

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALENCIA**

**“San Vicente Mártir”**

**PROPUESTA DE ENTRENAMIENTO EN SECO PARA LA MEJORA DEL  
RENDIMIENTO DE LAS PRUEBAS DE NATACIÓN DE VELOCIDAD DE  
ESTILO LIBRE (50 M).**

**Trabajo de Fin de Grado en CC de la Actividad Física y el Deporte**

Presentado por:

**D<sup>a</sup> BELÉN BENLLOCH MENCHERO**

Tutorizado por:

**D<sup>a</sup> ANA MARÍA DE BENITO TRIGUEROS**

Torrent, a 25 de mayo de 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, mis amigos y pareja todo su apoyo a lo largo de los cuatro años de carrera. Me motivaron a empezar de nuevo, me recordaron que nunca es demasiado tarde para retomar el rumbo, que no hay normas al respecto y que de todo se puede sacar una lectura positiva.

En segundo lugar, a todo el equipo de Qualis Training Lab, no tengo más que palabras de agradecimiento para ellos. Me han hecho evolucionar como persona y como profesional.

Por último, a mi tutora y profesora de biomecánica, Ana María de Benito, por su amabilidad, dedicación y por todas las ayudas brindadas durante la elaboración de mi TFG.

---

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1. Resumen</b>	1
<b>2. Introducción</b>	2
<b>3. Objetivos</b>	3
<b>4. Competencias</b>	4
<b>5. Metodología</b>	5
<b>6. Marco teórico</b>	7
<b>6.1. Factores biomecánicos y físicos</b>	7
<b>6.1.1. Salida</b>	8
<b>6.1.2. Nado</b>	11
<b>6.1.3. Viraje</b>	17
<b>6.2. Entrenamiento en seco</b>	18
<b>6.2.3. Evaluación del nadador</b>	25
<b>7. Descripción del programa</b>	31
<b>7.1. Evaluación inicial</b>	31
<b>7.2. Objetivos del plan de entrenamiento</b>	32
<b>7.3. Programación del entrenamiento de la fuerza</b>	32
<b>8. Conclusiones y reflexión final</b>	43
<b>9. Referencias bibliográficas</b>	44
<b>10. Anexos</b>	53

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Competencias del TFG</i> .....	4
<b>Tabla 2</b> <i>Criterios de inclusión y de exclusión</i> .....	5
<b>Tabla 3</b> <i>Cronograma del TFG</i> .....	6
<b>Tabla 4</b> <i>Criterios de puntuación para el shoulder mobility</i> .....	26
<b>Tabla 5</b> <i>Criterios de puntuación para el ASLR (FMS)</i> .....	27
<b>Tabla 6</b> <i>Rango de valores de ADM recomendados para nadadores</i> .....	29
<b>Tabla 7</b> <i>Resultados evaluación inicial</i> .....	31
<b>Tabla 8</b> <i>Escala de Borg</i> .....	34
<b>Tabla 9</b> <i>Planificación de las semanas 1 y 2</i> .....	36
<b>Tabla 10</b> <i>Planificación de las semanas 3 y 4</i> .....	37
<b>Tabla 11</b> <i>Planificación de las semanas 5 y 6</i> .....	38
<b>Tabla 12</b> <i>Planificación de las semanas 7 y 8</i> .....	39
<b>Tabla 13</b> <i>Planificación de las semanas 9 y 10</i> .....	40
<b>Tabla 14</b> <i>Planificación de las semanas 11 y 12</i> .....	41

### ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Figura 1: Salida en estilo libre (50m)</i> .....	9
<i>Figura 2: Partes de fase propulsiva</i> .....	12
<i>Figura 3: Subsistema oblicuo anterior, extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	16
<i>Figura 4: Hip thrust, extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	21
<i>Figura 5: KB swing, extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	22
<i>Figura 6: Pull up, extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	23
<i>Figura 7: Chop, extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	24
<i>Figura 8: Lift extraído de Muscle&amp;Motion</i> .....	24
<i>Figura 9: Test ADM protocolo CAR de Sant de Cugat</i> .....	28

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

CAR – Centro de alto rendimiento  
COD - Cambios de dirección.  
CMJ - Saltos con contramovimiento.  
FMS – Functional Movement Screening  
FINA- Federación internacional nacional amateur.  
FNP - Facilitación neuromuscular propioceptiva.  
KB - Kettlebell  
M - Metros  
M·s<sup>-1</sup> – Metros por segundo  
SF- Frecuencia de brazada  
SI - Eficiencia de la brazada  
SJ - Salto desde posición de sentadilla  
SL - Longitud de brazada  
SOA - Subsistema oblicuo anterior  
SOP - Subsistema oblicuo posterior  
TFG - Trabajo de fin de grado  
UA –Unidad arbitraria  
V – Velocidad



## 1. Resumen

El objetivo del presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) fue diseñar una propuesta de entrenamiento en seco para la mejora del rendimiento en la prueba de velocidad de un nadador de 2ª división de estilo libre (50m) en la pretemporada. Para poder desarrollar esta propuesta se elaboró un marco teórico, cuyo enfoque principal fue esencialmente defender el rol clave y fundamental de la biomecánica para elaborar una buena planificación de la preparación física fuera del agua. Se determinó la influencia del entrenamiento en seco en el rendimiento de la natación, tanto en las fases cíclicas del nado de crol como en las acíclicas de salida y viraje. Para ello, se identificaron los factores físicos y biomecánicos del estilo libre principales en el rendimiento. Se analizaron con detalle las fases de la prueba donde el velocista aplica fuerza y después, se establecieron las pautas básicas de trabajo específico para cada una de ellas. Una vez terminado el marco teórico, se desarrolla la propuesta teniendo en cuenta los hipotéticos resultados obtenidos en una evaluación inicial, y por tanto en función de las necesidades y déficits del nadador, se eligieron los tipos de ejercicios, de trabajo y de manifestación de la fuerza más convenientes para mejorar su marca en la prueba.

**Palabras clave:** Biomecánica, fuerza específica, rendimiento, natación y crol.

## **2. Introducción**

El rendimiento en las pruebas de velocidad de la modalidad deportiva de la natación depende de parámetros biomecánicos, energéticos y de fuerza (Morais et al., 2014). Ahora bien, su importancia dependerá de la distancia de la prueba, siendo esencial el parámetro de la fuerza y principalmente el término de potencia en las pruebas de velocidad (Argüelles & Caynzos, 2014). Para los fondistas, el factor fuerza también será fundamental porque su rendimiento está relacionado con la capacidad para mantener los niveles de fuerza durante mayores periodos de tiempo (Amaro et al., 2017).

Por otro lado, un nadador velocista no sólo aplica fuerza dentro del agua sino fuera también fuera de ella. La prueba de velocidad de 50 m se compone de 2 partes, salida y nado, mientras que la de 100 m añade el viraje. Cada una de estas partes tiene su importancia (Smith et al., 2002), por lo tanto es fundamental trabajarlas de manera específica para lograr mejoras en el rendimiento.

En los últimos años, el fortalecimiento fuera del agua se presenta como una propuesta alternativa de preparación específica, por ello, se han realizado investigaciones sobre la influencia del entrenamiento en seco en el rendimiento de la natación tanto en las fases cíclicas del nado (Morouço et al., 2011), como en las acíclicas de salidas y virajes (West et al., 2011). Cada día se pone de manifiesto la importancia y necesidad de una buena preparación física fuera del agua para los nadadores. Según algunos autores, existe una correlación directa entre la velocidad de nado y la fuerza de brazos y hombro (Amaro et al., 2017), debido a las mejorías que se producen en la longitud de brazada y en la frecuencia de nado (Morais et al., 2018). Además, una buena movilidad de hombro proporciona al velocista de crol un codo alto, principal responsable de la potencia en el nado (Scott & Scott, 2015).

El entrenamiento en seco del nadador especialista de pruebas de velocidad va a ser, por tanto, el foco de atención y punto de partida del trabajo que aquí se presenta.

Tras esta breve introducción, se da paso a los objetivos perseguidos con la elaboración de este trabajo final de grado (TFG), las competencias abordadas en su desarrollo, la metodología seguida para su confección, el marco teórico en donde se analizarán en primer lugar los factores biomecánicos y físicos relacionados con el rendimiento en las pruebas cortas, analizando cada fase de la prueba: salida, nado y viraje y en segundo lugar, la relación entre esos factores y el entrenamiento en seco. Posteriormente, se plantea una propuesta de entrenamiento para la mejora del rendimiento en la prueba de 50 m de estilo libre. Finalmente se presentan las conclusiones, la bibliografía utilizada para la elaboración del trabajo y los anexos.

### **3. Objetivos**

El objetivo general de este TFG se centra en diseñar un plan de entrenamiento en seco para mejorar el rendimiento de un velocista de estilo libre en la prueba de 50m.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los factores biomecánicos relacionados con la mejora del rendimiento de los nadadores velocistas en estilo libre.
- Estudiar la aplicación de fuerzas en las fases de la prueba: salida, nado y viraje.
- Conocer las pautas básicas para entrenar las fases de la prueba: salida y nado.
- Conocer los efectos del entrenamiento en seco en el rendimiento de las pruebas cortas de estilo libre.

#### 4. Competencias

Las competencias de este TFG se presentan en la Tabla 1. Se ha intentado ponderar su importancia dentro del mismo, con una escala de 1 a 4. En la que 1 es “poco importante” y 4 “muy importante”.

**Tabla 1**

*Competencias del TFG*

Competencia	Comentarios	Importancia			
		1	2	3	4
<b>CG1.</b> Comprender la literatura científica en lengua inglesa y en otras lenguas de presencia significativa en el ámbito científico mediante una correcta gestión de la información.	La mayoría de los artículos están en lengua inglesa.		X		
<b>CG5.</b> Planificar y organizar cualquier actividad eficientemente.	Es fundamental para cumplir plazos.			X	
<b>CE9.</b> Conocer y comprender los fundamentos del deporte.	Es fundamental conocer los requisitos físicos y energéticos para la planificación.				X
<b>CE12.</b> Planificar, desarrollar y controlar el proceso de entrenamiento físico y deportivo en sus distintos niveles y ámbitos.	Es el objetivo del trabajo, realizar una intervención para mejorar el rendimiento del velocista.			X	
<b>CE13.</b> Aplicar principios fisiológicos, biomecánicos, comportamentales y sociales, a los diferentes campos de la actividad física y el deporte.	La base del trabajo se basa en principios fisiológicos y biomecánicos.			X	

## 5. Metodología

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica de artículos que comprenden entre 2000 y 2020. Sin embargo, se ha considerado incluir artículos más antiguos por su relevancia. Además, se ha utilizado principalmente como base de datos para la búsqueda de artículos Pubmed, donde los artículos se encuentran mayoritariamente en lengua inglesa. También, en menor medida, se utilizaron otras fuentes documentales como Google Scholar, ResearchGate y Digibug.

