



TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera de

LICENCIATURA EN ACTIVIDAD FÍSICA

Título: “Relación entre el valor obtenido de un salto CMJ con el tiempo empleado en completar la fase de partida en natación”

Autor/res:

Chilingirian, Ramiro – N° DNI 40.480.055

Director/a:

Lic. Agüero, Luciano

**Lugar:
Rosario**

**Fecha de presentación
16/11/2022**

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name 'Ramiro Chilingirian', is located at the bottom center of the page.



Resumen

En la presente Tesina de Grado se evaluó a 5 nadadores juveniles de nivel de competencia nacional, teniendo como hipótesis una posible relación entre la altura del salto contramovimiento (CMJ) y la velocidad del atleta en completar la fase de partida (primeros 15 mts. de una carrera). Para ello, los atletas realizaron evaluaciones de saltos máximos en tierra, utilizando la aplicación móvil My Jump 2 y luego sprints máximos en agua de 15mts., con salida “track start”. Se encontró que, a mayor altura de salto, menor era el tiempo que utilizaban para completar la distancia propuesta y viceversa, con una correlación negativa de $r = - 0,9873$. Esto, parece estar explicado por la importancia de la potencia de los miembros inferiores del cuerpo en esta distancia, que a su vez es medida por el CMJ. El rendimiento del nadador en esta distancia es crucial en pruebas de velocidad, influyendo aproximadamente un 25% en el resultado final en eventos de 50mts., por lo que orientar los entrenamientos de fuerza fuera del agua a mejorar los niveles de fuerza, potencia, y saltabilidad, contribuye directamente a un mejor rendimiento dentro del agua en estas poblaciones.

Palabras clave: salidas de natación, CMJ en nadadores, fase de partida en natación.



Índice

I.	Introducción	1
II.	Problema de Investigación	2
III.	Objetivo General	2
IV.	Objetivos Específicos	2
V.	Marco Teórico	2
	V. a Sobre la Natación.....	2
	V. b Sobre el Salto.....	7
	<i>V. b.I Medición del Salto a través de la Distancia Entre dos Puntos</i>	9
	<i>V. b.II Medición del Salto a través de la Aceleración</i>	9
	<i>V. b.III Medición del Salto a través de la Velocidad</i>	10
	<i>V. b.IV Medición del Salto a través de la Fuerza Aplicada</i>	10
	<i>V. b. V Medición del Salto a través de Tiempo de Vuelo</i>	10
VI.	Justificación	12
VII.	Materiales y Métodos	12
	VII. a. Población.....	12
	VII. b. Procedimiento del Estudio.....	13
	<i>VII. b.I Evaluación de saltos CMJ.</i>	13
	<i>VII. b.II Evaluación Fase de Partida.</i>	13
VIII.	Resultados	14
IX.	Discusión.....	16
X.	Conclusión	17
XI.	Referencias Bibliográficas	17



I. Introducción

En ciertos eventos de natación, especialmente los de corta distancia (50 y 100 mts.), cualquier mínima variación afectará el rendimiento atlético (1). Para analizar dicha carrera, se la suele dividir en distintos “momentos” o “fases”. Entre ellos, el momento de partida, comprendiéndolo a este desde la señal de largada hasta que la cabeza del nadador alcanza los 15 mts, conformando alrededor del 25% del tiempo empleado para finalizar una competencia de 50mts. libre, y un 12% en una de 100mts. libre. (2,3)

Cuanto más corta es la distancia de carrera, más importante se vuelve esta fase. La misma depende de diversos factores, que incluyen el tiempo de reacción, las fuerzas verticales y horizontales generadas por los músculos de las extremidades inferiores durante la fase de empuje desde el bloque de partida y una baja resistencia durante la fase de nado subacuático. La mejora de todos estos factores, depende de la manipulación óptima de las tres variables del entrenamiento deportivo, como son el volumen, la intensidad y la frecuencia. (4,5)

Controlar la dosificación de las distintas cargas y el conocer cómo estas afectan al deportista, se hace imprescindible en el contexto de rendimiento deportivo. Además del control, el analizar y conocer las mismas, para luego realizar un posterior ajuste del trabajo, se traduce en una optimización de la performance deportiva (6)

En el transcurso de los últimos años, y acompañado del avance de la tecnología, este control se ha vuelto más sencillo, permitiendo al entrenador deportivo utilizar diversas herramientas en el campo, con equipos de bajo costo. (7)

Aplicaciones móviles como “My Jump 2”, permiten valorar el test de “Salto con Contramovimiento” (CMJ), el cual es utilizado para estimar la producción de fuerza en la unidad de tiempo (estimación de la RFD), la capacidad de reclutamiento de unidades motoras, para la valoración de la fuerza muscular y la potencia. Como el rendimiento del salto está asociado a la fatiga neuromuscular, esta aplicación se utiliza para monitorear y evitar el sobreentrenamiento en atletas. (8)



Si bien existe evidencia en la correlación del rendimiento del CMJ con la potencia de miembros inferiores, no se conoce aún si el resultado del mismo se correlaciona con el rendimiento del nadador en la fase de partida. (9)

II. Problema de Investigación

¿Existe una relación entre el valor obtenido de un salto CMJ con el tiempo empleado en completar la fase de partida?

III. Objetivo General

Identificar si existe relación entre el valor obtenido en una evaluación de saltos CMJ con el rendimiento de nadadores en un sprint de 15 mts.

