

Propuesta para determinar la relación entre la rapidez de nado y la frecuencia de brazada de un nadador en estilo libre usando un analizador de video

Proposal to determine the relationship between the swimming speed and the stroke frequency of a freestyle swimmer using a video analyzer

Marcos Guerrero Zambrano

Leonor Sanchez Alvarado

Bryan Valarezo Chamba



Investigación

Tecnología e Innovación



Propuesta para determinar la relación entre la rapidez de nado y la frecuencia de brazada de un nadador en estilo libre usando un analizador de video

Proposal to determine the relationship between the swimming speed and the stroke frequency of a freestyle swimmer using a video analyzer

Marcos Guerrero Zambrano¹, Leonor Sanchez Alvarado², y Bryan Valarezo Chamba³

Como citar: Guerrero Zambrano, M., Sanchez Alvarado, L., Valarezo Chamba, B. (2024). Propuesta para determinar la relación entre la rapidez de nado y la frecuencia de brazada de un nadador en estilo libre usando un analizador de video. *Investigación, Tecnología e Innovación*. 16(22), 22-30. DOI: <https://doi.org/10.53591/iti.v16i22.1859>

RESUMEN

Contexto: El entrenamiento en estilo libre masculino presenta el desafío de comprender la relación entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado, un fenómeno físico influenciado por múltiples variables como la longitud de brazada, la altura, el somatotipo y fuerzas como la flotación, la resistencia del agua y la fuerza aplicada. **Objetivo:** Esta investigación tuvo como propuesta analizar dicha relación en un nadador de estilo libre masculino utilizando el software Tracker para realizar mediciones precisas y sistemáticas. **Método:** Durante el estudio, se midieron 9 veces la frecuencia de brazada en ciclos por segundo con su respectiva la rapidez de nado en metros por segundo, controlando variables adicionales para asegurar la fiabilidad de los resultados para obtener una gráfica lineal. **Resultados:** La grafica mostro un coeficiente de correlación $R^2 = 0,997$, lo que evidenció una fuerte relación lineal entre las variables mencionadas. A partir de la pendiente de la gráfica se obtuvo la longitud de brazada de $(2,006 \pm 0,319) m/ciclo$, con un porcentaje de incertidumbre relativo del 15,880% y un porcentaje de error de 19,760% comparado con el valor teórico destacándose la precisión en la tendencia observada pese a cierta incertidumbre. **Conclusiones:** El estudio confirmó una relación proporcional directa entre ambas variables, proporcionando información valiosa para optimizar los entrenamientos y subrayando la importancia de perfeccionar la metodología para reducir errores, además de considerar variables complementarias en futuras investigaciones.

Palabras clave: Frecuencia de brazada, Rapidez de nado, Estilo libre, Longitud de brazada, Analizador de video.

ABSTRACT

Context: Male freestyle training challenges understanding the relationship between stroke rate and swimming speed, a physical phenomenon influenced by multiple variables such as stroke length, height, somatotype, and forces such as buoyancy, water resistance, and applied force. **Objective:** This research aimed to analyze this relationship in a male freestyle swimmer using Tracker software to perform accurate and systematic measurements. **Method:** During the study, stroke rate in cycles per second was measured 9 times with its respective swimming speed in meters per second obtained, controlling additional variables to ensure the reliability of the results for a linear graph. **Results:** The graph shows an evaluation coefficient $R^2=0.997$, which shows a strong linear relationship between the mentioned variables. From the slope of the graph, the stroke length of $(2.006\pm 0.319) m/cycle$ was obtained, with a relative uncertainty percentage of 15.880% and

¹ Doctor en Educación en Ciencias Experimentales, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Correo electrónico: mguerreroz@unemi.edu.ec

² Magister en Educación General Básica, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Correo electrónico: lsancheza4@unemi.edu.ec

³ Magister en Pedagogía de las Ciencias Experimentales mención Física, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Correo electrónico: bvalarezoc@unemi.edu.ec



an error percentage of 19.760% compared to the theoretical value, highlighting the precision of the observed trend despite some uncertainty. **Conclusions:** The study confirms a direct proportional relationship between both variables, providing valuable information to optimize training and highlighting the importance of perfecting the methodology to reduce errors, as well as considering complementary variables in future research.

Keywords: Freestyle, Stroke frequency, Stroke length, Swimming speed, Video analyzer.

Fecha de recepción: Octubre 24, 2021.

Fecha de aceptación: Noviembre 26, 2021.