Las palabras claves que se utilizaron para la búsqueda fueron las siguientes: *“Biomechanical analysis of the swim-start”*, *“The biomechanics of freestyle turn technique”*, *“Biomechanics factors of swimming performance”*, *“Dryland”*, *“Strength training in swimmers”*, *“Relationship between dryland strength and swimming performance”* y *“functional movement screening”*

A continuación, en la Tabla 2, se detallan en la siguiente tabla los criterios de inclusión y exclusión para la criba de los artículos:

**Tabla 2**

*Criterios de inclusión y de exclusión*

<b>Criterio de inclusión</b>	<b>Criterio de exclusión</b>
Artículos que trataran sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomecánica de la técnica de crol.</li> <li>• Biomecánica de la salida y del viraje.</li> <li>• Factores de rendimiento de pruebas cortas.</li> <li>• Efectos del entrenamiento en seco.</li> <li>• Fuerza y acondicionamiento en natación.</li> <li>• Evaluación de deportistas.</li> </ul>	Artículos que trataran sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas de mediofondo.</li> <li>• Pruebas de fondo.</li> </ul>

Además, en la Tabla 3 se especifica el cronograma que se siguió para la realización del TFG.

**Tabla 3**

*Cronograma del TFG*

<b>Pasos</b>	<b>Fechas</b>
Elaboración objetivos y guion del marco teórico.	Del 02/03/2020 al 05/03/2020.
Búsqueda bibliográfica.	Del 06/03/2020 al 15/03/2020.
Elaboración marco teórico y metodología.	Del 16/03/2020 al 10/04/2020.
Elaboración propuesta.	Del 11/04/2020 al 03/05/2020.
Elaboración resumen, introducción, conclusiones y referencias bibliográficas.	Del 04/05/2020 al 15/05/2020.
Formato y normativa APA.	Del 16/05/2020 al 24/05/2020.
Entrega TFG al tutor.	25/05/2020

---

## 6. Marco teórico

Los factores biomecánicos relacionados con el rendimiento de la natación son fundamentales para el entrenador (Barbosa et al., 2010). Una forma efectiva de entrenar a un deportista es mediante la identificación de los factores principales de rendimiento y establecer una relación entre esos factores y el programa de entrenamiento diseñado (Vescovi et al., 2011; Barbosa et al., 2010; Figueiredo et al., 2016). En la natación, la biomecánica juega un rol clave (Figueiredo et al., 2016) y está fuertemente relacionada con los programas de entrenamiento.

Para el desarrollo de este apartado, en primer lugar, se analizará la interacción entre rendimiento y biomecánica en las pruebas cortas de natación de estilo libre, atendiendo a las fases que la componen: salida, nado y viraje. Después, se establecerá una relación entre esos factores con el entrenamiento en seco, explicando las pautas básicas de entrenamiento para cada fase. Por último, se mostrará la evaluación que sería necesaria realizar para conocer el punto de partida del nadador.

### 6.1. Factores biomecánicos y físicos de las pruebas de natación de velocidad

Antes de comenzar, es necesario realizar una pequeña aclaración de conceptos previos: El crol no es un estilo reconocido por la federación internacional de natación amateur (FINA), sino que ésta considera las pruebas de “estilo libre” que implica nadar con cualquier técnica. Naturalmente, todos los deportistas utilizan la técnica más rápida en la ejecución de dichas pruebas y esa técnica, es el crol (Arellano, 1992).

Dicho esto, las pruebas de velocidad de estilo libre (50 m y 100 m) están compuestas de tres partes: salida, nado y viraje. A continuación, vamos a analizar los requerimientos físicos y biomecánicos, que necesita, en cada una de ellas, el velocista.

### 6.1.1. Salida

La salida en las pruebas de natación queda definida desde el inicio de la señal hasta cuando la cabeza del nadador alcanza los 15 m (Tor et al., 2015). La salida está estrechamente vinculada al rendimiento en las pruebas de natación, especialmente en las cortas (Tor et al., 2015). Según Bishop et al. (2013), dependiendo de la distancia, esta parte puede suponer entre un 1-30% del total del tiempo de la carrera, siendo de un 30% para las pruebas de 50 m y de 15% para las de 100 m. Además, la salida es fundamental porque la velocidad horizontal alcanzada es aproximadamente de  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , la velocidad de vuelo es el doble de la velocidad media máxima de nado a crol ( $2,39 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (Cossor & Mason, 2001).

La salida se divide en tres subfases: la fase en el bloque, la fase de vuelo y la fase subacuática. La fase en el bloque es el tiempo que comprende todas las acciones del nadador, desde la señal inicial hasta que éste, gracias a su propio impulso, deja de estar en contacto con el bloque. La fase de vuelo supone el tiempo desde el despegue hasta la entrada de la cabeza en el agua y por último, la fase subacuática, la más larga, comprende el tiempo durante el cual el nadador se encuentra debajo del agua hasta que reaparece sobre la superficie para empezar a nadar a estilo libre (Vantorre et al., 2014)

Según Vantorre et al. (2010), se considera que para realizar una buena salida, los nadadores deben maximizar la velocidad horizontal generada durante la fase en el bloque y disminuir, en la medida de lo posible, la pérdida de velocidad durante la fase subacuática.

#### a) Fase en el bloque

En esta primera fase, los nadadores deben optimizar dos acciones distintas: una reacción rápida a la señal de inicio y un elevado impulso generado sobre el bloque de inicio (Benjanuvattra et al., 2007). El tiempo de reacción debe ser lo más breve posible, mientras que el movimiento en el bloque debe durar lo suficiente para maximizar el impulso del nadador, lo que le permitiría alcanzar una alta velocidad horizontal en el despegue y también en la entrada de agua (Benjanuvattra et al., 2007), logrando así un ángulo plano en dicha entrada (Vantorre et al., 2014) y una menor resistencia del agua.

Por lo contrario, un tiempo reducido en el bloque puede provocar efectos negativos en la generación de fuerza, debido a la obtención de un impulso menor. En otras palabras, se debe pasar el suficiente tiempo en el bloque para generar el mayor impulso posible, pero sin pasar demasiado tiempo para evitar ser “dejado atrás”.

Por otro lado, una de las estrategias utilizadas en la actualidad para disminuir el tiempo en el bloque, sin poner en riesgo la velocidad horizontal, es la elevación del pie trasero (Thng et al., 2019). Esta estrategia dio pie a la modificación de la posición de salida del nadador y permite la aplicación de la fuerza en una dirección más horizontal, como podemos observar en la Figura 1.



Figura 1: Salida en estilo libre (50m)

Otra manera de aumentar el impulso sería, obviamente, aumentar la fuerza muscular y la potencia del miembro inferior del cuerpo, pero sin dejar de tener en cuenta que dicha fuerza o potencia se desarrollan en esta fase. En la literatura científica, se ha intentado relacionar la mejora del rendimiento en la salida con el salto vertical sin ningún resultado (Born et al., 2020). Ambas acciones, salida y salto vertical, se han descrito como movimientos balísticos con acciones similares. No obstante, la mejora en uno no conduce automáticamente a una mejora en el otro (Benjanuvattra et al., 2007). Según Fernández et al. (2015) no hay relación entre la ejecución de saltos con contramovimiento (CMJ) verticales y el arranque en la salida de natación.

Una distinción clave entre las dos acciones es la dirección que toma la fuerza aplicada. En la salida, tiene lugar en dirección horizontal, mientras que en los saltos toma una dirección prioritariamente vertical. Las interacciones entre segmentos de extremidades y patrones de reclutamiento musculares son diferentes en cada acción.

Benjanuvattra et al. (2007) establecieron, tras analizar la salida, que el trabajo realizado por la musculatura de la cadena posterior de la cadera era fundamental en la fase de impulso.

La cadena posterior se divide en el subsistema longitudinal profundo y el subsistema oblicuo posterior (SOP), esenciales para la transferencia de fuerza desde el suelo, hasta la parte superior del cuerpo (Boyle, 2018) (figura 2). Analizando la ejecución de la salida, se observa que ambos subsistemas se encuentran en una situación de pre-estiramiento para posteriormente ser capaces de producir gran cantidad de fuerza a través de la contracción muscular concéntrica.



*Figura 2: Subsistema oblicuo posterior, extraído de Muscle&Motion*

### **b) Fase de vuelo**

En esta segunda fase, los velocistas necesitan recorrer la máxima distancia y además, entrar al agua con un ángulo plano, ya que favorece una entrada más rápida y con menor fricción (Vantorre et al., 2014). En concreto, los nadadores de velocidad sacrifican distancia de vuelo en busca de un ángulo plano de entrada. Este ángulo está fuertemente influenciado por la fase de bloque: a mayores tiempos de impulso mayores ángulos de despegue y entrada (Maglischo, 2003, extraído de Vantorre et al.,2014).

Sin embargo, la tarea del nadador durante la fase de vuelo no es simplemente recorrer la mayor distancia posible. Vantorre et al. (2014) afirmaron que los nadadores deben, además, producir suficiente impulso angular para conseguir una entrada limpia al

agua, lo que implica el suficiente tiempo para rotar mientras están en la fase de vuelo para entrar en el agua a través de un pequeño agujero.

**c) Fase subacuática**

Después de la entrada al agua, se produce la fase subacuática en la que el nadador adopta una posición hidrodinámica para intentar mantener la velocidad adquirida el mayor tiempo posible (aproximadamente 6m) propulsándose con patada mariposa hasta la marca de 15 m de acuerdo con las normas establecidas por la FINA (Arellano, 1992). El rendimiento de la prueba se ve directamente influido por la velocidad bajo el agua, por lo que es crucial disminuir la pérdida de ésta debida a la aparición de las resistencias hidrodinámicas al avance.

En resumen, podríamos decir que el rendimiento del inicio de la prueba de velocidad depende en gran medida de la capacidad de generar fuerza a la hora de impulsarse, ya que esta acción afecta directamente a las siguientes.