IV. Objetivos Específicos

- 1- Valorar la altura en centímetros del salto contramovimiento (CMJ), en tres intentos máximos por cada evaluado.
- 2- Analizar el tiempo obtenido por los evaluados en un sprint máximo de 15mts. con partida "track start".
- 3- Comparar si hay relación entre los resultados de la evaluación de saltos y los sprints.

V. Marco Teórico

V. a Sobre la Natación

Desplazarse en el agua ha sido parte de la adaptación humana desde que los primeros humanos se volvieron bípedos y dominaron la superficie de la tierra. Entre los egipcios, el arte de nadar ya era uno de los aspectos más importantes de la educación, y el conocimiento de las propiedades curativas del agua se refleja en algunos jeroglíficos que datan del 2500 a.C. En la antigua Grecia y Roma, la natación se usaba como parte del entrenamiento militar, e incluso la habilidad de nadar confería cierta distinción social. (19)

Pero el conocimiento de la natación como táctica militar no se limita a la antigua Grecia y Roma y ha sobrevivido hasta nuestros días, ya que se sabe que la técnica de entrenamiento se desarrolló para las tropas de combate durante la Segunda Guerra Mundial. Hay indicios



de que en el año 38 a.C. los japoneses fueron los primeros en organizar una competición anual de natación. (19,20)

Los fenicios, grandes navegantes y mercaderes formaban nadadores para salvar carga y pasajeros en caso de un naufragio. Los mismos también tenían la función de mantener libre de obstáculos los accesos portuarios para permitir la entrada de los barcos. La natación competitiva actual se originó en Inglaterra a finales del siglo XVIII. La primera organización de este tipo fue la National Swimming Society, que se estableció en Londres en 1837. En 1869 se formó la Metropolitan Swimming Clubs Association, que luego se convirtió en la Amateur Swimming Association (ASA). El primer campeón nacional fue Tom Morris, quien ganó una milla en el Támesis en 1869. Para el cambio de siglo, la natación también se había vuelto competitiva en Australia y Nueva Zelanda, y muchos países europeos habían establecido federaciones nacionales. En los Estados Unidos, los clubes de aficionados comenzaron a realizar competiciones en la década de 1970. Aunque la natación se practicaba en la Antigua Grecia, apareciendo en escritos como la *Ilíada* o la *Odisea* y en muchas cerámicas, el deporte nunca llegó a formar parte de los Juegos Olímpicos de la Antigüedad. Sin embargo, la natación apareció en los primeros Juegos Olímpicos modernos en Atenas en 1896 y ha sido parte de los Juegos Olímpicos desde entonces. En 1908, se estableció la Federación Internacional de Natación Amateur (FINA) para organizar competiciones de aficionados. Las competencias femeninas se incluyeron por primera vez en los Juegos Olímpicos en 1912. La natación ahora juega un papel integral en muchas otras competencias internacionales, especialmente en Juegos Panamericanos, los Commonwealth Games, los Juegos Asiáticos, entre otros. Los Campeonatos del Mundo se celebraron por primera vez en 1973 y tienen lugar cada dos años. (20)

Hoy en día se considera a la natación como un deporte acuático, cíclico, de tiempo y marca e individual en gran parte, que implica el dominio del estilo libre el cual comprende a las cuatro técnicas de nado: crol, espalda, pecho y mariposa, junto con sus fundamentos: las salidas (o partidas), virajes, subacuáticos y llegadas. También incluye pruebas de relevo o consideradas postas, donde la individualidad de cuatro nadadores/nadadoras, o de conformación mixta (dos de cada sexo), se potencia para un logro colectivo. Se compite en pruebas individuales, en diferentes distancias, consideradas de velocidad, fondo y medio fondo. Hay pruebas propias de cada estilo y las hay de nado medley o individual combinado, donde se nadan las cuatro



técnicas en un orden establecido: mariposa, espalda, pecho y crol. Las pruebas individuales son divididas por sexo masculino y femenino. (1,17,21)

Al ser considerado un deporte, todas sus acciones, competencias y escenarios se rigen mediante un Reglamento. Oficialmente se compete en piscinas semi olímpicas de 25 metros de largo por 12.5 metros de ancho, y/o en piletas olímpicas de 50 metros de longitud por 21 a 25 metros de ancho. La acción de nado se desarrolla dentro de un espacio que mide 2.5 metros de ancho, llamado andarivel. (17)

Tabla 1

Eventos individuales por estilo

Libre	Espalda	Pecho	Mariposa	Medley
50 mts.	50 mts.	50 mts.	50 mts.	100 mts. ¹
100 mts.	100 mts.	100 mts.	100 mts.	200 mts
200 mts.	200 mts.	200 mts.	200 mts.	400 mts.
400 mts.	-	-	-	-
800 mts.	-	-	-	-
1.500 mts.	-	-	-	-

¹ Únicamente en piscina de 25mts.