INTRODUCCIÓN

El estilo libre, una de las disciplinas más comunes y rápidas en la natación, es una combinación de eficiencia técnica, fuerza y resistencia. La optimización de la técnica en este estilo no solo se basa en la fuerza física, sino también en una comprensión profunda de la mecánica del movimiento, especialmente en el balance entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado. A lo largo de los años, los entrenadores e investigadores han buscado mejorar la eficiencia de los nadadores a través de la manipulación de estas dos variables clave, ya que una correcta coordinación entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado puede marcar la diferencia entre un rendimiento medio y uno de élite. El balance entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado es crucial. En el caso de aumentar la frecuencia de brazada de manera descontrolada puede llevar a una fatiga prematura, mientras que mantener una frecuencia demasiado baja puede reducir la rapidez total del nadador. Es aquí donde la técnica entra en juego: un nadador eficiente es capaz de aumentar o disminuir la frecuencia de brazada según la demanda de la carrera, sin sacrificar la longitud de brazada. Según TritonWear (2019), ha demostrado que, para mejorar la rapidez de nado, los nadadores deben encontrar un equilibrio óptimo entre una alta frecuencia de brazada y una adecuada longitud de brazada. Un aumento en la frecuencia de brazada puede incrementar la rapidez de nado, pero si no se mantiene una longitud de brazada constante, el resultado puede ser contraproducente, ya que aumenta la resistencia y el esfuerzo sin una mejora proporcional en la rapidez (Fish, 2019). Por lo tanto, el objetivo de los nadadores y entrenadores debe ser optimizar tanto la frecuencia como la longitud de la brazada para maximizar la eficiencia en el agua (Staunton et al., 2024). Para mejorar el rendimiento, los nadadores deben enfocarse en optimizar la coordinación entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado, adaptando ambos factores según la longitud de brazada y el nivel de fatiga.

Este trabajo presenta una propuesta para estudiar el efecto de la frecuencia de brazada en la rapidez de nado en el estilo libre en un nadador de género masculino usando el analizador de video Tracker. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es determinar la relación entre ambas variables para así aportar una técnica a los entrenadores, ya que cada nadador tiene una frecuencia de brazada óptima que maximiza la rapidez de nado sin desperdiciar energía. Además, el analizador de video detecta la postura corporal, la propulsión y la hidrodinámica que influyen en la relación entre frecuencia de brazada y la rapidez de nado.

En el fenómeno estudiado aparecen muchas variables sin embargo se mantuvieron principalmente constantes la edad, el sexo, peso, fuerzas resistivas del agua, aire y ondas de agua, fuerza de flotación, fuerza sobre el agua y la forma del cuerpo del nadador, así como también la longitud de brazada.

MARCO TEÓRICO

La relación entre la frecuencia de brazada y la rapidez de nado es un aspecto crucial en el rendimiento de los nadadores durante las competencias. La frecuencia de brazada se puede determinar por medio de la Ecuación (1).

$$f_b = \frac{N}{t} \quad (1)$$

Donde f_b es la frecuencia de brazada medida en ciclos por segundo donde un ciclo corresponde a dos brazadas ver Figura 1, N es el número de ciclos y t es el tiempo en segundos que realiza determinado número de ciclos.



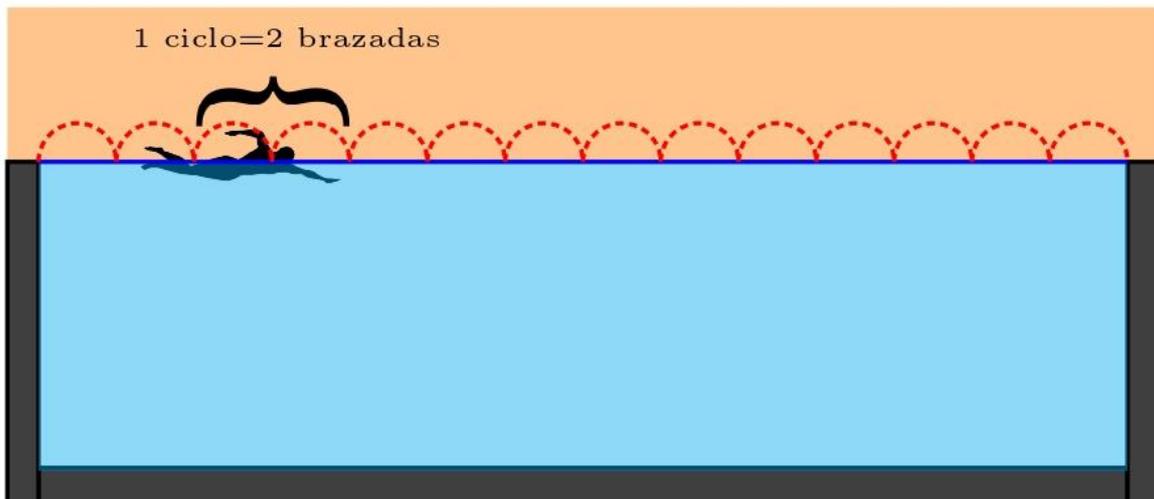


Figura 1. Cálculo de la frecuencia de brazada.