**6.1.2. Nado**

Según Arellano (1992), el crol podría definirse como “una forma de desplazamiento humano en el agua caracterizada por una posición ventral del cuerpo y el movimiento alternativo y coordinado de las extremidades superiores e inferiores, siendo el movimiento de las primeras una circunducción completa y en el de las segundas un batido, con una rotación de la cabeza, coordinada con los miembros superiores para realizar la inspiración”. Además, el ciclo queda definido por un movimiento completo realizado por las extremidades superiores y por un número variable de batidos ejecutado por las extremidades inferiores.

### a) Análisis de las extremidades superiores en la brazada

El movimiento de la brazada en el estilo crol es alterno y se distinguen tres fases principales. En primer lugar, la fase aérea o recobro donde el brazo se encuentra fuera del agua y supone alrededor del 24% del tiempo de este movimiento (Rodríguez-Esparza et al., 2017). En el caso del velocista, el recobro se realiza sin rotación del tronco (rolido), por lo que no se considera un gesto técnicamente eficiente. La eficiencia se define como la relación entre la distancia recorrida y el número de brazadas realizadas para ello por unidad de tiempo. Dicha rotación aporta una potencia extra tanto a la brazada como a la batida de la extremidad inferior. No obstante, un velocista no utiliza ese recurso ya que implicaría mayor distancia a recorrer por el brazo y, por tanto, mayor tiempo para ello. Esto implica que cada brazada empuja menos agua que los nadadores de distancias más largas, sin embargo lo compensa con una frecuencia más elevada de brazadas (Arellano, 1992). Además, el ahorro de tiempo en el recobro le hace ganar más tiempo para invertir en la propulsión.

Otra diferencia entre la brazada de velocidad y de fondo en la fase aérea, es la movilidad de hombro. Un velocista requiere de una mayor movilidad que un fondista puesto que necesita contrarrestar la falta del rolido y conseguir, sin embargo, elevar al máximo el codo para recorrer su longitud de brazada en menos tiempo (Weldon & Richardson, 2001). La hipermovilidad del hombro supone, en estos deportistas, una ventaja mecánica.

Después de la fase aérea, se encuentra la fase de deslizamiento (entrada y extensión) y la propulsiva, ambas suceden con el brazo dentro del agua y suponen el 76% del tiempo de la brazada. La acción propulsiva está constituida por tres partes: Agarre, tirón y empuje (Rodríguez-Esparza et al., 2017), éstas se pueden ver en la Figura 3.

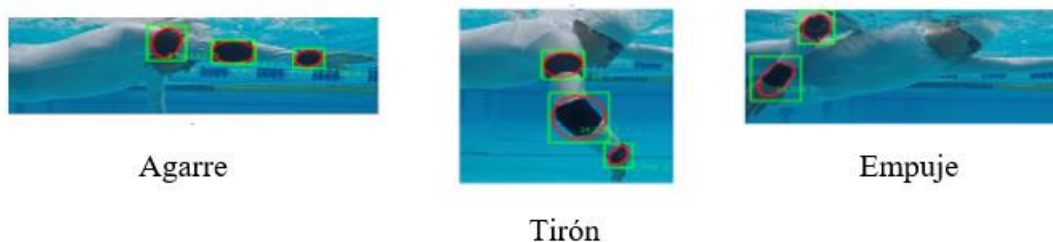


Figura 3: Partes de fase propulsiva

En el agarre, se realiza una progresiva flexión de muñeca y de codo, rotando además internamente el húmero, de este modo la mano desciende con más velocidad que el codo adoptando una posición de “codo alto”. Esta postura provoca que tanto la palma de la mano como la del antebrazo se dirijan hacia atrás, generando una fuerza de sustentación gracias a que el agua circule por delante y detrás de la mano y antebrazo (Arellano, 1992). Esta fase se considera preparatoria ya que la fuerza aplicada será mucho mayor más adelante. El nadador que intente aplicar más fuerza de la necesaria en el agarre sólo conseguiría un aumento de la resistencia del agua al provocar movimientos verticales (Arellano, 1992).

En el tirón, se empieza a generar una fuerza propulsiva notable. El brazo se mueve de forma diagonal hacia dentro de manera que se coloca debajo de la línea media del cuerpo y provoca un desplazamiento del tronco hacia adelante. El movimiento pasa a de ser casi aislado de la mano y antebrazo, a toda la extremidad superior participando músculos del hombro, principalmente pectoral mayor y dorsal ancho, permitiendo la posición de “codo alto” (Toussaint & Beek, 1992). El codo durante este movimiento se flexiona progresivamente finalizando entre 90° y 120°. Los velocistas se caracterizan por flexiones menores (mayores ángulos en el codo) que los nadadores fondistas (Arellano, 1992). La flexión del codo disminuye la distancia entre el hombro y el punto de aplicación de la fuerza (mano) por lo tanto se disminuye así el momento de fuerza. Por lo tanto, el brazo de palanca de un velocista es máximo (la distancia entre hombro y mano es la máxima posible) y sólo podrá conseguir más fuerza propulsiva si aumenta la fuerza ejercida por su musculatura (Toussaint & Beek, 1992).

En el empuje, la última fase propulsiva del estilo crol, el movimiento del brazo es ascendente (Arellano, 1992). En esta fase, la mano se dirige hacia fuera y el brazo se extiende, pero sin completar una extensión total para no perder capacidad propulsiva. En esta fase, la mano logra su máxima velocidad respecto al cuerpo. Esto, junto al ángulo de ataque correcto permite alcanzar el punto máximo de fuerza propulsiva (Heinlein & Cosgarea, 2010).

### **b) Coordinación entre extremidades superiores**

Según Arellano (1992), un brazo entra en el agua cuando el otro está terminando la fase del tirón. Ese hecho permite que la fuerza de propulsión generada sea eficaz, puesto que el brazo que entra en el agua sirve de apoyo estabilizando el cuerpo y presentando una menor resistencia de fricción. El ángulo que forman los dos brazos está alrededor de 90°. No obstante, es cierto que este ángulo es variable en función de las características del nadador. Por ejemplo, un velocista tiende a tener un ángulo entre brazos menor de 90° y fondistas mayores de 90°. Al final, un nadador de pruebas de velocidad quiere invertir más tiempo en la fase de propulsión. Entonces, cuanto menor sea la distancia entre brazos antes estará en esta fase.

### **c) Fuerza propulsiva de la brazada**

En la técnica crol, la brazada representa el 80% de la propulsión (Arellano, 1992). Por lo tanto, la acción del miembro superior determina en gran medida la velocidad del nadador. El objetivo en la competición es nadar una determinada distancia en el menor tiempo posible. Siendo, la velocidad media de natación la mejor medida para el rendimiento (Barbosa et al., 2008) definida como:

$$v = SL \times SF$$

Donde  $v$  es velocidad media,  $SL$  es longitud de brazada y  $SF$  es frecuencia de brazada.

Por lo tanto, la biomecánica de la brazada tiene un gran impacto en el rendimiento, sobre todo en pruebas de velocidad (Morais et al., 2018). En las pruebas cortas, la disminución de  $v$  está relacionada con la disminución de  $SF$ , la  $SL$  sufre menos variabilidad. Esto se debe a la eficiencia de la brazada ( $SI$ ) del velocista. Barbosa et al (2008) la definen como:

$$SI = SL \times v$$

Donde  $SI$  es eficiencia de brazada,  $SL$  es longitud de brazada y  $v$  es velocidad media.

Como vimos anteriormente, en el caso de un velocista esta eficiencia es baja, puesto que tiene una longitud de brazada baja y una alta frecuencia. Por lo tanto, cabe esperar que el rendimiento del nadador vendrá condicionado por la aparición de una fatiga que incidiría antes sobre la SF que sobre la SL.

#### **d) Análisis del movimiento de las extremidades inferiores**

Según Arellano (1992), el movimiento de las extremidades inferiores en crol se denomina batido y es un desplazamiento vertical alterno de los pies. Los principales movimientos se producen hacia abajo y hacia arriba debido a la acción de flexoextensión de la cadera. Esto distingue dos fases en el batido: descendente y ascendente. Estas fases ocurren de manera simultánea y alterna, ya que cuando una extremidad asciende, la otra desciende.

En la fase descendente, el movimiento comienza con la flexión de cadera a la vez que se flexiona la rodilla. En este movimiento, la flexión de rodilla se ejecuta de forma pasiva, ya que es la acción de la resistencia del agua la que la flexiona. Cuando la rodilla alcanza su profundidad máxima, se produce una extensión de esta articulación, provocando el descenso de la pierna y el pie, este último en flexión plantar y supino. Un alto grado de flexibilidad de la articulación del tobillo supone una ventaja mecánica, puesto que proporciona un mejor ángulo de ataque y por lo tanto una mayor propulsión (Arellano, 1992).

En la fase ascendente, la extremidad inferior se encuentra extendida en su máxima profundidad. En este momento, se produce una extensión de cadera que conlleva la elevación de la pierna de manera extendida por la propia resistencia del agua hasta que el talón sobrepasa la superficie del agua. El movimiento descendente es menos propulsivo que el ascendente (Arellano, 1992).

#### **e) Análisis de la coordinación entre los miembros inferiores y superiores**

Según Arellano (1992), el estilo crol es el que más variantes coordinativas tiene. A cada acción de las extremidades superiores las extremidades inferiores realizan una o varias acciones. En el caso de pruebas largas, los fondistas recurren a la coordinación más sencilla: el dos tiempos; cuando un brazo realiza un ciclo, la pierna del mismo lado realiza

un único movimiento ascendente y descendente. No obstante, en el caso de las pruebas cortas, suele presentarse el “seis tiempos” o “cuatro tiempos”. La primera se define por una alta propulsión debido al número elevado de ciclos de batido realizado por brazada. La segunda es un punto intermedio entre la de dos tiempos y la de seis tiempos.

Además, analizando la coordinación entre la brazada y la patada, se observa que la patada y la brazada deben ser cruzadas. Por lo tanto, la generación de potencia viene determinada de nuevo por la musculatura que conforma el SOP: el glúteo mayor y el dorsal ancho contralateral (Pool-Goudzwaard et al., 1998) y la unión de estos dos músculos, que se produce gracias a la capa posterior de la gruesa fascia toracolumbar (FTL). El trabajo de este subsistema, junto con el subsistema oblicuo anterior (SOA) (Figura 4) formado por el pectoral mayor, el recto abdominal y el aductor largo, es imprescindible en el ámbito deportivo en general (Myrtos, 2012), y en la ejecución de este movimiento en particular.