Las salidas de natación son movimientos explosivos diseñados para impulsar a los atletas por el aire lo más rápido y lo más lejos posible para aprovechar la menor resistencia en comparación con la que ofrece el agua. También puede considerarse como el componente técnico que posibilita la transición de una situación estática de espera a la señal de salida con el inicio del desplazamiento propio de la distancia a recorrer. Es importante resaltar que, a pesar de que la salida siempre ha consistido en un salto desde una superficie sólida hacia el agua, su ejecución no se ha realizado siempre desde una misma superficie, sino que esta ha sufrido cambios y ha evolucionado a nivel estructural. La FINA establece en sus reglas una serie de normas y limitaciones para su realización al inicio de la prueba. (17)



Según dicho Reglamento, la salida para las carreras de Estilo Libre, Pecho, Mariposa y Estilos Individual, se efectúa por medio de un salto. Luego que el Juez Árbitro da un silbido largo los nadadores suben a la plataforma de salidas y permanecen allí hasta que el Juez de Salidas de la señal de "A sus marcas", luego se ponen inmediatamente en una posición de salida con al menos un pie en la parte delantera de la plataforma de salidas. La posición de las manos es irrelevante. Cuando todos los nadadores estén quietos, el Juez de Salidas dará la señal de salida. (17)

En la actualidad la plataforma de salida utilizada, homologada por dicha Federación, se conoce bajo la denominación comercial de Omega OSB11. Se trata de un cubo (también conocido como poyete o partidor) relativamente nuevo, cuya aprobación tuvo lugar en el año 2009 y que se caracteriza por diferenciarse de los usados en el pasado por incluir un apoyo posterior para colocar el pie retrasado en el momento de la salida. Este apoyo trasero modifica la posición del nadador en el momento de la señal de inicio con respecto a una salida efectuada en un cubo tradicional, donde generalmente los pies se ubicaban horizontalmente en el borde más cercano al agua. Este reciente tipo de salida es conocida como "Track Start", la cuál es muy similar a la utilizada en las pruebas de atletismo en pista y da como resultado una posición más alta del pie atrasado, un centro de gravedad más alto y una mayor flexión en ambas rodillas. De acuerdo con la literatura científica, las propiedades antes mencionadas proporcionadas por Omega OSB11 permiten que se genere un mayor impulso en la salida, obteniendo un menor tiempo durante la subfase de bloque, la cual se explica más adelante. Esto se debe en gran parte a la estabilidad proporcionada por la placa trasera, que da como resultado picos de fuerza horizontal más altos y en consecuencia una mayor velocidad en el despegue. Todo esto influye en el rendimiento del nadador, donde se obtienen ligeras mejoras de tiempo a los 5 y 7.5 y 15 mts. (2,17,18)

Según el Reglamento, los nadadores pueden permanecer sumergidos como máximo 15mts, distancia que es marcada con la cabeza. Para maximizar la velocidad de nado los deportistas copian el nado ondulatorio de los peces, llamado nado subacuático ondulatorio. Está permitido reglamentariamente en los 15 primeros metros tras la salida y los virajes de cualquier prueba de natación (excepto en pecho, que tiene otras particularidades). Esta forma de desplazamiento acuático se caracteriza por: 1) adoptar una posición hidrodinámica con los brazos estirados al máximo en posición de flecha que permite aprovechar todo lo posible el



deslizamiento tras el impulso en la pared; 2) seguidamente, manteniendo esa posición, se realiza un batido simultáneo con ambas extremidades inferiores, produciendo un movimiento ondulatorio que se transmite por todo el cuerpo del nadador.

Este tipo de nado, el cual se desarrolla en la tercera subfase de la fase de inicio, es considerado por la literatura cómo un factor de rendimiento en este deporte y estrechamente vinculado al rendimiento del nadador en pruebas de 50 y 100mts. (1,3,17,19)

En el Campeonato Mundial FINA más reciente (Budapest, 2022), la final de 50 m estilo libre se ganó en un tiempo de 21.32 segundos (masculino) y 23.98 seg. en mujeres. El/la nadador/a que ocupó el tercer lugar finalizó la misma con un tiempo de 21.57 seg. y de 24.38 seg. respectivamente. Con márgenes tan estrechos para lograr el éxito deportivo, es de suma importancia que los atletas optimicen todos los aspectos que forman parte de este evento. (10)

Según la prueba, se ha demostrado que los tiempos de inicio consisten entre el 0,8 % y el 26,1 % del tiempo total de la carrera, y el rendimiento inicial representa entre el 11 y el 12 % del tiempo final de la carrera. (2,3)

Ampliando lo expuesto anteriormente, la fase de inicio en una carrera de natación es el tiempo que transcurre desde la señal de inicio hasta que el centro de la cabeza del nadador alcanza la marca de 15mts. A su vez, esta fase, consta de tres subfases principales que contribuyen al tiempo total de inicio. La primera subfase, denominada “de bloque” comienza cuando el nadador asume la posición básica de inicio, después del comando “A sus marcas”, seguido de la señal de inicio y el movimiento del nadador en el bloque de salida. Esta fase finaliza cuando los pies del nadador abandonan el bloque de salida. La siguiente subfase es la de vuelo, comenzando cuando el nadador sale del bloque hasta que toma contacto con el agua. La subfase subacuática está determinada por el tiempo desde que el nadador ingresa al agua hasta que vuelve a salir a la superficie para comenzar a nadar libremente. Los nadadores pueden producir una velocidad horizontal de despegue de aproximadamente 4,48 m/s, que es más del doble de la velocidad que desarrollan durante el nado. (2,3,4)



V. b Sobre el Salto

Varios estudios han demostrado que la fuerza de la parte inferior del cuerpo es un determinante clave del rendimiento inicial en carreras de velocidad. Tanto las fuerzas verticales como las horizontales, que junto al tiempo de reacción y una adecuada técnica, son los responsables de la primera subfase, pueden verse beneficiados con entrenamiento de fuerza y potencia fuera del agua. (2,3,9)

El salto vertical se usa a menudo como una prueba de rendimiento para evaluar la capacidad atlética, identificar las fortalezas y debilidades de los atletas, como así también medir la efectividad de los programas de entrenamiento. El rendimiento del mismo está determinado por una interacción compleja entre varios factores, incluida la fuerza máxima desarrollada por la musculatura involucrada, la velocidad a la que se puede desarrollar la fuerza y la coordinación neuromuscular de los segmentos de la parte superior e inferior del cuerpo. (11,15)