Fuente: Elaborado por Bryan Valarezo Ch.

La medida de la frecuencia de brazada influye directamente en la rapidez a la que el nadador se desplaza en el agua. Este parámetro se puede medir mediante cronómetros o instrumentos más avanzados, y depende de varios factores, como la fisiología del atleta, la mecánica de la brazada, la longitud de las extremidades y el tamaño corporal (TritonWear, 2019). A medida que aumenta la frecuencia de brazada, se incrementan las fuerzas resistivas entre el cuerpo con el agua, el aire o las ondas de agua, lo que puede afectar la eficiencia del nadador.

El incremento de la frecuencia de brazada también está relacionado con un aumento en la presión frontal del cuerpo. Este fenómeno genera una diferencia de presión entre las partes superior e inferior del nadador, lo que puede afectar su rapidez de nado (Simbaña-Escobar et al., 2020). En términos generales, la rapidez de nado (R_n) es la distancia recorrida por el nadador en un intervalo de tiempo determinado y se puede determinar por medio de la Ecuación (2):

$$R_n = \frac{D}{t} \quad (2)$$

Donde R_n es la rapidez de nado medida en metros por segundo, D es la distancia recorrida por el nadador en metros y t es el tiempo en segundos que le tomo en recorrer cierta distancia al nadador. La rapidez de nado en estilo libre para nadadores masculinos ha sido objeto de múltiples estudios, muchos de los cuales analizan la eficiencia y la técnica con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo. Diversos trabajos publicados en revistas científicas indexadas muestran que la rapidez promedio en nadadores masculinos de élite estilo libre es de $(2,000 \pm 0,200)ms^{-1}$, dependiendo de factores como la longitud de brazada, la frecuencia de brazada y la resistencia del nadador (Rielly et al., 1990). Si se mantiene constante variables como la resistencia del nadador y la longitud de brazada (Fish, 2019) la rapidez de nado en función de la frecuencia de brazada se puede determinar por medio de la Ecuación (3) que relaciona estas dos variables es:

$$R_n = L_b \cdot f_b \quad (3)$$

Donde L_b es la longitud de brazada medida en metros. Este modelo matemático muestra que la rapidez de nado aumenta proporcionalmente con la frecuencia de brazada, siempre que se mantenga una longitud de brazada constante (Staunton et al., 2024). De acuerdo a Pelayo et al. (1996) muestran que la longitud de brazada promedio para nadadores masculinos de élite en estilo libre es de $(2,262 \pm 0,070)$ metros/ciclo, este valor pueden variar según la edad, la altura, la masa, y el tamaño del pie del nadador, así como su capacidad para mantener una rapidez constante durante el ciclo de nado.

En el estilo libre existen factores que perturban la frecuencia de brazada entre ellas las fuerzas que actúan dentro del agua. El movimiento alternado de los brazos es crucial para mantener la eficiencia y minimizar la



resistencia (TritonWear, 2019). Sin embargo, la técnica motriz del nadador es esencial para evitar que un aumento en la frecuencia de brazada genere ondas que disminuyan la rapidez de nado.

En el caso de la rapidez de nado existen otros factores que influyen en el mismo como el sexo, el somatotipo y la presión atmosférica. Por ejemplo, en los hombres tienden a flotar menos que las mujeres porque tienen menor cantidad de tejido adiposo, lo que puede influir en su rapidez de nado (Simbaña-Escobar et al., 2020). La presión atmosférica también juega un papel importante, ya que afecta la flotabilidad del nadador y, en consecuencia, su rapidez de nado en el agua (TritonWear, 2019).

Finalmente, las fuerzas que actúan sobre el nadador durante el nado, como la flotación, el peso, la resistencia con el agua, el aire y por ondas en el agua, afectan directamente la rapidez de nado. Minimizar la resistencia con el agua, el aire y por ondas en el agua, mientras se maximiza la fuerza de empuje horizontal, es crucial para mejorar la eficiencia del nadador y su rendimiento general en las competencias (Fish, 2019).