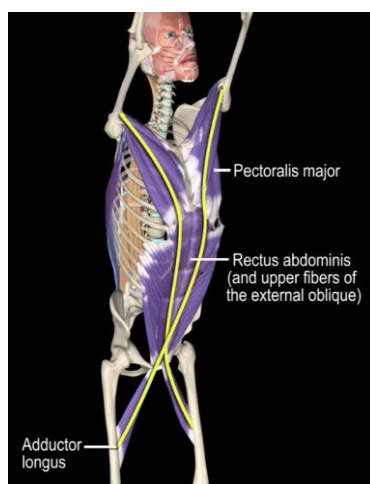


Figura 4: Subsistema oblicuo anterior, extraído de Muscle&Motion

Durante la fase aérea, el SOP del brazo que realiza el recobro se contrae, estabilizando también el sistema lumbopélvico, mientras que el SOA realiza un movimiento excéntrico y almacena energía elástica para luego utilizarla en la fase de propulsión.

### 6.1.3. Viraje

El viraje tiene como objetivo cambiar el sentido del desplazamiento en el menor tiempo posible, de tal manera que la pérdida de velocidad sea mínima (Morais et al., 2018). Entendiendo el menor tiempo posible como el tiempo óptimo necesario para aplicar la fuerza en el impulso con la pared. El impulso se define como el efecto general de una fuerza que actúa con el tiempo, su fórmula es la siguiente:

$$I = F \times \Delta t$$

Donde  $F$  es fuerza y  $\Delta t$  es variación de tiempo

Así pues, el nadador tiene dos formas de conseguir un impulso efectivo. La primera, empleando una gran fuerza en un breve lapso de tiempo, es decir el nadador realiza un pliegue apretado y una extensión rápida de rodillas y caderas hacia la pared, antes de contactar, en otras palabras, ejecuta un gesto similar a un salto desde posición de sentadilla (SJ) contra la pared para propulsarse y comenzar el nado en sentido contrario (Weimar et al., 2019). La segunda técnica de empuje es similar a un salto vertical. En este caso, el nadador gira, toca la pared con los pies y continúa avanzando hacia la pared doblando las rodillas para posteriormente propulsarse, es decir ejecuta una fuerza menor durante un tiempo de contacto mayor. Esta acción motriz podría simular la ejecución de un CMJ.

En un principio, la literatura apoyaba que un impulso más rápido ayudaría a aprovechar mejor la energía explosiva generada por la contracción concéntrica de los extensores de la extremidad inferior. Pero más adelante, se vio que los CMJ logran mayores alturas de salto que los SJ utilizando la energía de deformación elástica (Wade et al., 2018). Por lo tanto, la ejecución de esta técnica podría lograr mayor velocidad de deslizamiento tras el viraje.

Un salto vertical tiene tres fases: descarga, excéntrica y concéntrica (Barker et al., 2018). La diferencia y la ventaja del viraje cuando es ejecutado como un CMJ es que carece de la fase de descarga. No existe un intervalo de tiempo donde la energía potencial se convierte en energía cinética, que posteriormente se utiliza en la fase excéntrica para desarrollar energía elástica (Barker et al., 2018). La literatura afirma que cuanto más

rápido baja la posición del centro de masa, mayor altura de salto se consigue posteriormente (Harry et al., 2018). Por lo tanto, en el viraje con contramovimiento es fundamental que el centro de masa del nadador alcance la posición más cercana a la pared, para obtener así el mayor “salto” (Harry et al., 2018). Esto sugiere la importancia de la velocidad con la que un nadador se acerca a la pared, ya que será clave en el desarrollo de la energía de deformación elástica.

En estudios realizados a nadadores de alto nivel, el tiempo del viraje resultó ser, después de la velocidad del nado, la variable con más alta correlación con el rendimiento de la prueba (Morais et al., 2019). Se concluyó que la importancia del viraje era inversamente proporcional a la distancia de la prueba, llegando a superar el 50% en piscina de corta distancia (25m) y el 20% en piscina larga (50m). En otras palabras, una disminución de tiempo en el viraje va a reducir el tiempo total de la prueba, sustancialmente en las pruebas de velocidad (Novais et al., 2012). Según Cossor y Mason (2001), la salida y el viraje representan 40 m en las pruebas sprint de 100 m. Por lo tanto, se afirma que en la prueba de 50 m los factores determinantes son la salida y la velocidad de nado y en la prueba de 100 m, son la salida, el giro y la velocidad de nado (Morais et al., 2019).

Según Vantorre et al. (2014), los velocistas (100 m) no son los más rápidos girando comparado a los fondistas (800 m y 1500 m). Esto se debe a las dos técnicas diferenciadas que utilizan para el impulso, el velocista busca el menor tiempo posible en la pared para utilizarlo en el nado en cambio el fondista busca ahorrarse nado. La velocidad de deslizamiento de los fondistas es mucho mayor que los velocistas. Sin embargo, como hemos explicado anteriormente el impulso se logra de dos maneras.

## **6.2. Entrenamiento en seco de las pruebas de velocidad**

El entrenamiento en seco nació a finales del siglo XX con bastante controversia, ya que, inicialmente, se consideraba que el entrenamiento de fuerza fuera del agua no era esencial para la mejora del rendimiento en natación (Toussaint & Beek, 1992). Según la revisión bibliográfica de Moreno y Carmona (2013) no existía una transferencia

demostrada del entrenamiento en seco al rendimiento en nado. Su teoría defendía que sólo se mejoraba el rendimiento gracias a ejercicios específicos dentro del agua. Sin embargo, el entrenamiento de la fuerza ha ido evolucionando hasta convertirse en un factor principal del rendimiento en esta disciplina (Barbosa et al., 2010) ya que esta capacidad física se considera esencial para la calidad de las acciones propulsivas.

Actualmente, se ha podido demostrar que desarrollar una buena planificación del entrenamiento en seco es fundamental para lograr un rendimiento óptimo del nadador dentro del agua (Pérez-Olea et al., 2018). Además, hay estudios como el de Sadowski et al. (2012) que han demostrado una fuerte correlación entre la fuerza de la extremidad superior y el rendimiento en natación de sprint de 25m y 50m.

¿Por qué entonces existen tantas discrepancias respecto al uso del entrenamiento en seco? A pesar de estos estudios, hay otros que manifiestan que existen beneficios pero que estos no se manifiestan sin un período de adaptación dentro del agua (Amaro et al., 2017) o que sólo son útiles si se combinan con trabajo en agua (Aspenes et al., 2009). El debate, por tanto, no versa sobre su inclusión en el entrenamiento, puesto que los beneficios del entrenamiento de la fuerza han quedado más que demostrados (Izquierdo-Gabarren et al., 2010). Para García-Pallarés e Izquierdo (2011) el problema reside en el enfoque que se ha dado al entrenamiento de esta capacidad, priorizando el entrenamiento de músculos y no de movimientos. La falta de análisis de los requisitos físicos que necesita el deportista para la mejora de la prueba de competición y el desconocimiento de los factores que mejoran el rendimiento, están detrás de este rechazo (Figueiredo et al., 2016).

En definitiva, el entrenador debe analizar la prueba de competición y al deportista para conocer los requerimientos físicos y plantear el plan de entrenamiento (Boyle, 2017). Además, debe saber identificar los ejercicios que puedan contribuir a mejorar los movimientos específicos de la competición (Loturco et al., 2018).

A continuación, se hace un desarrollo de las pautas del entrenamiento específico en función de las diferentes fases que componen la prueba de natación de velocidad de 50 m. El viraje queda excluido pues la mayoría de las competiciones de esta distancia suelen realizarse en piscina larga, por lo que dicho elemento no se llega a ejecutar.

### **6.2.1. Entrenamiento en seco de la salida**

Como dijimos anteriormente, en la salida se busca fundamentalmente aumentar el impulso del nadador en su componente horizontal. Cualquier mejora en este aspecto del rendimiento de natación podría tener un impacto significativo en el éxito general de la carrera, más cuando los márgenes ganadores son tan pequeños como 0,01 segundos en el caso de los velocistas (Arellano & Ruíz, 2016).

Para ello, se puede plantear el entrenamiento atendiendo a dos premisas: ganancia de fuerza explosiva de la extremidad inferior en general, y mejora de la aplicación de fuerza imitando el gesto específico de esta fase.

#### **a) Entrenamiento de la Fuerza explosiva, a través del método pliométrico**

La pliometría es un medio para desarrollar la fuerza máxima y la potencia explosivo-reactiva, por lo que es un gran recurso dentro de los deportes que requieren movimientos rápidos y explosivos (Bishop et al., 2009). Además, cabe destacar que el éxito del entrenamiento depende de la introducción de movimientos específicos del deporte con una frecuencia y una intensidad apropiada (Thng et al., 2019). Los efectos del entrenamiento pliométrico en el rendimiento de la salida han sido ampliamente evaluados. La literatura científica afirma que el entrenamiento pliométrico reduce el tiempo de impulso en la fase del bloque y que además aumenta la distancia recorrida de la fase aérea (Bishop et al., 2013). Rebutini et al. (2016) proponen, para la mejora de la salida, utilizar series pliométricas de saltos horizontales, buscando con ello proporcionar un estímulo equivalente que imita las demandas de los requerimientos reales de la salida.

#### **b) Entrenamiento de la Fuerza específica, a través de ejercicios similares al gesto deportivo específico**

Para incrementar la fuerza y la potencia del miembro inferior, en general, los ejercicios más utilizados son la sentadilla, el peso muerto y los levantamientos olímpicos (Zweifel, 2017). Estos ejercicios son recurrentes en los entrenamientos de fuerza para mejorar el rendimiento en acciones deportivas como el sprint, los cambios de dirección (COD) y los saltos. Estos levantamientos han sido apoyados por la literatura científica (Comfort et al., 2014), pero pueden tener limitaciones en la transferencia a todas las

acciones deportivas (Contreras et al., 2013), ya que la carga se aplica verticalmente al cuerpo. Los movimientos cargados de forma horizontal son más beneficiosos para acciones como la aceleración, sprint o salto horizontal, como es el caso de la salida (Zweifel, 2017).

Según Zweifel (2017), los ejemplos de ejercicios que trabajan la fuerza priorizando el eje horizontal y sus recomendaciones para ganancia de fuerza son los siguientes:

- 1) *Hip thrust*: Se comparó el *hip thrust* (figura 5) con el *back squat* y se demostró que el *hip thrust* activó en mayor medida el glúteo mayor y la musculatura de los isquiosurales, músculos encargados de la extensión de la cadera (Contreras et al., 2016).