Existen muchas variantes utilizadas, siendo el SJ, el CMJ, el CMJ con brazos (Abalakov) y el Drop Jump (DJ) los que se encuentran mayormente en las investigaciones. Estos saltos pueden ser ejecutados de forma monopodal o bipodal, siendo más utilizada la segunda variante. Todos ellos tienen como objetivo alcanzar la altura máxima, pero existen diferencias en su ejecución. El SJ consiste en realizar un salto con las manos en las caderas, permaneciendo los sujetos de manera estática al final de la fase de contramovimiento para eliminar los efectos del ciclo de estiramiento - acortamiento. Luego empuja el suelo para llegar lo más alto posible. (11)

En el mismo, el atleta se encuentra parado con las manos en la cintura, para luego realizar un contramovimiento con flexión de las rodillas hasta 90 grados, empujando inmediatamente hacia arriba, con el tronco lo más recto posible con el fin de evitar la influencia de este en el resultado final de la prueba. El resultado es producto de la participación del ciclo estiramiento – acortamiento. El estiramiento de los elementos elásticos de la musculatura del muslo y la pierna permiten la consiguiente reutilización de la energía elástica, interviniendo también el reflejo miotático. (11,12,23)



Cada uno de los cuatro saltos propuestos por Bosco, aporta una información particular. En el caso de los dos que fueron descriptos, el SJ hace referencia a la capacidad de desarrollar fuerza durante una acción concéntrica, mientras que el CMJ aporta información en acciones que implican un ciclo estiramiento-acortamiento. Debido a este ciclo, cuando se realiza un CMJ se consigue alcanzar una mayor altura que cuando se realiza un SJ, lo que lo hace más adecuado para conseguir información sobre los niveles de fuerza explosiva del atleta. (12,23)

La literatura ha encontrado que el rendimiento del salto vertical está asociado con la fatiga neuromuscular y, por lo tanto, se ha utilizado para monitorear y evitar el sobreentrenamiento en los atletas. Esto se debe a que presenta estrecha relación con otras variables metabólicas (acumulación de lactato y amonio) y mecánicas (pérdida de velocidad). Una de las principales ventajas de la aplicación del CMJ como indicador de fatiga reside en su facilidad de administración y en su inocuidad. (12,16)

Es común encontrar que este ejercicio sea utilizado para evaluar el rendimiento neuromuscular de la parte inferior del cuerpo. Su similitud con muchas de las acciones que ocurren en distintos deportes (fútbol, básquet, vóley, handball, etc.) y en este caso, su similitud con el patrón de movimiento de la primera subfase, hace que pueda considerarse una de las pruebas más útiles y eficientes en el tiempo en distintas poblaciones deportivas. (11,15)

Existen diferentes metodologías a la hora de medir el salto vertical. En función de la medición realizada, es posible calcular la altura del salto y sus variables biomecánicas. Las mismas, pueden ser agrupadas en:

- V. b I) *Aquellas que miden la distancia existente entre dos puntos.*
- V. b II) *Aquellas que miden la aceleración.*
- V. b III) *Aquellas que miden la velocidad.*
- V. b IV) *Aquellas que miden la fuerza aplicada a lo largo del gesto.*
- V. b V) *Aquellas que miden el tiempo de vuelo. (22)*



V. b.I Medición del Salto a través de la Distancia Entre dos Puntos

La medición del salto a través de la distancia existente entre dos puntos, consiste en marcar la altura de un punto anatómico del cuerpo en la posición inicial, para posteriormente, marcar la altura de ese mismo punto anatómico cuando el participante se encuentra en el punto más alto del salto. Es frecuente la utilización de los dedos de la mano, marcando la posición inicial con su hombro completamente flexionado y ambos pies en el suelo, para posteriormente marcar con los mismos dedos de la mano el punto más elevado durante el salto. Para llevar a cabo esta metodología, habitualmente se utiliza el sistema "Vertec", el cual consiste en un poste vertical que en su parte superior tiene acopladas una serie de varillas horizontales que se mueven al ser golpeadas, de tal forma que se puede conocer la altura saltada. La principal desventaja de este método es que el participante puede variar la posición del punto anatómico seleccionado al inicio del movimiento mediante la elevación o depresión de las escápulas aumentando así la distancia entre el punto inicial y final. Además, en el caso de utilizar los dedos de la mano para determinar el punto final, exige que el participante sea capaz de marcar en el dispositivo el punto más alto del salto, teniendo una influencia la coordinación y experiencia en la evaluación. (23)

V. b.II Medición del Salto a través de la Aceleración

Otro método para evaluar los saltos verticales es a través de la aceleración. El acelerómetro es capaz de registrar simultáneamente aceleraciones en los tres ejes espaciales. Los cálculos se basan en variables de aceleración, fuerza, velocidad o desplazamiento. Numerosos estudios han evaluado la fiabilidad y validez de diferentes acelerómetros comerciales para comprender las alturas de los saltos y algunas variables que determinan los saltos verticales. Uno de los aspectos clave en el uso es dónde se coloca el equipo. Los investigadores colocaron el acelerómetro principalmente en dos lugares: al nivel de la quinta vértebra lumbar (L5) o en una barra ubicada al nivel de la séptima vértebra cervical al saltar. La colocación afecta los resultados, principalmente la potencia y la velocidad máxima, tendiendo a sobrestimar o subestimar los valores respectivamente, en comparación al "Gold Standard", las plataformas de fuerza. La acción del tronco podría ser la causante de estas diferencias, siendo el control de su rotación, a través de un giróscopo, una alternativa para corregir esta problemática. Su poca fiabilidad en algunos saltos como el CMJ y el tiempo que se tarda en colocar el dispositivo correctamente, hacen que esta alternativa sea poco utilizada para medir el salto. (15,23)