METODOLOGÍA

El uso de tecnologías avanzadas en el análisis deportivo ha permitido a investigadores y entrenadores obtener datos más precisos y detallados sobre el rendimiento de los atletas. En particular, el análisis del estilo de nado en natación ha sido un campo de estudio recurrente debido a su complejidad biomecánica y a la importancia de optimizar el rendimiento en esta disciplina. La presente investigación se centra en la utilización de un software gratuito llamado analizador de video Tracker (<https://physlets.org/tracker/>) para determinar la relación entre la rapidez de nado y la frecuencia de brazada en un nadador de sexo masculino en el estilo libre, a través de una metodología que incluye la recolección de datos experimentales para la construcción de una gráfica que relacione las variables mencionadas. Este enfoque busca calcular la longitud de brazada mediante el análisis de la pendiente de la gráfica generada, lo que puede tener implicaciones significativas en la mejora del rendimiento de los nadadores. Además de mejorar la postura corporal, la propulsión y la hidrodinámica que influyen en la relación entre frecuencia de brazada y la rapidez de nado.

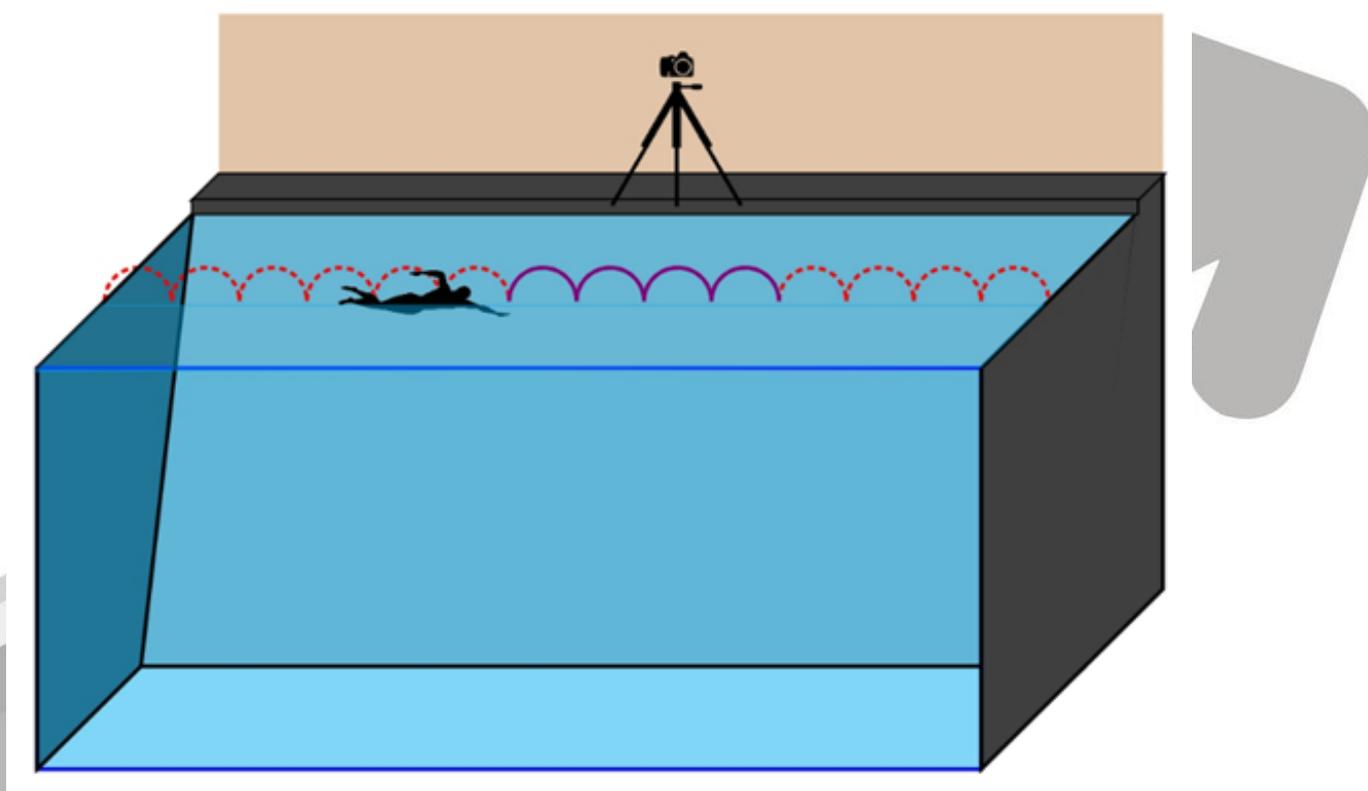


Figura 2. Esquema del levantamiento de datos.

Fuente: Elaborado por Bryan Valarezo Ch.