Figura 5: Hip thrust, extraído de Muscle&Motion

- 2) *Kettlebell (KB) swing*: Es una alternativa a los levantamientos olímpicos (ver figura 6) y permite una explosiva extensión de cadera (Lake & Lauder, 2012). Este movimiento se debe realizar a altas velocidades durante 3-6 series con 5-12 repeticiones y una recuperación adecuada 90-120 segundos entre series, durante semana 6 semanas para obtener mejoras en la extensión de la cadera en acciones de vector horizontal. La explosividad de este ejercicio es un gran recurso para mejorar la salida, puesto que la aceleración rápida de la KB a través del movimiento de la cadera se acompaña de una activación de los músculos de la cadena posterior como de los músculos centrales.

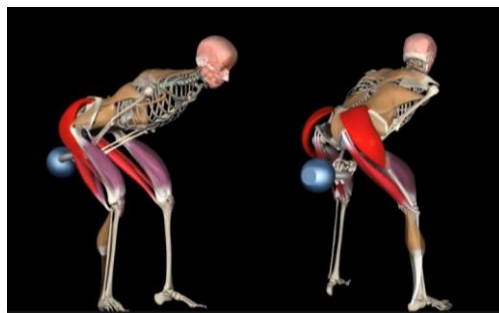


Figura 6: KB swing, extraído de Muscle&Motion

Esto no significa que los movimientos de vector vertical deban ser omitidos (Zweifel, 2017). Estos son beneficiosos al aumentar la capacidad de generación de fuerza del músculo. Sin embargo, tienen una limitación en la transferencia directa para mejorar el rendimiento deportivo en acciones deportivas concretas (Young, 2006). De hecho, este autor afirmó que los ejercicios de potencia pueden mejorar el rendimiento, pero para obtener una transferencia óptima es necesario un programa de ejercicios específicos con un desarrollo de la estabilidad de los músculos centrales. Es decir, para maximizar la transferencia al rendimiento del velocista, el entrenamiento debe ser lo más concreto posible, mejorando el patrón de movimiento y la velocidad de contracción demandados.

### **6.2.2. Entrenamiento en seco de la fase de nado**

En el nado, se busca potenciar el patrón de tracción vertical, entrenar la SOP y la SOA y mejorar la movilidad de hombro y de tobillo. Así pues, a continuación se pasa a detallar las pautas de entrenamiento de cada uno de ellos.

#### **a) Aumentar el patrón de tracción vertical**

En el caso de los velocistas de estilo libre es fundamental el patrón de la tracción vertical, es decir, el desplazamiento de la carga en dirección paralela respecto al tronco (Pérez-Olea et al., 2018). Se ha demostrado la importancia de la inclusión del entrenamiento de fuerza del miembro superior haciendo énfasis en ejercicios de tracción vertical como el *pull up* (Figura 7).



Figura 7: Pull up, extraído de Muscle&Motion

Sin embargo, esto no significa centrarse únicamente en la tracción vertical. Según Boyle (2018), un buen diseño de entrenamiento de la parte superior debería incluir una tasa proporcional de series de tracción vertical y horizontal. Además de incluir tanto los ejercicios de tracción como de empuje. Un coeficiente deficitario entre tracción y empuje provoca un sobredesarrollo de los retractores de la escápula e induce a una alta posibilidad de lesión del manguito de los rotadores. La incidencia de la lesión del manguito de los rotadores es extremadamente elevada en nadadores (Hill et al., 2015).

Además, cabe destacar que la potenciación del miembro superior permite aumentar la longitud y frecuencia de brazada, mejorar la movilidad de hombro y reducir las lesiones en el manguito de los rotadores (Dahab & McCambridge, 2009)

### **b) Trabajo del SOP y SOA**

En el nado a crol, el SOP y el SOA desempeñan un papel esencial. Se ha demostrado el beneficio de las progresiones de ejercicios *Chop* y *lift* (diagonales) (figuras 8 y 9) como las progresiones de puente de glúteo para el reclutamiento óptimo de ambos sistemas musculares (Mooney et al., 2001). Estos ejercicios se encuentran en muchos programas diferentes de fuerza y acondicionamiento por sus beneficios tanto en la potencia, como en la velocidad y la fuerza. Además, ayuda al trabajo de la multiestabilidad. La ganancia de potencia se obtiene a través de la ejecución de 2 a 6 series y 1 a 6 repeticiones con una velocidad máxima de ejecución (Kelso, 2012).



Figura 8: Chop, extraído de Muscle&Motion

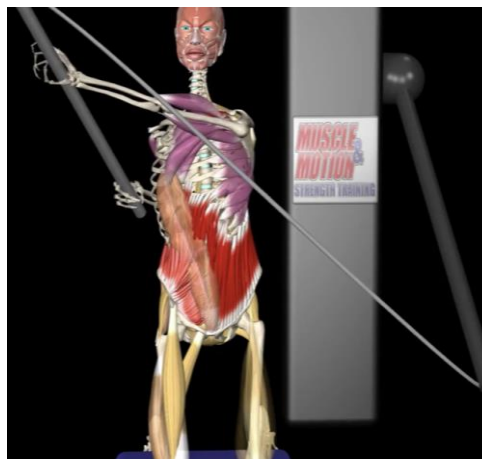


Figura 9: Lift extraído de Muscle&Motion

### c) Mejora de la movilidad

Como se ha visto anteriormente, una buena movilidad tanto de hombro como de tobillo suponen una ventaja mecánica para el nadador. La movilidad es la capacidad que tiene el deportista de alcanzar los diferentes rangos de movimiento en un gesto específico sin necesidad de compensaciones. Para la mejora de ésta existen diferentes metodologías de ganancia de rango de movimiento, entre las cuales podemos encontrar (García, 2018):

- **Facilitación neuromuscular propioceptivo (FNP):** Consta de cuatro fases. La primera fase es un estiramiento pasivo hasta el umbral de molestia. En la segunda se produce una contracción isométrica durante 6 a 8 segundos. En la fase 3 se produce una relajación muscular de 2 a 3 segundos. Por último, en la fase 4 se repite de nuevo el estiramiento pasivo hasta el nuevo límite manteniendo el estiramiento de 10 a 30 segundos. Este proceso se repite 3 o 4 veces. Este método mejora los rangos de amplitud articular.
- **Estiramiento activo asistido:** Este método deriva del FNP, con la diferencia de que no existe la fase de contracción isométrica en contra del movimiento por parte del grupo muscular sobre el que actuamos. En este sistema utilizamos la movilidad activa junto con una asistencia externa que ayuda a la contracción activa para aumentar rango articular.

- **Centramiento articular:** Esta metodología trabaja a nivel propioceptivo sobre la cápsula articular mediante la aplicación de una tensión que provoca una “decoaptación” de la articulación, ganando rango articular.

Además de estas técnicas, los ejercicios de fuerza *overhead* aportan beneficios a la articulación del hombro a nivel de movilidad (Soriano et al., 2019). La implementación de estos ejercicios en el diseño del plan de entrenamiento proporciona mejoras en la fuerza de la parte superior del cuerpo y de la movilidad del complejo escapulotorácico y del hombro (Waller et al., 2009). Además, la demanda mecánica del trabajo *overhead* proporciona una combinación eficiente en el tiempo de la potencia del miembro inferior y el entrenamiento del miembro superior y el tronco (Lake et al., 2014).

### 6.2.3. Evaluación del nadador: validez de la evaluación funcional

La teoría de “Joint by Joint” de Gray Cook afirma que cada articulación tiene una función concreta y tiene sus necesidades particulares de entrenamiento. Las articulaciones alternan entre movilidad y estabilidad. El tobillo necesita movilidad y la rodilla necesita estabilidad. Siguiendo hacia arriba, la cadera vuelve a necesitar movilidad y así, el patrón continúa hacia arriba. Sin embargo, cabe destacar que sí existe una necesidad de entender esta teoría, pero con flexibilidad, no ser dogmáticos (Boyle, 2018). La teoría de Cook evidencia cómo la gravedad, la mala postura y el sedentarismo afectan al comportamiento articular. Sin embargo, todas las articulaciones precisan de cierto grado de movilidad y de estabilidad, especialmente la cadera.




Dentro de cada prueba de la *Functional Movement Screening* (FMS), se evalúan factores relevantes como la movilidad, la estabilidad y el control motor. Según Cook, las pruebas están diseñadas para proporcionar un rendimiento cuantificable y observable mediante determinados movimientos básicos. Los test exponen al deportista a posiciones donde se ven diferentes déficits como la falta de estabilidad y movilidad apropiadas (Boyle, 2018). De esta manera, se puede programar un plan de entrenamiento de manera más eficiente.

En el caso del velocista en estilo libre, sería interesante evaluar en primer lugar la articulación del hombro mediante la prueba de “*Shoulder mobility*” de la FMS. El objetivo de este test es evaluar el rango de movimiento bilateral del hombro, mediante la rotación interna y aducción de un hombro y la rotación externa y abducción del otro de forma simultánea. Este movimiento requiere estabilidad escapular y extensión de la columna torácica (Cook et al., 2014). Además, los criterios de puntuación están recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Criterios de puntuación para el shoulder mobility (FMS)*

---

		
Realización del test, calificado como un “3” (máxima nota). La distancia de los puños está dentro de la longitud de una mano.	Realización del test, calificado como un “2”. La distancia entre los puños está dentro de la longitud de una mano y media.	Realización del test, calificado como un “1”. La distancia entre los puños no está dentro de la longitud de una mano y media.

---




*Nota.* Extraído de Cook et al. (2014).

Si existe dolor en el movimiento, la prueba no se puntúa. El bajo rendimiento en esta prueba puede ser debido a diferentes causas: un déficit de rotación interna del hombro acompañado habitualmente de un aumento de la rotación externa; un acortamiento de los músculos pectorales o dorsal ancho provocando alteraciones posturales como la anteriorización del hombro; una disfunción escapulo-torácica o estabilidad deficiente de esta articulación que puede provocar una disminución de la movilidad glenohumeral secundaria; o una hipomovilidad de la columna torácica que puede provocar también una hipomovilidad del hombro (Cook et al., 2014).