V. b.III Medición del Salto a través de la Velocidad

En diversas investigaciones también se han evaluado los saltos utilizando transductores lineales. Estos demuestran que la medición de la altura del salto es confiable en saltos sin contramovimiento (SJ) y del CMJ. Las variables de fuerza máxima, potencia máxima y generación de fuerza mostraron un alto grado de fiabilidad durante el CMJ. La mayor desventaja de este dispositivo es que, en la mayoría de los estudios, está unido a una barra, generalmente ubicada en una máquina llamada "Smith", que es guiada y limita la posibilidad de movimiento del atleta en el plano transversal y sagital, no permitiendo una ejecución libre del salto. (12,23)

V. b.IV Medición del Salto a través de la Fuerza Aplicada

Como se mencionó anteriormente, el "Gold Standard" dentro de la evaluación del salto es la utilización de plataformas de fuerza. La misma mide valores de fuerza durante la ejecución del gesto, siendo capaces de registrar las fuerzas de reacción del suelo en cada instante de tiempo. En comparación con las metodologías que miden la distancia recorrida entre dos puntos anatómicos y aquellas que miden el tiempo de vuelo, con las plataformas de fuerza es posible conocer variables relacionadas con la aplicación de fuerza, velocidad y desplazamiento del centro de masas de los atletas. Nuevos dispositivos de medida y metodologías que tratan de medir el salto vertical u otras variables extraídas del mismo, utilizan plataformas de fuerza como dispositivo para comparar los resultados obtenidos, lo que, junto a su fiabilidad, lo hace el método más aceptado y utilizado a la hora de evaluar el salto vertical. No obstante, como cualquier método, también tiene sus limitaciones. La plataforma de fuerza solo mide el valor de fuerza que se aplica contra su superficie en cada instante de tiempo, por lo que el resto de variables (velocidad, desplazamiento, potencia) son calculadas. Pequeños errores en la medición de alguna de las variables, como la masa, podrían provocar grandes modificaciones en la altura saltada y en las variables calculadas a través de los valores de fuerza y tiempo. El alto costo en comparación a otras opciones y su limitada portabilidad, también forman parte de sus desventajas. (12,23)

V. b. V Medición del Salto a través de Tiempo de Vuelo

Los métodos relacionados con la medición del tiempo de vuelo utilizan dispositivos que pueden detectar cuándo el pie está en contacto con el suelo o una superficie del propio dispositivo y cuándo está en el aire. Ejemplo de son las alfombras de contacto, sensores



infrarrojos, video, entre otros. De esta forma, se puede conocer el tiempo que el atleta está en el aire, y a partir de este tiempo se puede conocer la velocidad de despegue mediante la ecuación cinemática de caída libre:

$$\text{Velocidad de despegue} = \frac{\text{gravedad} \times \text{tiempo de vuelo}}{2}$$

Una vez conocida la velocidad de despegue, es posible calcular la altura de vuelo que ha sido alcanzada con la siguiente ecuación:

$$\text{Altura de vuelo} = \frac{\text{velocidad de despegue}^2}{2 \times \text{gravedad}}$$

Este tipo de metodología se ha utilizado en un gran número de estudios utilizando diferentes dispositivos. Su fiabilidad y validez ha sido probada en repetidas ocasiones, por lo que se considera un método fiable y válido para determinar la altitud de vuelo. Sin embargo, el factor decisivo a la hora de medir con un dispositivo de este tipo es la ejecución del participante. Para poder estimar correctamente la altura del salto, la posición del cuerpo en el despegue debe ser la misma que en el aterrizaje, de lo contrario, este cambio provocará un cambio en el tiempo de vuelo, alterando los resultados. (23)

En esta Tesina de Grado, el instrumento utilizado se basa en la utilización de un Smartphone con la aplicación móvil MyJump 2 para medir la altura de vuelo durante un salto vertical. El procedimiento es similar al de las muy utilizadas alfombras de contacto, debido a que el cálculo de la altura de vuelo es llevado a cabo a través del tiempo que el participante está en vuelo. En este caso, el tiempo es determinado contando los fotogramas capturados por la cámara de vídeo integrada en el Smartphone. Conociendo la frecuencia de filmación, es decir, el tiempo que transcurre entre cada fotograma, y el número de fotogramas en los que el participante está en el aire, se calcula el tiempo de vuelo del salto. (11,16,23)

En esta aplicación, la altura de salto es precisada mediante la siguiente ecuación: $h = t^2 \times 1.22625$ donde h es la altura en metros y t es el tiempo de vuelo en segundos. La validez y fiabilidad de la misma se ha demostrado en diversos estudios, en dónde se comparó su



utilización con una plataforma de fuerza de laboratorio, obteniendo una correlación positiva que varía entre $r = 0.79$ y 0.96 . (11,16)

Sin embargo, una de las limitaciones de estos dispositivos se revela al calcular variables distintas al tiempo de vuelo y la altura. Las variables determinantes para el rendimiento de un salto vertical, como la fuerza aplicada o la distancia sobre la que se aplica, por el momento no se pueden medir. (23)

VI. Justificación

Permitir a los Entrenadores y Preparadores Físicos tener una herramienta más a la hora de evaluar a sus atletas, encontrando nuevas significaciones para los datos obtenidos en las mismas. Como así también, brindarles a estos la posibilidad de hacer un énfasis particular sobre las capacidades físicas a trabajar para mejorar esta Fase de nado, a la vez que el nadador obtiene un feedback inmediato sobre la mejora en la misma, o no.

