los datos para establecer correlaciones que permitan determinar el grado de asociación entre las mismas.

Aspectos éticos

En relación con la dimensión ética de este proyecto, el protocolo sigue los lineamientos de la Ley 25.326 de Protección de Datos Personales con respecto al manejo y guardado de los datos recolectados. Todos los participantes serán provistos de la información suficiente para conocer los riesgos y beneficios de su participación en el estudio a través de una hoja informativa. Además, dispondrán del tiempo necesario para leer y comprender el objetivo del protocolo de investigación y las implicancias de su participación en el mismo.

Los participantes pueden abandonar en cualquier instancia del protocolo sin necesidad de dar explicación por ello. Teniendo en cuenta la pauta número 15 del CIOMS 2016,39 por existir relaciones jerárquicas, los investigadores optaran por realizar invitaciones generales a los deportistas de la universidad y no en forma individual. Los participantes firmaran un consentimiento informado y se les dejará una copia de este.

Las pruebas se realizarán en condiciones que garanticen la comodidad, confidencialidad y resguardo de la información. Los datos personales (nombres, fechas, etc.) se anonimizarán. Toda información sensible vinculada con los datos recolectados en el proyecto (i.e. datos sociodemográficos de los entrevistados, edad, etc) serán debidamente anonimizados y guardados en un disco externo. En Anexo II se encuentra el formulario de declaración jurada que será entregado.

2.7. Bibliografía:

- Anselmi, H. E. (2007). *Actualizaciones sobre entrenamiento de la potencia*. L'autor.
- Badillo, J. J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Inde.
- Bell, D. R. (2008). Muscle strength and flexibility characteristics of people displaying excessive medial knee displacement. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 89(7), 1323-1328.
- Bloomquist, K. L. (2013). Effect of range of motion in heavy load squatting on muscle and tendon adaptations. *European journal of applied physiology*, 113, 2133-2142.
- Butler RJ, P. P. (2010). Biomechanical analysis of the different classifications of the Functional Movement Screen deep squat test. *Sports Biomechanics*, 270- 279.
- Cook, G. B. (2006). Pre-participation screening: the use of fundamental movements as an assessment of function—part 1. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 1(2), 62.
- Escamilla, R. (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine & science in sports & exercise*, 33(1), 127-141.
- Fernandez Bunces, D. A. (2023). *elación entre el rango de movimiento articular y fuerza muscular en el movimiento de la sentadilla profunda en fisicoculturistas*. Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato/Facultad de Ciencias de Salud/Carrera de Fisioterapia.
- Fernandez Bunces, D. A. (2023). *Relación entre el rango de movimiento articular y fuerza muscular en el movimiento de la sentadilla profunda en fisicoculturistas*. Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato/Facultad de Ciencias de Salud/Carrera de Fisioterapia.
- Gradoz, M. C. (2018). Reliability of hip rotation range of motion in supine and seated positions. . *Journal of sport rehabilitation*.
- Hartmann, H. W. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *he Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261.
- Hemmerich, A. B. (2006). Hip, knee, and ankle kinematics of high range of motion activities of daily living. *ournal of orthopaedic research*, 24(4), 770-781.
- Konor, M. M. (2012). Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *International journal of sports physical therapy*, 279.
- Kritz, M. C. (2009). The bodyweight squat: A movement screen for the squat pattern. *Strength & Conditioning Journal*, 31(1), 76-85.

- Kulund, D. N. (1990). *Lesiones del deportista*. Salvat.
- Lavorato, M. A. (2009). La sentadilla es un ejercicio potencialmente lesivo. *Investigación y Desarrollo*, 1(1), 12.
- Macrum, E. B. (2012). Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *Journal of sport rehabilitatio*, 21(2), 144- 150.
- Mauntel, T. C. (2013). The effects of lower extremity muscle activation and passive range of motion on single leg squat performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1813-1823.
- McCurdy, K. W. (2005). The effects of short-term unilateral and bilateral lower-body resistance training on measures of strength and power. *he Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 9-15.
- Miley, E. M. (2019). Reliability and validity for measuring active hip rotation with the clinometer smartphone application™. *Journal of Rehabilitation Sciences & Research*, 6(4), 193-199.
- Mohammad, W. S. (2021). Validity and Reliability of a Smartphone and Digital Inclinator in Measuring the Lower Extremity Joints Range of Motion. *Montenegrin Journal of Sports Science & Medicine*, 47-52.
- Norton, K. O. (2000). *Antropométrica: un libro de referencia sobre mediciones corporales humanas para la educación en deportes y salud*. Rosário: Biomsystem.
- Palmitier, R. A. (1991). Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sport Medicine*, 11, 402-413.
- Pearl, B. &. (2006). *La musculación*. Paidotribo.
- Sahrmann, S. A. (2002). *Síndrome de alteración del movimiento de la cadera. Diagnóstico y tratamiento de las alteraciones del movimiento*. Paidotribo.
- Sánchez, J. C. (1996). *Fitness en las salas de musculación*. Inde.
- Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3497-3506.
- Senter, C. &. (2006). iomechanical analysis of tibial torque and knee flexion angle: implications for understanding knee injury. *Sport Medicine*, 36, 635-641.
- Speirs, D. E. (2016). Unilateral vs. bilateral squat training for strength, sprints, and agility in academy rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 386-392.