Después de valorar la articulación del hombro, sería interesante evaluar la movilidad de la cadena posterior. En la FMS, tenemos el test llamado “*Active straight leg raise*” (ASLR). El deportista se coloca en decúbito supino en posición anatómica y eleva una pierna manteniendo la rodilla extendida y una dorsiflexión del tobillo. En todo momento, la otra pierna debe permanecer en contacto con el suelo y los dedos de los pies mirando hacia arriba. Además, el examinador coloca una vara de forma vertical en el punto medio entre la espina ilíaca anterior superior y el eje de la rótula de la pierna de apoyo. Si el maléolo externo de la pierna elevada no sobrepasa la barra se moverá para igualarla con el maléolo de la pierna de prueba y se puntuará según los criterios mostrados en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Criterios de puntuación para el ASLR (FMS)*

		
<p>Esta realización se califica con un “3”. El maléolo sobrepasa la rótula de la pierna de apoyo.</p>	<p>Esta realización se califica con un “2”. El maléolo se encuentra situado en el eje de la rótula de la pierna de apoyo.</p>	<p>Esta realización se califica con un “1”. El maléolo no sobrepasa la rótula.</p>

*Nota.* Extraído de Cook et al. (2014).

Un bajo rendimiento en esta prueba puede ser debido a diferentes razones: La primera, el deportista puede carecer de flexibilidad de toda la cadena posterior. Otra razón sería la hipomovilidad de la cadena posterior, debido a un acortamiento iliopsoas asociada con una pelvis inclinada anteriormente (Cook et al., 2014).

Después de realizar el *shoulder mobility* y el ASLR, se pasaría a valorar de forma más analítica la amplitud de movimiento (ADM) de otras articulaciones implicadas en el gesto deportivo y que están estrechamente relacionadas con el rendimiento (García et al., 2011) a través de los siguientes protocolos (ver figura 9):

- **Hiperflexión de hombros:** El nadador se sienta con las piernas extendidas y coge una pica por delante del cuerpo, a la anchura de hombros. Después, extiende los codos y trata de llevar los brazos hacia arriba y hacia atrás todo lo posible sin rebotes. Se mide el ángulo formado por trocánter mayor, hueco axilar y epitroclea, restándosele a 180° para obtener el ángulo suplementario.
- **Extensión de hombros:** El nadador se colocará en decúbito prono con los brazos extendidos a la anchura de hombros y las palmas de las manos mirando hacia arriba. Una vez colocado, le ayudaremos a coger la pica y manteniendo la extensión de codos, realizará una extensión de hombros (movimiento hacia adelante) hasta el punto de máxima ADM. Se mide el ángulo formado por el trocánter mayor, la cabeza del húmero y de la epitroclea.
- **Flexión plantar de tobillo:** El nadador se sienta con las piernas extendidas y realiza la máxima flexión plantar. Se mide el ángulo formado por el suelo, el calcáneo y la cabeza del quinto metatarsiano.
- **Flexión de tronco:** El nadador se coloca en bipedestación, con rodillas extendidas y realiza una flexión máxima de tronco. Se mide el ángulo formado por cóndilo lateral de la rodilla, trocánter mayor y cabeza del húmero.



Figura 2: Test ADM según protocolo CAR de Sant de Cugat

En la siguiente tabla, se recogen los rangos de valores de ADM recomendados para los nadadores (García et al., 2011).

**Tabla 6***Rango de valores de ADM recomendados para nadadores*

	<b>Hiperflexión hombros</b>	<b>Extensión hombros</b>	<b>Flexión plantar tobillos</b>	<b>Flexión tronco</b>
<b>Correcto</b>	>40°	>108°	<5°	<36°
<b>Incorrecto</b>	<24°	<90°	>20°	>54°

*Nota.* Extraído del Car de Sant de Cugat.

Las conclusiones que se obtienen de las pruebas anteriormente citadas pueden suponer una herramienta muy valiosa para detectar oportunidades de mejora de los deportistas y prevenir futuras lesiones.



## 7. Descripción del programa

El entrenamiento que aquí se desarrolla, se propone para un deportista de 2ª división masculina estilo libre (50 m). El objetivo de este deportista es lograr una mejora de su rendimiento a través del entrenamiento en seco durante su período de precompetición. Para ello, se propone realizar en primer lugar un análisis de su prueba deportiva y de los resultados obtenidos en diferentes test funcionales para definir los objetivos a trabajar y diseñar el plan de entrenamiento específico durante dos meses.

### 7.1. Evaluación inicial: Prueba de 50 m y Evaluación funcional

En la tabla 7, se muestran los resultados (hipotéticos) obtenidos por el velocista en los diferentes test propuestos como evaluación inicial

**Tabla 7**

*Resultados evaluación inicial del nadador*

Prueba/Medición		Resultados
<b>50m nado</b>	Tiempo 50m	24,21
	(seg) 15m	6,24
	Velocidad Media	2,06
	(m·s <sup>-1</sup> ) 15m	2,4
<b>FMS</b>	Shoulder mobility	3 puntos
	ASLR	3 puntos
<b>ADM</b>	Hiperflexión hombros	41°
	Extensión hombros	110°
	Flexión plantar tobillos	4°
	Flexión tronco	34°

*Nota.* m, metros; v, velocidad; m·s<sup>-1</sup>, metros por segundo; ASLR, *Active straight leg raise*; ° grados.

Analizando los resultados de la prueba de 50m, se comprueba que la velocidad de salida está por debajo del promedio (2,46 m·s<sup>-1</sup>), por lo que se considera que puede haber bastante margen de mejora. Además, también se constata que la velocidad del nado está cerca del promedio (2,07 m·s<sup>-1</sup>). Por lo tanto, el objetivo primordial del entrenamiento será mejorar la salida de nuestro nadador, sin descuidar la fase de nado.

En los test seleccionados de la FMS, el velocista muestra una gran movilidad tanto de la cadena posterior como del hombro, logrando la máxima puntuación en ambos test.

Respecto a los resultados de los test de ADM, todos los resultados están dentro del rango recomendado, por lo que el objetivo apuntaría al mantenimiento de los mismos.

Estas pruebas se volverán a realizar en dos ocasiones más: al finalizar el primer mes y tras el segundo y tercer mes de entrenamiento, para conocer el efecto del mismo en el rendimiento de la prueba de 50 m y en el resto de los parámetros asociados a la prueba.

## **7.2. Objetivos del plan de entrenamiento**

En el caso de este velocista, y tras la evaluación inicial, se cree que para mejorar su marca tendrá que mejorar su salida. El objetivo del entrenamiento será, relativo a esta fase, potenciar la fuerza explosiva del miembro inferior, y, antes de trabajarla de forma específica y puesto que el entrenamiento se plantea para el periodo de pretemporada se entrenará la fuerza máxima. Además, aunque el objetivo sea mejorar la salida, también se llevará a cabo un trabajo específico de fuerza del miembro superior para intentar mejorar el tiempo de nado.

## **7.3. Programación del entrenamiento de la fuerza**

En la programación de las sesiones de entrenamiento de fuerza, se debe considerar el impacto neuromuscular, metabólico y hormonal de la carga de trabajo sobre el organismo del deportista (Wallace et al., 2009). Por ello, lo que establece el número semanal de sesiones de entrenamiento de fuerza es el tiempo de recuperación requerido entre las cargas. Se necesitan tres sesiones por semana como mínimo para estimular el desarrollo de la fuerza y máximo cuatro según Navarro y Oca (2011). Se ha decidido realizar 4 sesiones semanales, agrupadas de dos en dos, con objetivos distintos dentro del mismo bloque. Además, se añadirá una sesión de movilidad entre bloques para trabajar la recuperación activa.

---

Al estar en período precompetitivo, la duración del plan de entrenamiento puede durar aproximadamente entre 8 y 12 semanas. La planificación propuesta se ha dividido en 3 mesociclos, con una duración de 4 semanas cada uno, con el fin de desarrollar la fuerza máxima y explosiva del velocista. El primero será un mesociclo introductorio, cuyo objetivo es preparar al cuerpo para el siguiente mesociclo y se define por un alto volumen y una baja intensidad de las cargas de entrenamiento. El segundo y el tercero serán mesociclos de desarrollo, donde se aumentará la intensidad y se disminuirá el volumen. Finalizado el plan de entrenamiento, se volverán a pasar los test. Además, cada mesociclo está formado por microciclos de una semana de duración y serán del siguiente tipo, según la clasificación de Bompa (2016):

- **Microciclo introductorio:** Se busca preparar al organismo para los siguientes microciclos posteriores. Se caracterizan por un nivel de carga medio y el volumen y la intensidad medio-bajo.
- **Microciclo de carga:** Se entrena con una carga alta, pero se respeta los períodos de descanso durante el microciclo. Pretende desarrollar la fuerza máxima y/o explosiva.
- **Microciclo de choque:** Exactamente igual que el anterior, pero sin respetar los principios de recuperación. Con cargas elevadas donde se trabaje el sistema nervioso central, se necesitan 72 horas. Después de este microciclo realizamos uno de restablecimiento o de descarga.
- **Microciclo de restablecimiento o descarga:** Se disminuye la intensidad del entrenamiento para realizar una recuperación activa.

Además, para cuantificar la intensidad se medirá la repetición máxima (1RM) del nadador en determinados ejercicios y a partir del mismo se calcularán los porcentajes de entrenamiento (Haff y Triplett, 2017). Según Navarro y Oca (2011), el rango adecuado para trabajar la fuerza explosiva está entre 30-70% de la 1RM y la fuerza máxima a partir del 80% de la 1RM.

Respecto al modelo de periodización de la fuerza que se plantea utilizar para el diseño de la planificación, será el propuesto por Bompa (2016), caracterizado por:

- 1) Adaptación del organismo para cargas superiores: De 2-3 semanas, 8-12 repeticiones, 2-3 series, macropausas 1'-1'30" y con una intensidad del 40-60%RM.
- 2) Aumentar la fuerza máxima: 6 semanas y con el método cargas máximas (80%-100%RM, 1-4 repeticiones, 3-4 series y 6' macropausas con velocidad máxima).
- 3) Convertir la fuerza máxima en potencia: De 4 semanas y con el método isotónico y balístico (30-60%RM, 2-5 repeticiones, 3-5 series, macropausas 2'-3' con velocidad explosiva)

Sin embargo, para obtener ganancias de fuerza explosiva y de fuerza máxima no vale únicamente con conocer la intensidad y el número de repeticiones que ha de realizar un deportista, sino que es necesario conocer la velocidad y la potencia del movimiento requerido. No controlar estos parámetros podría incidir negativamente en el objetivo fijado, puesto que, por ejemplo, la fuerza explosiva requiere de alta velocidad de ejecución y cargas elevadas.

Al no disponer de medios técnicos para controlar esos parámetros de entrenamiento de forma fiable, se ha pensado en cuantificar las cargas atendiendo a la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) relatada por el deportista, además de considerar el volumen y la intensidad. Para ello se requiere que el deportista clasifique de forma subjetiva la intensidad de la sesión mediante la escala de Borg (ver tabla 8).