En primer lugar, para llevar a cabo este análisis, se selecciona una piscina con medidas $(15,700 \pm 0,050)$ m de largo y $(4,900 \pm 0,050)$ m de ancho y que se encuentra a lado de una pared de color café oscuro que servirá de contraste para grabar el video con ayuda de un teléfono inteligente, tal como se muestra en la Figura 2, y finalmente usar el analizador de video Tracker. También se seleccionó el sujeto quien es nadador de la federación de natación del Guayas que tiene $(17,000 \pm 0,800)$ años, $(72,400 \pm 0,100)$ kg de masa, $(1,750 \pm 0,050)$ m de altura e incluso se seleccionó el traje, gorro y gafa que utilizaran en la experimentación. Luego se señalará dos puntos de referencia en el borde de la piscina de medidas; el primero (punto 1) es donde parte el nadador, en cambio el segundo (punto 2) se encuentra a $(4,450 \pm 0,050)$ m del primero, tal como se muestra en la Figura 3. Esta distancia es importante considerarla ya que el nadador aumenta su rapidez de nado en este tramo. Luego por medio del celular inteligente de última generación marca Samsung para capturar en video el movimiento completo del nadador a partir del punto 2, es crucial que el celular esté posicionado de forma lateral y frontal como se muestra en la Figura 2, lo que facilita el seguimiento de la trayectoria del nadador mientras se mueve a rapidez constante a partir del segundo punto hasta que llega al otro extremo de la piscina, también es necesario identificar la cabeza que servirá de referencia para realizar el seguimiento preciso del movimiento del nadador, luego el video se lo coloca en el analizador Tracker y se comienza a analizar y obtener datos sobre el movimiento del nadador desde el momento que pasa por el segundo punto hasta cuando ha cumplido sus 2,0 ciclos o 4 brazadas, para luego medir la distancia recorrida y el tiempo que duro el recorrido y con ellos aplicar las Ecuación (2) y Ecuación (3) para determinar las frecuencias de brazadas y la rapidez de nado del nadador. De acuerdo a Yuan et al. (2010), en este proceso se realizará por lo menos 9 mediciones, variando en cada caso la rapidez constante del nadador.

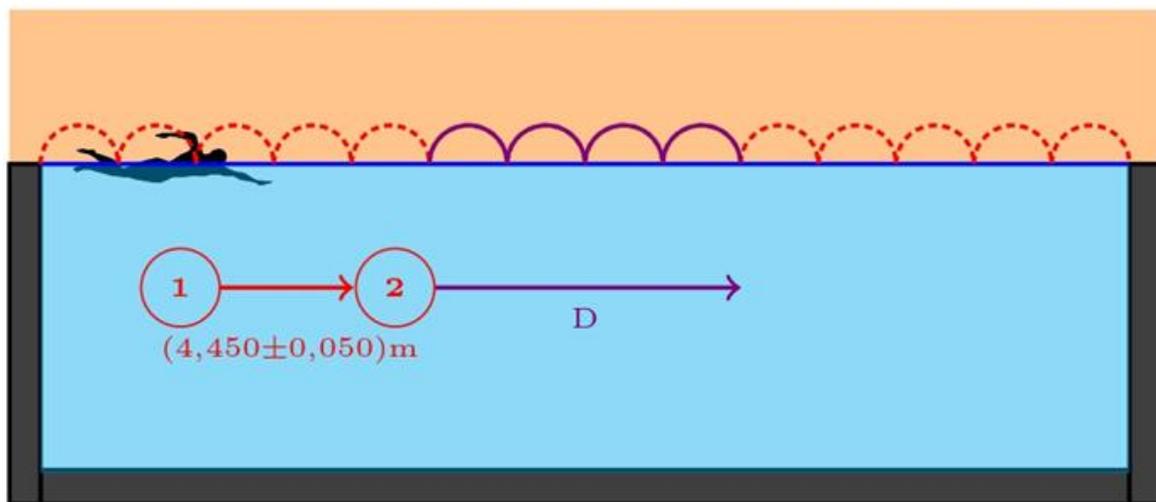


Figura 3. Puntos de referencia para la toma de datos.

Fuente: Elaborado por Bryan Valarezo Ch.

Una vez que se han registrado los 9 pares de datos, se procede a construir una gráfica donde se colocan los valores de frecuencia de brazada en el eje horizontal y los valores de rapidez de nado en el eje vertical con sus respectivas incertidumbres. A través de esta gráfica, se buscará analizar la relación entre ambas variables, aplicando un ajuste lineal para luego calcular la pendiente de la recta. La pendiente obtenida de la recta de mejor ajuste reflejara la longitud de brazada del nadador, es decir, la distancia que cubre el nadador con cada ciclo completo de brazada. Adicionalmente se trazarán las rectas de máxima y mínima pendiente para determinar la incertidumbre de esta.

RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se selecciona el número de ciclos y su incertidumbre, para este caso se consideró $(2,000 \pm 0,100)$ ciclos. A partir de este dato con ayuda del analizador de video Tracker se procedió a obtener la distancia recorrida por el nadador y el tiempo de duración de los ciclos y del movimiento del nadador con sus respectivas incertidumbres en cada una de las 9 situaciones. Los datos se muestran en la Tabla 1.