2.8. Programación de actividades (Gantt):

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
PRIMER AÑO																								
Actualización Bibliográfica	x	x																						
Prueba piloto			x	x																				
Mediciones					x	x	x	x	x	x	x													
Informe de Avance												x												
SEGUNDO AÑO																								
Mediciones																								
Procesamiento de datos													x	x	x									
Análisis estadístico																x	x	x						

Tipo de destinatario		Subtipo de destinatario	¿Cuál? Especificar	Demandante	Adoptante
Sector Gubernamental		Del Poder Ejecutivo provincial			
		Del Poder Ejecutivo municipal			
	Otras Instituciones gubernamentales	Poder Legislativo en sus distintas jurisdicciones			
		Poder Judicial en sus distintas jurisdicciones			
Sector Salud		Hospitales, centros comunitarios de salud y otras entidades del sistema de atención			
Sector Educativo		Sistema universitario	UNLaM	x	x
		Sistema de educación básica y secundaria			
		Sistema de educación terciaria			
Sector Productivo		Empresas			
		Cooperativas de trabajo y producción			
		Asociaciones del Sector			
Sociedad Civil		ONG's y otras organizaciones sin fines de lucro			
		Comunidades locales y particulares			

3- Recursos Existentes

Descripción/ concepto	Cantidad	Observaciones

4- Recursos financieros

	Rubro	Año 1	Año 2	Total
Gastos de capital (equipamiento)	a) Equipamiento (1)	\$150.000	\$0	150.000
	b) Licencias (2)	\$0	\$0	\$0
	c) Bibliografía (3)	\$0	\$0	\$0
	Total Gastos de Capital	\$150.000.-	\$ 0,00.-	\$150.000.-

Gastos corrientes (funcionamiento)	d) Bienes de consumo: artículos de librería	\$20.000.-	\$0	\$20.000.-
	e) Viajes y viáticos (4)	\$0	\$0	\$0
	f) Difusión y/o protección de resultados (5) inscripciones a congresos	\$0	\$100.000.-	\$100.000.-
	g) Servicios de terceros (6) Estadistologo	\$0	\$30.000.-	\$30.000.-
	h) Otros gastos (7)	\$0	\$0	\$0
	Total Gastos Corrientes	\$20.000.-	\$130.000.-	\$150.000.-
Total Gastos (Capital + Corrientes)		\$170.000.-	\$ 130.000.-	\$300.000.-

Aclaraciones sobre rubros del presupuesto

1 Equipamiento: Equipamiento, repuestos o accesorios de equipos, etc.

2 Licencias: Adquisición de licencias de tecnología (software, o cualquier otro insumo que implique un contrato de licencia con el proveedor).

3 Bibliografía: En el caso de compra de bibliografía, ésta no debe estar accesible como suscripción en la Biblioteca Electrónica.

4 Viajes y viáticos: Viajes y viáticos en el país: Gastos de viajes, viáticos de campaña y pasantías en otros centros de investigación estrictamente listados en el proyecto. Gastos de viaje en el exterior: (no deberán superar el 20% del monto del proyecto).

5 Difusión y/o protección de resultados: Ej.: (Gastos para publicación de artículos, edición de libros inscripción a congresos y/o reuniones científicas).

6 Servicios de terceros: Servicios de terceros no personales (reparaciones, análisis, fotografía, etc.).

7 Otros gastos: Incluir, si es necesario, gastos a realizar que no fueron incluidos en los otros rubros.

4.1 Orígen de los fondos solicitados

Institución	% Financiamiento
UNLaM	
Otros (indicar cuál)	