**Tabla 8**

*Escala de Borg*

Índice	Descripción	Índice	Descripción
0	Reposo	5	Duro
1	Muy fácil	6	
2	Fácil	7	Muy duro
3	Moderado	8	
4	Algo duro	9	
		10	Máximo

Nota. Extraído de (Borg et al., 1987)

Para asegurar que el deportista reporte el índice de esfuerzo percibido de forma fiable, se le preguntará después de 30 minutos después de haber realizado la sesión. Este valor de la intensidad se multiplicará por la duración en minutos de la sesión. Por lo tanto, la carga interna se define como el producto del índice percibido por el tiempo de la sesión (Borg et al., 1987).

A continuación, las tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14 muestran la programación semanal de la propuesta de entrenamiento planificada.

Como norma general, el entrenamiento del sábado será destinado a realizar ejercicios de movilidad articular y el domingo será el día de descanso del nadador, por lo que dichos días han sido eliminados de las tablas presentadas.

A parte, en el anexo 1, se pueden ver ejemplos de sesiones del plan de entrenamiento.

**Tabla 9**

Planificación de las semanas 1 y 2

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)
<b>SEMANA 1</b>						
Microciclo introductorio	<i>Vector vertical</i> 3 x 12 rep	<i>Pliometría horizontal</i> 3 x 12 rep	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y Empujes</i> 3 x 12 rep	<i>Pliometría vertical</i> 3 x 12 rep	
Sesiones 1h – 1h30'	Peso corporal <i>Tracciones y empujes</i> 3 x 12 rep Peso corporal CORE	Peso corporal CORE		Peso corporal <i>Vector vertical</i> 3 x 12 rep Peso corporal CORE	Peso corporal CORE	
<b>SEMANA 2</b>						
Microciclo de carga	<i>Pliometría</i>	<i>Vector horizontal</i> 3 x 10 rep	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i> 3 x 10 rep	<i>Pliometría vertical</i> 3 x 10 rep	
Sesiones 1h – 1h30'	<i>Empujes y tracciones</i> 3 x 10 rep 60%RM CORE	<i>Vector vertical</i> 3 x 10 rep 60%RM CORE		<i>Vector horizontal</i> 3 x 10 rep 60%RM CORE	<i>Vector horizontal</i> 3 x 10 rep 60%RM CORE	

**Tabla 10**

Planificación de las semanas 3 y 4

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)
<b>SEMANA 3</b>						
Microciclo de carga	<i>Empujes y tracciones</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones 1h – 1h30'	4 x 2 rep 80%RM	<i>Vector horizontal</i> 4 x 2 rep 80%RM		4 x 2 rep 80%RM	<i>Vector horizontal</i> 4 x 2 rep 80%RM	
	<i>Vector vertical</i> 4 x 2 rep 80%RM	CORE		<i>Vector vertical</i> 4 x 2 rep 80%RM	CORE	
	CORE			CORE		
<b>SEMANA 4</b>						
Microciclo de descarga	<i>Vector vertical</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones 1h – 1h30'	4 x 2 rep 80%RM	CORE		4 x 12 rep 60%RM	CORE	
	<i>Vector horizontal</i> 4 x 2 rep 80%RM			<i>Vector horizontal</i> 4 x 12 rep 60%RM		
	CORE			CORE		

**Tabla 11**

Planificación de las semanas 5 y 6

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)
<b>SEMANA 5</b>						
Microciclo de carga	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Vector horizontal</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones	4 x 2 rep	<i>Vector horizontal</i>		4 x 2 rep	<i>Vector horizontal</i>	
1h – 1h30'	80%RM	4 x 2 rep		80%RM	4 x 2 rep	
	<i>Vector vertical</i>	80%RM		<i>Tracciones y Empujes</i>	80%RM	
	4 x 2 rep	CORE		4 x 2 rep	CORE	
	80%RM			80%RM		
	CORE			CORE		
<b>SEMANA 6</b>						
Microciclo de carga	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Vector vertical</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones	3 x 2 rep	<i>Vector horizontal</i>		3 x 2 rep	<i>Vector horizontal</i>	
1h – 1h30'	85%RM	3 x 2 rep		85%RM	3 x 2 rep	
	<i>Vector vertical</i>	85%RM		<i>Empujes</i>	85%RM	
	3 x 2 rep	CORE		3 x 2 rep	CORE	
	85%RM			85%RM		
	CORE			CORE		

**Tabla 12**

Planificación de las semanas 7 y 8

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)																
<b>SEMANA 7</b>																						
Microciclo de choque	<i>Tracciones y Empujes</i> 4 x 1 rep 90%RM	<i>Movilidad</i>	<i>Pliometría</i> <i>Vector horizontal</i> 4 x 1 rep 90%RM	<i>Movilidad</i>	<i>Vector horizontal</i> 4 x 1 rep 90%RM	<table border="1"> <caption>Datos para Gráfica – Carga interna (UA) - Semana 7</caption> <thead> <tr> <th>Día</th> <th>Carga Interna (UA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Lunes</td><td>600</td></tr> <tr><td>Martes</td><td>60</td></tr> <tr><td>Miércoles</td><td>600</td></tr> <tr><td>Jueves</td><td>60</td></tr> <tr><td>Viernes</td><td>600</td></tr> <tr><td>Sábado</td><td>60</td></tr> <tr><td>Domingo</td><td>60</td></tr> </tbody> </table>	Día	Carga Interna (UA)	Lunes	600	Martes	60	Miércoles	600	Jueves	60	Viernes	600	Sábado	60	Domingo	60
Día	Carga Interna (UA)																					
Lunes	600																					
Martes	60																					
Miércoles	600																					
Jueves	60																					
Viernes	600																					
Sábado	60																					
Domingo	60																					
Sesiones 1h – 1h30'	<i>Vector vertical</i> 4 x 1 rep 90%RM  CORE		CORE		<i>Pliometría</i>  CORE																	
<b>SEMANA 8</b>																						
Microciclo de descarga	<i>Vector horizontal</i> 4 x 2 rep 80%RM	<i>Pliometría</i>  CORE	<i>Movilidad</i>	<i>Vector horizontal</i> 4 x 12 rep 60%RM	<i>Pliometría</i>	<table border="1"> <caption>Datos para Gráfica – Carga interna (UA) - Semana 8</caption> <thead> <tr> <th>Día</th> <th>Carga Interna (UA)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Lunes</td><td>240</td></tr> <tr><td>Martes</td><td>180</td></tr> <tr><td>Miércoles</td><td>60</td></tr> <tr><td>Jueves</td><td>120</td></tr> <tr><td>Viernes</td><td>120</td></tr> <tr><td>Sábado</td><td>60</td></tr> <tr><td>Domingo</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Día	Carga Interna (UA)	Lunes	240	Martes	180	Miércoles	60	Jueves	120	Viernes	120	Sábado	60	Domingo	0
Día	Carga Interna (UA)																					
Lunes	240																					
Martes	180																					
Miércoles	60																					
Jueves	120																					
Viernes	120																					
Sábado	60																					
Domingo	0																					
Sesiones 1h – 1h30'	<i>Tracciones y empujes</i> 4 x 2 rep 80%RM  CORE			<i>Vector vertical</i> 4 x 12 rep 60%RM  CORE																		

**Tabla 13**

Planificación de las semanas 9 y 10

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)
<b>SEMANA 9</b>						
Microciclo de carga	<i>Vector vertical</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y Empujes</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones 1h – 1h30'	4 x 4 rep 50%RM V explosiva	<i>Vector horizontal</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva		4 x 4 rep 50%RM V explosiva	<i>Vector vertical</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva	
	<i>Tracciones y empujes</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva CORE	CORE		<i>Vector vertical</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva CORE	CORE	
<b>SEMANA 10</b>						
Microciclo de carga	<i>Pliometría</i>	<i>Vector horizontal</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	
Sesiones 1h – 1h30'	<i>Empujes y tracciones</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva	4 x 4 rep 50%RM V explosiva <i>Vector vertical</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva		4 x 4 rep 50%RM V explosiva <i>Vector horizontal</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva	<i>Vector horizontal</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva	
	CORE	CORE		CORE	CORE	

**Tabla 14**

Planificación de las semanas 11 y 12

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Gráfica – Carga interna (UA)																
<b>SEMANA 11</b>																						
Microciclo de choque	<i>Empujes y tracciones</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	<table border="1"> <caption>Data for Week 11 Internal Load (UA)</caption> <thead> <tr><th>Día</th><th>Carga (UA)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Lunes</td><td>600</td></tr> <tr><td>Martes</td><td>60</td></tr> <tr><td>Miércoles</td><td>600</td></tr> <tr><td>Jueves</td><td>60</td></tr> <tr><td>Viernes</td><td>600</td></tr> <tr><td>Sábado</td><td>60</td></tr> <tr><td>Domingo</td><td>60</td></tr> </tbody> </table>	Día	Carga (UA)	Lunes	600	Martes	60	Miércoles	600	Jueves	60	Viernes	600	Sábado	60	Domingo	60
Día	Carga (UA)																					
Lunes	600																					
Martes	60																					
Miércoles	600																					
Jueves	60																					
Viernes	600																					
Sábado	60																					
Domingo	60																					
Sesiones 1h – 1h30'	4 x 3 rep 60%RM V explosiva  <i>Vector vertical</i> 4 x 3 rep 60%RM V explosiva CORE	<i>Vector horizontal</i> 4 x 3 rep 60%RM V explosiva  CORE		4 x 3 rep 60%RM V explosiva  <i>Vector vertical</i> 4 x 3 rep 60%RM V explosiva CORE	4 x 3 rep <i>Vector horizontal</i> 60%RM V explosiva  CORE																	
<b>SEMANA 12</b>																						
Microciclo de descarga	<i>Vector vertical</i>	<i>Pliometría</i>	<i>Movilidad</i>	<i>Tracciones y empujes</i>	<i>Pliometría</i>	<table border="1"> <caption>Data for Week 12 Internal Load (UA)</caption> <thead> <tr><th>Día</th><th>Carga (UA)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Lunes</td><td>240</td></tr> <tr><td>Martes</td><td>180</td></tr> <tr><td>Miércoles</td><td>60</td></tr> <tr><td>Jueves</td><td>120</td></tr> <tr><td>Viernes</td><td>120</td></tr> <tr><td>Sábado</td><td>60</td></tr> <tr><td>Domingo</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	Día	Carga (UA)	Lunes	240	Martes	180	Miércoles	60	Jueves	120	Viernes	120	Sábado	60	Domingo	0
Día	Carga (UA)																					
Lunes	240																					
Martes	180																					
Miércoles	60																					
Jueves	120																					
Viernes	120																					
Sábado	60																					
Domingo	0																					
Sesiones 1h – 1h30'	4 x 4 rep 50%RM V explosiva <i>Vector horizontal</i> 4 x 4 rep 50%RM V explosiva  CORE	CORE		5 x 5 rep 30%RM V explosiva <i>Vector horizontal</i> 5 x 5 rep 30%RM V explosiva  CORE	CORE																	



## 8. Conclusiones

Tras la elaboración de este TFG, se puede afirmar que el rendimiento de las pruebas cortas de natación de estilo libre depende tanto de la fuerza, como de la velocidad, como del rango del movimiento que posea el nadador.