Con los datos obtenidos se obtienen la frecuencia de brazada y la rapidez de nado con sus respectivas incertidumbres por medio de las ecuaciones Ecuación (4) y Ecuación (5).

$$\Delta f_b = f_b \left(\frac{\Delta N}{N} + \frac{\Delta t}{t} \right) \quad (4)$$

$$\Delta R_n = R_n \left(\frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta t}{t} \right) \quad (5)$$

Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos y resultados obtenidos

Número de ciclos N(ciclos) ±0,010 ciclos	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Distancia recorrida por el nadador D(m) ±0,050m	4,390	4,400	4,410	4,420	4,430	4,440	4,450	4,500	4,550
Tiempo de duración de los ciclos y del movimiento del nadador (s) ±0,100 s	2,800	3,000	3,200	3,300	3,400	3,500	3,600	3,700	3,800
Frecuencia de brazadas f_b (ciclos/s)	0,714	0,667	0,625	0,606	0,588	0,571	0,556	0,541	0,526
Incertidumbre de la frecuencia de brazadas ±Δf_b(ciclos/s)	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004
Rapidez de nado R_n(m/s)	1,568	1,466	1,378	1,339	1,303	1,269	1,236	1,216	1,197
Incertidumbre de la rapidez de nado ±ΔR_n (m/s)	0,023	0,022	0,020	0,019	0,019	0,018	0,017	0,017	0,016

En la Tabla 1, las incertidumbres de la rapidez de nado y la frecuencia de brazada son relativamente pequeñas en relación con los valores medidos, lo que indica que las mediciones son precisas. Las incertidumbres no varían de manera significativa entre las mediciones, lo que también refuerza la idea de precisión.

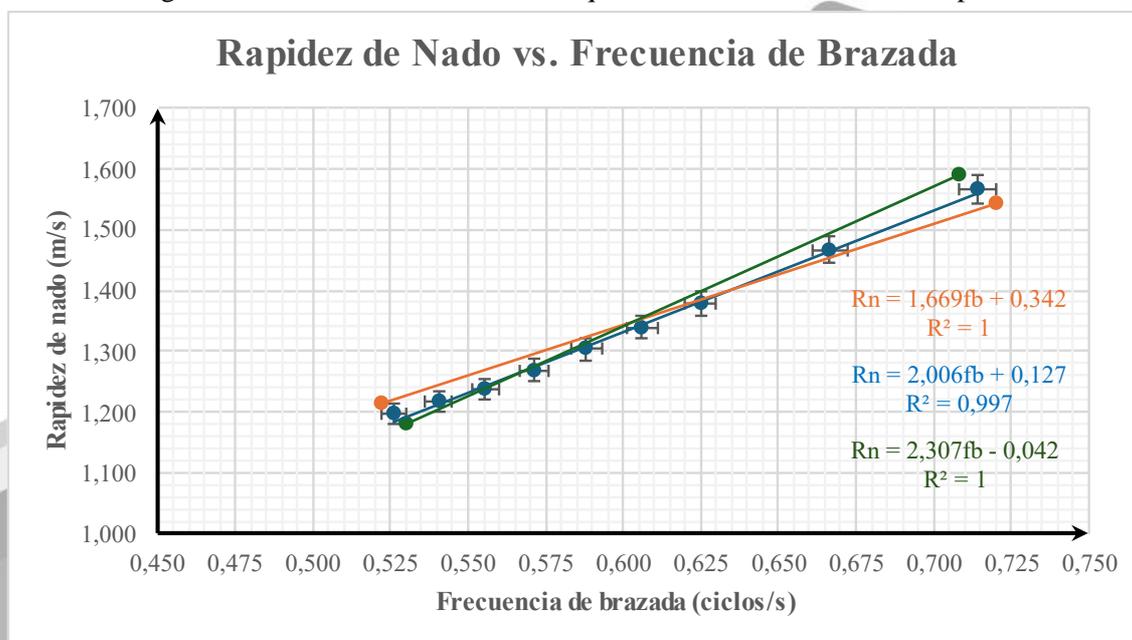


Figura 4. Rapidez de Nado vs. Frecuencia de Brazada.

Fuente: Elaborado por Bryan Valarezo Ch.

Con los resultados obtenidos de la rapidez de nado y la frecuencia de brazada se procedió a realizar a la gráfica.



Adicionalmente se trazó la recta de mejor ajuste con color azul y las rectas de máxima pendiente de color verde y mínima pendiente de color naranja.