VII. Materiales y Métodos

VII. a. Población

La muestra se llevó a cabo con 3 nadadores masculinos y 2 femeninos ($n = 5$) de categoría juvenil federados ($16,3 \pm 0,75$ años), representantes del Club Atlantis Mar del Plata. Como criterio de inclusión, los mismos debían tener una participación mínima de dos Campeonatos de la República, y tener más de 3 años de entrenamiento. Se les presentó la hoja de información, firmando los mismos el consentimiento informado. (Anexo I)

Las evaluaciones se realizaron en el mes de septiembre de 2022, en instalaciones del Natatorio Olímpico Alberto Zorrilla, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina - Piscina de 50mts, 2,10 mts de profundidad, temperatura del agua $27,5^{\circ}$ C.



VII. b. Procedimiento del Estudio

Se utilizaron los siguientes elementos: Teléfono móvil “Xiaomi Redmi 7” (cámara 120 FPS), con aplicación “My Jump 2” previamente instalada, cinta métrica “Cescorf” y 2 cronómetros digitales “Casio HS-70W-1JH”.

Se registraron las medidas antropométricas solicitadas por la aplicación My Jump 2: peso del atleta, expresado en kilogramos; distancia desde el trocánter mayor del fémur hasta la punta de los pies, en posición decúbito dorsal con flexión plantar; distancia vertical entre el trocánter mayor del fémur y el suelo en la posición de inicio del salto vertical. Luego, realizaron una activación en seco, que incluía ejercicios de movilidad, estabilidad, estiramientos de tipo balístico y saltos verticales, con una duración de 10 minutos.

VII. b.I Evaluación de saltos CMJ.

Se les instruyó a los atletas sobre cómo realizar el CMJ: manos en la cadera, desde posición estática de pie, con un movimiento descendente rápido y continuo flexiona las rodillas (fase excéntrica) hasta un ángulo de flexión de 90° (fase isométrica o acoplamiento) manteniendo el tronco lo más próximo al eje vertical posible y desde allí genera la impulsión vertical (fase concéntrica) que lo eleva. Durante toda la fase de vuelo, el atleta debe mantener sus miembros inferiores y tronco en completa extensión, hasta la recepción en el suelo. La misma, será en el mismo lugar en el que despegó. La primera parte del cuerpo en tocar el suelo son los dedos de los pies. Cada participante realizó 5 saltos de práctica y luego realizó 3 CMJ mientras se grababa con el teléfono móvil. Si algún salto no cumplía con los criterios para un salto exitoso (manos en las caderas, posición estática de pie, despegue y aterrizaje con ambas piernas simultáneamente), se repetía. (11).

VII. b.II Evaluación Fase de Partida.

Se explica a los atletas que realizaran 3 sprints máximos de 15mts, con 3´ de pausa entre cada uno. Como activación previa, realizaron 200 mts. nado de crol suave, 100 mts. de drill técnico a elección propia, 100 mts. de patada, 100 mts. a 6” de su mejor marca registrada en 100 mts. libre y 3 repeticiones de sprint de 15 mts. a un 80% de intensidad máxima.



Se ubicó una soga transversalmente entre los andariveles para marcar los 15mts. La medición se realizó de manera manual, con cronómetros digitales operados por entrenadores con experiencia en la utilización de los mismos. Se usaron 2 dispositivos para realizar un promedio del tiempo registrado por los mismos, con el fin de reducir el margen de error.

La partida utilizada por los evaluados fue la “track start”, con un pie en el borde del cubo más cercano al agua y otro retrasado, dejando a la elección de los mismos el punto de distancia del apoyo. Los cubos de partidas eran similares a los OMEGA OSB11.

VIII. Resultados

Se ingresaron los resultados de todos los intentos realizados por los atletas, tal cómo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados de las mediciones realizadas

	Sexo	CMJ 1	CMJ 2	CMJ 3	Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3
Atleta 1	M	26.71	26.97	27.05	7.84	7.26	7.56
Atleta 2	M	23.46	23.85	24.16	7.52	8.03	7.77
Atleta 3	M	37.25	38.04	37.77	6.63	6.86	6.75
Atleta 4	F	25.97	26.45	26.06	7.75	7.89	7.64
Atleta 5	F	34.69	35.56	33.98	7.10	6.82	6.93

Nota: Los valores obtenidos en los saltos CMJ se expresan en centímetros. Los correspondientes a los sprint, en segundos (1/100).

Con estos datos, se obtuvo la media de los 3 intentos, por cada una de las pruebas y por atleta, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3

Media de los 3 intentos de cada prueba



	Sexo	Promedio CMJ	Promedio Sprint
Atleta 1	M	26.91	7.55
Atleta 2	M	26.16	7.76
Atleta 3	M	34.74	6.95
Atleta 4	F	26.16	7.74
Atleta 5	F	37.68	6.74

Nota: Los valores obtenidos en los saltos CMJ se expresan en centímetros. Los correspondientes a los sprint, en segundos (1/100).