Anexo I

Caracterización de la población

Caracterización de la población		
Información personal:		
Código:		
Apellido y Nombre:		
DNI:		
Genero:		
Edad:		
Nº de Calzado:		
Miembro inferior dominante:		
Información deportiva general		
Deporte en el que participa (si realiza más de un deporte indicar el de mayor relevancia):		
¿Hace cuánto tiempo realiza esta actividad?:		
Frecuencia de entrenamiento semanal:		
Horas semanales de entrenamiento:		
¿Cuántas veces por semana compite en el deporte indicado como principal?:		
¿Practica o realiza otro deporte? En el caso que la respuesta sea afirmativa, indique cuál:		
¿Cuántas horas por semana le dedica a esta actividad?:		
¿Cuántas veces por semana compite en el deporte indicado como principal?:		
Información de rutina de entrenamiento	SI	NO
En su rutina incluye ejercicios de entrenamiento de zona media		
En su rutina incluye ejercicios de movilidad de:		
a) Cadera en flexión		
b) Cadera en rotaciones		
c) Rodilla en flexión		
d) Tobillo en flexión dorsal		
En su rutina incluye ejercicios de elongación:		
a) Por segmentos o grupos musculares (Glúteos, Cuádriceps, Isquiosurales, Tríceps sural)		
b) De cadena posterior (Reeducación Postural Global RPG)		
Cuantas veces por semana realiza sentadilla profunda (cadera desciende por debajo de la rodilla):		
Han recibido instrucciones para la realización de sentadilla profunda		
En el caso de que la respuesta anterior haya sido positiva, mencionar cuales:		
Al realizar sentadilla, recibe instrucciones y/o controles en su ejecución		
Ha recibido indicaciones sobre compensaciones indeseadas al ejecutar el ejercicio		

En el caso de que la respuesta anterior haya sido positiva, mencionar cuales:		
Ha recibido indicaciones sobre efectos indeseados durante o posterior a la ejecución		
En el caso de que la respuesta anterior haya sido positiva, mencionar cuales:		

Mediciones específicas

Mediciones			
Peso:			
Talla:			
Longitud miembros inferiores:			
Longitud fémur:			
Rangos de movimiento	Articulación	Movimiento	Grados
	Cadera	Flexión	
		Rotación interna	
		Rotación externa	
	Rodilla	Flexión	
	Tobillo	Flexión dorsal	

Marcadores para análisis fílmico de la sentadilla

Marcadores para análisis fílmico de la sentadilla		
Segmento corporal/barra	Plano frontal	Plano sagital
Tronco	Manubrio esternal	
Pelvis	ambas EIAS	Trocánter mayor
Muslo	vértice de ambas rotulas	Epicóndilo lateral del fémur
	Tuberosidad anterior de la tibia	Cabeza peroné
		Maléolo lateral
Barra	extremo externo de zona de agarre de barra	extremo de barra (punta)

Análisis fílmico

Análisis fílmico de sentadilla			
Plano de análisis	SI		NO
Frontal	derecho	izquierdo	
Aducción y rotación interna del fémur (valgo dinámico) proyección de rotula			
Transferencia del peso a una pierna			
Oscilaciones laterales de las rodillas			

Otras:			
Sagital	SI		NO
	derecho	izquierdo	
Despega talones del piso			
Despega punta de pie del piso			
Rotula pasa la línea de la punta de los pies			
Aumento de lordosis			
Disminución de lordosis lumbar, butt wink (guiño glúteo)			
Tronco y tibias paralelas al final del rango			
Rotación de tronco (percepción de ambos hombros indicaría una rotación)			
Otras			
Impresión general:			
Profundidad de la sentadilla			
Longitud de la pierna (de EIAS a maléolo interno)*32%	Menor de 32%	Mayor de 32%	
Porcentaje de descenso: relación entre longitud de miembro inferior y altura alcanzada en la serie de mayor descenso			

ANEXO II

HOJA DE INFORMACIÓN

Universidad Nacional de La Matanza. Departamento de Humanidades y Cs. Sociales- Lic. en Educación Física.

Nombre de la Investigación: *“Análisis de la biomecánica funcional de la sentadilla profunda y su relación con los rangos de movimiento articular de cadera y tobillo en alumnos deportistas del Profesorado de Educación Física de la Universidad Nacional de la Matanza”.*

Objetivo de la Investigación: Analizar la biomecánica de la sentadilla profunda y su relación con los rangos de movimiento articular de cadera y tobillo en alumnos deportistas del Profesorado de Educación Física de la UNLaM.

Director / Responsable de la Investigación: Lic. Valeria Cristina Martínez

Contacto: martinezv@unlam.edu.ar Si usted tiene dudas sobre la aprobación de este estudio puede consultar al Comité de Ética en Investigación (CEI) del Hospital Posadas: cei.hospitalposadas@gmail.com

Procedimiento propuesto

Si usted acepta participar del presente estudio le pediremos sus datos sociodemográficos e historial deportivo que permitirán identificar: genero, edad, deporte que práctica, frecuencia de entrenamiento semanal, si realiza rutinas que incluyan ejercicios de flexibilidad y elongación en su rutina, si han recibido instrucciones para la realización de sentadillas, identificar si la práctica habitual de sentadilla incluye control en la forma de ejecución, entre otras. Así mismo, se realizarán mediciones de talla, peso, longitud y rangos de movimiento de miembros inferiores. La ejecución del gesto a analizar será registrada en una filmación para describir con posterioridad la técnica que realiza y poder detectar posibles compensaciones.