De la recta de mejor ajuste se observa el valor de la pendiente, que en este caso es la longitud de brazada (L_b), por lo tanto, el valor de la longitud de brazada es 2,006 m/ciclo. Adicionalmente de las rectas de máxima y mínima pendiente se obtiene la incertidumbre de la longitud de brazada (ΔL_b) por medio de la Ecuación (6).

$$\Delta L_b = \frac{L_{bmax} - L_{bmin}}{2} \quad (6)$$

Por lo tanto, la longitud de brazada es de $(2,006 \pm 0,319)$ m/ciclos. Esto sugiere que la longitud de brazada tiene una incertidumbre significativa, lo que implica que hay una variación importante en los resultados de las mediciones o en la técnica del nadador que afecta la precisión de este parámetro. Sin embargo, un coeficiente de correlación cercano a uno, entonces, significa que existe una relación lineal muy fuerte entre la rapidez de nado y la frecuencia de brazada. Esto respalda la idea de que un aumento en la frecuencia de brazada está fuertemente relacionado con un aumento en la rapidez de nado.

CONCLUSIÓN, EVALUACIÓN Y RECOMENDACIÓN

Con base en lo demostrado se puede mencionar que, dentro de la consistencia de los resultados experimentales como el coeficiente de correlación, indica que existe una relación lineal fuerte entre las variables frecuencia de brazada y rapidez de nado, debido a que el R^2 es de 0,997 muy cercano a 1 lo que refleja que las mediciones obtenidas son precisas. Adicionalmente la incertidumbre asociada al valor experimental es de $\pm 0,319$ m/ciclos lo que se considera como un valor aceptable ya que su porcentaje de incertidumbre relativa es 15,880 %, lo que sugiere que, aunque los datos son precisos en términos de la tendencia lineal, hay una pequeña dispersión en las mediciones individuales, lo que reduce la precisión numérica en la estimación de la longitud de brazada. En cambio, en lo que respecta a la exactitud, comparando el valor experimental de 2,006 m/s con el valor teórico de 2,500 m/s, se observa que hay una diferencia significativa entre ambos ya que su porcentaje de error es de 19,760%, esto indica que el valor experimental es más exacto, ya que se encuentra lo bastante cerca del valor teórico.

Es importante identificar posibles fuentes de errores aleatorios y sistemáticos en el contexto de la medición de la frecuencia de brazadas y la rapidez de nado. En el caso de los errores aleatorios de un nadador en estilo libre existen varios factores que pueden contribuir a este tipo de error, entre ellos tenemos la variabilidad en la técnica de nado, como por ejemplo postura corporal, la propulsión y la hidrodinámica, es decir el nadador puede haber variado su técnica durante las diferentes mediciones y esto introduce variaciones en la frecuencia de brazadas y en la rapidez de nado, lo que contribuye a una dispersión en los datos. Otro factor por considerar son las condiciones del entorno acuático, ya que pequeñas variaciones en las condiciones del agua, como corrientes, temperatura o la resistencia del agua, pueden haber afectado de manera impredecible ya que esto causa fluctuaciones en la rapidez de nado medida, contribuyendo a los errores aleatorios. Luego tenemos las imprecisiones en la medición del tiempo obtenida por medio del analizador de video Tracker, es decir la medición de la rapidez de nado depende en gran medida de la medición del tiempo, ya que cualquier imprecisión en el tiempo de inicio o finalización puede generar variaciones aleatorias en las mediciones de la rapidez de nado. Finalmente tenemos el cansancio o fatiga del nadador ya que pueden variar a lo largo del tiempo. Si bien se intenta mantener un esfuerzo constante, es común que existan fluctuaciones en la rapidez de nado y frecuencia de brazada debido al cansancio o fatiga. En lo que respecta a los errores sistemáticos entre los factores que influyeron en la rapidez de nado, la cual podría ser mayor o menor de lo que debería ser en condiciones ideales, tenemos la resistencia del agua, su temperatura y su composición. Otro factor que afecta a las mediciones de las distancias recorridas por el nadador con el analizador de video son las marcas o puntos de referencia, modificando de manera sistemática la medición de la rapidez de nado. También tenemos el ritmo de salida y llegada de nadador, es decir si el mismo comienza la carrera con un débil o fuerte impulso esto afectara directamente a la rapidez de nado. Finalmente tenemos la fuerza de fricción con el traje del nadador ya que podría haber generado mayor o menor resistencia afectando sistemáticamente a la rapidez de nado.