Para obtener el grado de relación entre las variables, se utilizó el software BlueSky Statistics (Open Source Desktop Edition. Ver 7.20), usando el coeficiente de correlación de Pearson (r):

$$r_{xy} = \frac{\sum z_x z_y}{N}$$

En dónde, “x” es igual a la variable Altura CMJ, “y” pertenece a la variable Sprint, “zx” es la desviación estándar de la variable uno, “zy” es la desviación estándar de la variable dos y “N” es el número de datos (n=5). La fórmula, entonces, quedaría de la siguiente manera:

$$r = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}}$$

$$r = \frac{5(1085.9451) - (149.31)(36.74)}{\sqrt{[5(4602.5361) - (149.31)^2][5(270.8578) - (36.74)^2]}} = -0.9873$$

Cómo se puede observar, el resultado obtenido fue de $r = -0.9873$, lo que indica que existe una correlación negativa muy fuerte, dado que las variables se relacionan inversamente.



IX. Discusión

El resultado de la correlación entre las variables “Altura de Salto” y “Sprint” indica una correlación negativa fuerte ($r = - 0,9873$), por lo que, como primera conclusión, una mayor altura en el salto (en este caso CMJ) se relaciona con una mayor velocidad en un sprint de 15 mts., cumpliéndose la hipótesis presentada.

Como limitaciones de este diseño se puede observar que la muestra no es de gran tamaño, debido a que el uso de la aplicación My Jump 2 para la evaluación del salto, tiene como una gran desventaja el tiempo que tarda el evaluador en obtener los resultados, lo que hace que su utilización en grandes grupos de deportistas a la vez, sea muy dificultoso para el Entrenador.

La falta de constancia en los resultados del test de salto en algunos atletas (Tabla 2), denota una pobre experiencia en este tipo de evaluaciones.

También, se observó una variabilidad en los resultados de los 3 sprints (Tabla 2), esto hace intuir que los atletas evaluados no poseen una técnica depurada de la partida, dado que variaciones en la misma, aunque sean pequeñas, influyen directamente en una distancia tan corta. Para futuras investigaciones, sería interesante incluir un análisis biomecánico en cada uno de los sprints, para identificar también que posición de largada facilita más a ese nadador en particular, como así también mediante el video, poder calcular de forma más precisa el tiempo obtenido en el sprint.

Replicar una investigación de este tipo con atletas de un nivel de entrenamiento y rendimiento mayor, permitiría observar si la correlación se mantiene en sujetos con valores más altos de fuerza y velocidad, o si solamente sucede en poblaciones como la evaluada.

En base a lo expuesto, aumentar el trabajo de fuerza muscular fuera del agua, especialmente en su manifestación de potencia, como así incluir entrenamientos de tipo pliométrico, parece ser beneficioso al rendimiento de atletas especializados en distancias cortas. El entrenamiento pliométrico parece beneficiar el CMJ, proporcionando una mejora estadísticamente significativa y prácticamente relevante en la altura, con un efecto medio que oscila entre 7,5 % a 8,7%. (14)



La correlación manifestada permite a los Preparadores Físicos llevar un monitoreo de la fatiga que generan en los atletas los trabajos de fuerza, vinculándolo directamente con su rendimiento en las sesiones de entrenamiento específicas del deporte.

X. Conclusión

El salto CMJ parece relacionarse con la velocidad de un sprint de 15mts. (fase de partida) en nadadores juveniles de nivel nacional. Un programa de entrenamiento destinado a la mejora del mismo, aumentaría la velocidad de nado en esta distancia.

XI. Referencias Bibliográficas

- 1- Maglischo EW. *Swimming Fastest: The Essential Reference on Technique, Training, and Program Design*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003.
- 2- Elaine Tor, David L. Pease, Kevin A. Ball. *Characteristics of an elite swimming start*. Aquatic Testing, Training and Research Unit, Australian Institute of Sport, Canberra, Australia 2 Institute of Sport, Exercise and Active Living, Victoria University, Melbourne, Australia, 2002.
- 3- Cossor et al. *Competition analysis for high performance swimming*. Australian Swim Coach, 1997. 13(3), 1-10.
- 4- West DJ, Owen NJ, Cunningham DJ, Cook CJ, Kilduff LPJ. *Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers*. Strength Cond Res. 2011 Apr; 25(4):950-5.
- 5- Davies, C.T., Dooley, M., McDonagh, P. & White, M.J. (1985). *Adaptation of mechanical properties of muscle to high force training in man*. J. of Physiology. 365: 277-284
- 6- Jiménez-Reyes, P.; González-Badillo, J.J. *Control de la carga de entrenamiento a través del CMJ en pruebas de velocidad y saltos para optimizar el rendimiento deportivo en atletismo*. Cultura, Ciencia y Deporte, vol. 6, núm. 18, 2011, pp. 207-217. Universidad Católica San Antonio de Murcia Murcia, España
- 7- Yingling VR, Castro DA, Duong JT, Malpartida FJ, Usher JR, O J. *The reliability of vertical jump tests between the Vertec and My Jump phone application*. PeerJ. 2018.
- 8- Gathercole, Rob J.; Sporer, Ben C.; Stellingwerff, Trent; Sleivert, Gord G. *Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue*,



Journal of Strength and Conditioning Research: September 2015 - Volume 29 - Issue 9 - p 2522-2531

9- Earp JE, Joseph M, Kraemer WJ, Newton RU, Comstock BA, Fragala MS, et al. Lower-body muscle structure and its role in jump performance during squat, countermovement, and depth drop jumps. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2010;24(3):722–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32c04>

10- Competition results. (n.d.). FINA - Fédération Internationale De Natation. Retrieved September 11, 2022, from <https://www.fina.org/competitions/2902/19th-fina-world-championships-budapest-2022/results?disciplines=&event=c91d1111-4699-4ed4-9e80-6c967a13e130>

11- Bosco, C., & Komi, P. V. (1979). Potentiation of the mechanical behavior of the human skeletal muscle through prestretching. *Acta Physiologica Scandinavica*, 106(4), 467–472. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06427.x>

12- Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J. & Bavaresco, N. The Concurrent Validity and Reliability of a Low-Cost, High-Speed Camera-Based Method for Measuring the Flight Time of Vertical Jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28, 528–533 (2014).