Para la prueba debe asistir con la ropa y el calzado que usualmente utiliza para entrenar y realizar sus series de sentadilla. La evaluación se llevará a cabo en el gimnasio de musculación de la Universidad Nacional de La Matanza. El procedimiento le llevará un tiempo no mayor a 30 minutos.

Beneficios esperados

Su participación en este estudio permitirá profundizar en el conocimiento sobre la correcta técnica, la biomecánica y las compensaciones que con mayor frecuencia aparecen en la realización de la sentadilla. De esta manera podremos propiciar, en los futuros Profesores de Educación Física, herramientas que les permitan realizar las correcciones necesarias para una correcta y segura ejecución basándose en un análisis personalizado del ejecutante.

Riesgos frecuentes del procedimiento

No hay riesgos relacionados con su participación en el estudio. Sin embargo, usted debe saber que podrá abandonar el estudio en caso de que le parezca necesario.

Confidencialidad

La información sobre su persona obtenida en este estudio no será compartida con nadie y será empleada con el único fin detallado en los objetivos de la investigación. Su nombre no será revelado en ninguna circunstancia. Las bases de datos del estudio no contendrán información que permitan conocer la identidad de las personas y las mismas serán resguardadas bajo una clave específica sólo conocida por los investigadores, respetando lo previsto por la Ley de Protección de los Datos Personales (Ley No 25.326).

Participación voluntaria

Su participación en el estudio es totalmente voluntaria. No recibirá ninguna remuneración por participar de la misma. Si usted decide no participar, esto no afectará en nada la atención que actualmente recibe en la institución. En todo momento usted tendrá acceso a su información personal y podrá rectificar en caso de ser necesario. Si decide retirarse del estudio puede hacerlo libremente en cualquier momento sin sufrir ningún perjuicio ni afectando su recorrido como deportista y/o estudiante de esta institución. A partir de ese momento sus datos no serán utilizados en el estudio.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Lugar y fecha:

Manifiesto que he sido informado/a de mi participación en el estudio de investigación titulado: ***“Análisis de la biomecánica funcional de la sentadilla profunda y su relación con los rangos de movimiento articular de cadera y tobillo en alumnos deportistas del Profesorado de Educación Física de la Universidad Nacional de la Matanza”***

1. He recibido suficiente información sobre los objetivos de la investigación, su metodología, los patrocinadores y la he comprendido.
2. He recibido suficiente información sobre los beneficios de mi participación en la investigación y los he entendido.
3. He sido informado/a sobre las investigaciones con seres humanos y el consentimiento informado según consta en el Código Civil y Comercial (Ley No 26.994/14)
4. He podido hacer todas las preguntas que he creído conveniente sobre la investigación y se me han respondido satisfactoriamente.
5. Comprendo que mi participación es voluntaria.
6. Comprendo que puedo retirarme de la investigación y revocar este consentimiento mediante aviso por correo electrónico el mismo que utilizo para consulta o dudas, sin consecuencias:
 - a. Cuando así lo desee.
 - b. Sin tener que dar explicaciones y sin que tenga ninguna consecuencia de ningún tipo.
7. Se me ha informado que no recibiré retribuciones económicas por mi participación en la investigación.
8. He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos en términos de lo establecido en la Ley de Protección de los Datos Personales (Ley No 25.326).

9. En congruencia, con la suscripción del presente consentimiento, AUTORIZO / NO AUTORIZO a obtener fotografías, videos, captar y/o reproducir la imagen o la voz y a difundirla en revistas o ámbitos científicos, sin que ello implique afectación en modo alguno de mi participación en el estudio referido.
10. Teniendo ello en consideración, OTORGO / NO OTORGO mi CONSENTIMIENTO para participar en esta investigación, a fin de alcanzar los objetivos especificados.

Ante cualquier duda o para solicitar el retiro de la investigación puede comunicarse con el investigador principal Lic. Valeria Cristina Martínez martinezv@unlam.edu.ar y/o con el Comité de Ética en Investigación cei.hospitalposadas@gmail.com

El/la investigador/a entrega un segundo ejemplar del CI al/a la participante Sr./Sra:
.....

Firma y aclaración del/de la participante

Fecha

Firma y aclaración del/de la testigo

Fecha

Firma y aclaración del/de la investigador/a

Fecha