En base a la evaluación de esta investigación se recomienda mantener la técnica de nado en todas las



mediciones para reducir la variabilidad en la frecuencia de brazadas y rapidez de nado, esto se puede lograr con un entrenamiento específico previo a las mediciones, donde el nadador practique mantener el mismo esfuerzo y estilo durante el experimento. También hay que estabilizar las condiciones del entorno acuático para evitar fluctuaciones en las condiciones del agua como corrientes, temperatura y resistencia, se debe asegurar que todas las mediciones se realicen en las mismas condiciones controladas para ello debe utilizar una piscina de competición estandarizada y sin presencia de otros nadadores puede minimizar los efectos del entorno sobre la rapidez del nadador. Además, se debe mejorar la medición del tiempo, de pronto se podría utilizar un equipo de cronometraje más preciso o implementar un sistema automatizado como sensores de tiempo de inicio y finalización, lo que podría reducir las variaciones en el tiempo medido. El uso de un analizador de video de alta precisión con sensores bien calibrados puede ayudar a mejorar la exactitud del tiempo y eliminar los errores humanos en la medición. Adicionalmente se debe controlar la fatiga del nadador para minimizar el efecto del cansancio, es fundamental que el nadador descanse adecuadamente entre las mediciones y que no se realicen muchas pruebas consecutivas sin pausa, esto permitirá que el nadador mantenga un esfuerzo constante en todas las mediciones y evitará fluctuaciones en su rendimiento debido a la fatiga. También se debe considerar controlar la resistencia del agua para minimizar los efectos de la resistencia del agua, es importante realizar las pruebas en condiciones controladas donde la temperatura y otras características del agua se mantengan constantes. Además, es útil que todos los nadadores usen el mismo equipo, en particular el traje de baño, para evitar que las diferencias en la fuerza de fricción del traje introduzcan un sesgo en los resultados. Además, se debe colocar con precisión las marcas de distancia en la piscina o puntos de referencia utilizados en el analizador de video, para ello debe utilizar herramientas de medición profesionales y comprobar las distancias varias veces, lo que garantizará que las mediciones de distancia y rapidez de nado aumenten en exactitud. También se debe controlar el ritmo de salida y llegada del nadador para ellos hay que instruir al nadador para que realice una salida y llegada consistentes en cada prueba lo que ayudará a reducir los sesgos sistemáticos. También se puede implementar un sistema automático de detección de salidas (como un sensor de presión en el bloque de salida) para garantizar que todas las pruebas comiencen de la misma manera. Además del equipo estándar de natación ya que el nadador debe utilizar siempre el mismo traje de baño, gorra y equipo en todas las pruebas para evitar que diferencias en el equipo, especialmente en términos de fricción o resistencia del traje, introduzcan errores sistemáticos en la rapidez de nado. Finalmente se recomienda realizar un mayor número de pruebas puede ayudar a mitigar los efectos de los errores aleatorios. Al aumentar el tamaño de la muestra, se podrá obtener un promedio más representativo y reducir el impacto de los errores en las mediciones.

AGRADECIMIENTOS

Se extiende un agradecimiento especial al nadador por su valiosa participación en la recopilación de datos, así como a los coautores Mgtr. Leonor Sánchez Alvarado y Mgtr. Bryan Valarezo Chamba, quienes fueron fundamentales para la realización de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fish, A. (2019, junio 21). *The Fine Line Between Distance Per Stroke and Stroke Rate*: <https://swimlikeafish.org/part-i-the-fine-line-between-distance-per-stroke-and-stroke-rate>
- Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D., & Tourny, C. (1996). Stroking Characteristics in Freestyle Swimming and Relationships with Anthropometric Characteristics. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(2), 197-206. <https://doi.org/10.1123/jab.12.2.197>
- Rielly, M. F., Kame, V. D., Termin, B., M.E.Tedesco, & Pendergast, D. (1990). Relationship Between Freestyle Swimming Speed and Stroke Mechanics to Isokinetic Muscle Function. *J Swim Res*, 6, 16-21.
- Simbaña-Escobar, D., Hellard, P., & Seifert, L. (2020). Influence of stroke rate on coordination and sprint performance in elite male and female swimmers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2078-2091. <https://doi.org/10.1111/sms.13786>
- Staunton, C. A., Romann, M., Björklund, G., & Born, D.-P. (2024). Streamlining performance prediction: Data-driven KPIs in all swimming strokes. *BMC Research Notes*, 17(1), 52.



<https://doi.org/10.1186/s13104-024-06714-x>

TritonWear. (2019). *Impact of Stroke Rate & DPS on Freestyle Speed*. SwimSwam. <https://swimswam.com/tritonwear-analysis-impact-of-stroke-rate-dps-on-freestyle-speed/>

Yuan, C. Z., Mo, X. H., & Wang, P. (2010). Multiple solutions in extracting physics information from experimental data. *International Journal of Modern Physics A*, 25(32), 5963-5972. <https://doi.org/10.1142/S0217751X10051153>