13- Yu Kwok, W., So, B. C. L., Tse, D. H. T., & Ng, S. S. M. (2021). A systematic review and meta-analysis: Biomechanical evaluation of the effectiveness of strength and conditioning training programs on front crawl swimming performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(4), 564–585. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.564>

14- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349–355; discussion 355. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035113>

15- McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). The role of rate of force development on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 379–385. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181be305c>

16- Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the capacity of different jump and sprint field tests to detect neuromuscular fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(9), 2522–2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>

17- Swimming Rules. (n.d.). FINA - Fédération Internationale De Natation. Retrieved October 11, 2022, from <https://www.fina.org/swimming/rules>



- 18- Fernández Suárez, S., Iglesias-Fernández, N., & Salguero del Valle, A. (2019). ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA SALIDA EN NATACIÓN: UNA PROPUESTA DE MEJORA A TRAVÉS DE 'XPLOBLOCK SFS.' *Revista de Investigación En Actividades Acuáticas*, 3(6), 73–79. <https://doi.org/10.21134/riaa.v3i6.1695>
- 19- Troup, J., & Strass, D. (Eds.). (1999). *Science and Swimming*. Routledge.
- 20- Apuntes de Catedra Periodismo II, Facultad de Periodismo y Comunicación Social UNLP (n.d.). *La Natación Deportiva*. <https://perio.unlp.edu.ar/catedras/periodeportivo3/wp-content/uploads/sites/19/2020/04/4-Natacion-1.pdf>
- 21- Villordo, D. (2022). *Incidencia del entrenamiento en seco sobre los componentes de la aptitud física en la formación de nadadores infantiles, menores y cadetes*. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación.
- 22- García- López, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Pernía, R., Ávila, M. C., & Villa, J. G. (2008). El tipo de plataforma de contacto influye en el registro de la altura de salto vertical estimada a partir del tiempo de vuelo. *Motricidad*, 21, 1–17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=274220364001>
- 23- Sánchez Sixto, A. (2018). *La relevancia de la profundidad del contramovimiento en el rendimiento del salto vertical*. Universidad Pablo de Olavide.



Anexo I

DOCUMENTACION DEL PROCESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A. Información para el participante

Título del Trabajo: “Relación entre el valor obtenido de un salto CMJ con el tiempo empleado en completar la fase de partida en natación”

Profesional responsable: Prof. Ramiro Chilingirian

Estamos invitando a participar en el estudio “Relación entre el valor obtenido en un salto CMJ con el tiempo empleado en completar la fase de partida en natación”, a realizarse en las instalaciones del Natatorio Alberto Zorrilla de la Ciudad de Mar del Plata. El mismo tiene como objetivo observar si existe relación entre dos variables: salto y un sprint de 15mts. Conocer esto que puede ser beneficioso para brindar más herramientas a los Entrenadores de natación, y por ende a los nadadores.

Como parte del estudio se le pedirá que permita la medición de la longitud de su pierna y de la distancia vertical entre el trocánter mayor del fémur y el suelo. Luego de esto, deberá realizar una entrada en calor y 3 saltos verticales. Después de esta etapa, realizará una entrada en calor en el agua, dónde deberá realizar 3 sprints de 15mts, a máxima velocidad posible. El estudio que se le realizará no implica riesgos ni molestias para usted.

La participación en esta investigación puede ser beneficiosa para usted y se espera que los resultados que se obtengan con el estudio sean beneficiosos y de guía para las personas que estén interesadas en el tema.

Su participación es voluntaria; usted tiene el derecho de retirarse del estudio en cualquier momento si así lo decide, sin que se resienta la atención que se le brinda en el efector.

La información que se recabe es estrictamente confidencial y se aplicará para dar respuesta a los objetivos del trabajo. En consecuencia, la información que se elabore como resultado de la presente investigación será enunciada en un sentido general y no habrá ninguna referencia a cuestiones individuales o personales. Los resultados que se logren podrán ser



presentados en congresos y/o publicaciones y la identidad del paciente y de su familia no será revelada y su privacidad será preservada.

B. Hoja de firmas

Me explicaron y leí antes de firmar sobre la participación en este trabajo de investigación. Entendí de qué se trata la “Relación entre el valor obtenido de un salto CMJ con el tiempo empleado en completar la fase de partida en natación”.

Sé que puedo decidir libremente mi participación en este estudio y que, aunque decida no participar más en algún momento, continuaré recibiendo la atención habitual.

La participación es voluntaria y entendí que toda información personal que se recolecte es confidencial, y que no se me identificará en ningún momento.

He leído y comprendido la información contenida en este formulario; he podido hacer todas las preguntas que creí necesarias.

Acepto y doy mi consentimiento a que mi hijo participe del mismo. Se firman dos ejemplares iguales y se le entrega uno al firmante.

Firma del participante:

Lugar y Fecha.....

Aclaración.....

DNI N°.....

Firma de testigo.....

Lugar y Fecha.....

Aclaración.....

DNI N°.....