El entrenamiento en seco ha demostrado ser esencial para proporcionar al nadador las condiciones físicas de fuerza y flexibilidad necesarias para la competición, aunque su introducción en los planes habituales de trabajo ha estado envuelto en cierta controversia hasta su total aceptación e inclusión. El trabajo de fuerza permite mejorar cada una de las fases de la prueba, pero hay que conocer sus diferentes factores físicos y biomecánicos, pues, de este modo, se puede proporcionar un estímulo equivalente al gesto deportivo que imite las demandas y requerimientos reales del velocista.

Por último, en el caso del velocista de 2ª división masculina de estilo libre (50m), se ha llevado a cabo una programación específica atendiendo a los hipotéticos resultados obtenidos tras la realización de una evaluación inicial, comprobando que su rendimiento en la fase de salida tenía un margen de mejora relevante y que dicha fase representa el 30% del tiempo de la prueba. Por lo tanto, se fijó que el objetivo principal de la planificación de la pretemporada fuera mejorar el rendimiento del nadador en los primeros 15m de carrera (duración aproximada de la fase de salida), sin descuidar el rendimiento del resto de la prueba.

## 9. Referencias bibliográficas

- Amaro, N. M., Marinho, D. A., Marques, M. C., Batalha, N. P., & Morouço, P. G. (2017). Effects of dry-land strength and conditioning programs in age group swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2447-2454. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001709>
- Arellano, R. (1992). *Evaluación de la fuerza propulsiva en natación y su relación con el entrenamiento y la técnica*. Universidad de Granada, Granada.
- Arellano, R., & Ruíz, A. (2016). Variables relevantes en las pruebas de 50 m, ejemplos y tendencias en los campeonatos de España open 2016. *Comunicaciones técnicas*, 2, 43-47.
- Argüelles, J., & Caynzos, B. (2014). *Evaluación y Control del entrenamiento en seco en nadadores Internacionales en el CAR de Sierra Nevada* (pp. 104-113). Granada: Swimming Science II.
- Aspenes, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J., & Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8(3), 357-365.
- Barbosa, T., Bragada, J., Reis, V., Marinho, D., Carvalho, C., & Silva, A.(2010). Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance : Updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.01.003>
- Barbosa, T., Fernandes, R., Keskinen, K., & Vilas-Boas, J. (2008). The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 103(2), 139-149. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0676-z>

- 
- Barker, L. A., Harry, J. R., & Mercer, J. A. (2018). Relationships between countermovement jump ground reaction forces and jump height, reactive strength index, and jump time. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(1), 248-254. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002160>
- Benjanuvatra, N., Edmunds, K., & Blanksby, B. (2007). Jumping abilities and swimming grab-start performances in elite and recreational swimmers. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 1(3). <https://doi.org/10.25035/ijare.01.03.06>
- Bishop, C., Cree, J., Read, P., Chavda, S., Edwards, M., & Turner, A. (2013). Strength and conditioning for sprint swimming. *Strength & Conditioning Journal*, 35(6), 1–6. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000019>
- Bishop, C., Smith, R., Smith, M., & Rigby, E. (2009). Effect of plyometric training on swimming block start performance in adolescents. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 2137-2143. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b866d0>
- Bompa, T. (2016). *Periodización: Teoría y metodología del entrenamiento*. Barcelona, España: Hispano Europea.
- Borg, G., Hassmén, P., & Lagerström, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 679-685. <https://doi.org/10.1007/BF00424810>
- Born, D.-P., Stöggl, T., Petrov, A., Burkhardt, D., Lüthy, F., & Romann, M. (2020). Analysis of freestyle swimming sprint start performance after maximal strength or vertical jump training in competitive female and male junior swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 323-331. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003390>
-

- Boyle, M. (2017). *El entrenamiento funcional aplicado a los deportes*. Madrid, España: Tutor.
- Boyle, M. (2018). *Adelantos en Entrenamiento Funcional*. Madrid, España: Babelcube Inc.
- Chelly, M., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2241-2249. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b86c40>
- Contreras, B., Cronin, J., Schoenfeld, B., Nates, R., & Sonmez, G. (2013). Are all hip extension exercises created equal? *Strength and Conditioning Journal*, 35(2), 17-22. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318289fffd>
- Contreras, B., Vigotsky, A., Schoenfeld, B., Beardsley, C., & Cronin, J. (2016). A Comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude in the parallel, full, and front squat variations in resistance-trained females. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(1), 16-22. <https://doi.org/10.1123/jab.2015-0113>
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B., & Voight, M. (2014). Functional movement screening: The use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 549-563.
- Cossor, J., & Mason, B. (2001). Swim Start performances at the Sydney 2000 Olympic Games. En *XIX International Symposium on Biomechanics in Sports*.
- Dahab, K., & McCambridge, T. (2009). Strength Training in Children and Adolescents. *Sports Health*, 1(3), 223-226. <https://doi.org/10.1177/1941738109334215>

- Fernández, C., López, G., & Arellano, R. (2015). Effect on swimming star performance of two types of activation protocols: Lunge and yoyo squat. *Journal of Strength and Conditioning Research: The Research Journal of the NSCA*, 29(3), 647- 655
- Figueiredo, P., Silva, A., Sampaio, A., Vilas-Boas, J., & Fernandes, R. J. (2016). Front crawl sprint performance: A cluster analysis of biomechanics, energetics, coordinative, and anthropometric determinants in young swimmers. *Motor Control*, 20(3), 209-221. <https://doi.org/10.1123/mc.2014-0050>
- García, J.M., Guisado, F., & Escalante, Y. (2011). *Título: "Evaluación multidimensional de nadadores alevines: Análisis discriminante aplicado a la selección de talentos"* (pp.1-7). Madrid: II Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte.
- García, R. (2018). *Judo nuevas perspectivas sobre Metodología y Entrenamiento*. Sevilla, España: Wanceulen Editorial.
- García-Pallarés, J., & Izquierdo, M. (2011). Strategies to optimize concurrent training of strength and aerobic fitness for rowing and canoeing. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(4), 329-343. <https://doi.org/10.2165/11539690-000000000-00000>
- Haff, G., & Triplett, T. (2017). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico NSCA*. Badalona, España: Paidotribo.
- Harry, J., Paquette, M., Schilling, B., Barker, L., James, C., & Dufek, J. (2018). Kinetic and electromyographic subphase characteristics with relation to countermovement vertical jump performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 34(4), 291-297. <https://doi.org/10.1123/jab.2017-0305>
- Heinlein, S., & Cosgarea, A. (2010). Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports Health*, 2(6), 519-525. <https://doi.org/10.1177/1941738110377611>

- Hill, L., Collins, M., & Posthumus, M. (2015). Risk factors for shoulder pain and injury in swimmers: A critical systematic review. *The Physician and Sportsmedicine*, 43(4), 412-420. <https://doi.org/10.1080/00913847.2015.1077097>
- Izquierdo, M., González de Txabarri, R., García, J., Sánchez, L., De Villarreal, E., & Izquierdo, M. (2010). Concurrent endurance and strength training not to failure optimizes performance gains. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(6), 1191-1199. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c67eec>
- Kelso, J. (2012). Multistability and metastability: Understanding dynamic coordination in the brain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1591), 906-918. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0351>
- Lake, J., & Lauder, M. (2012). Kettlebell swing training improves maximal and explosive strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(8), 2228-2233. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825c2c9b>
- Lake, J., Mundy, P., & Comfort, P. (2014). Power and impulse applied during push press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2552-2559. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000438>
- Loturco, I., Contreras, B., Kobal, R., Fernandes, V., Moura, N., Siqueira, F., Winckler, C., Suchomel, T., & Pereira, L. A. (2018). Vertically and horizontally directed muscle power exercises: Relationships with top-level sprint performance. *PLoS One*, 13(7), e0201475. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201475>
- Maglischo, E. W. (2003). *Swimming Fastest*. Champaign, USA: Human Kinetics.
- Moreno, D., & Carmona, J. (2013). Revisión documental acerca de los efectos en el rendimiento de un nadador tras entrenamiento de fuerza y potencia en seco y/o dentro del agua. *EmásF, Revista Digital de Educación Física*, 25, 14.

- Mooney, V., Pozos, R., Vleeming, A., Gulick, J., & Swenski, D. (2001). Exercise treatment for sacroiliac pain. *Orthopedics*, *24*(1), 29-32.
- Morais, J., Marinho, D., Arellano, R., & Barbosa, T. (2019). Start and turn performances of elite sprinters at the 2016 European Championships in swimming. *Sports Biomechanics*, *18*(1), 100-114. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435713>
- Morais, J., Marques, M., Marinho, D., Silva, A., & Barbosa, T. (2014). Longitudinal modeling in sports: Young swimmers' performance and biomechanics profile. *Human Movement Science*, *37*, 111-122. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.07.005>
- Morais, J., Silva, A., Garrido, N., Marinho, D., & Barbosa, T. (2018). The transfer of strength and power into the stroke biomechanics of young swimmers over a 34-week period. *European Journal of Sport Science*, *18*(6), 787-795. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1453869>
- Morouço, P., Neiva, H., González, J., Garrido, N., Marinho, D., & Marques, M. (2011). Associations between dry land strength and power measurements with swimming performance in elite athletes: A pilot study. *Journal of Human Kinetics*, *29A*, 105-112. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0065-2>
- Muscle&Motion (2001). Recuperado de <https://www.muscleandmotion.com/about-us/>
- Myrtos, C. (2012). Low back disorders: Evidence based prevention and rehabilitation. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, *56*(1), 76.
- Navarro, F., & Oca, A. (2011). *Entrenamiento de la fuerza del nadador* [PDF]. Obtenido del curso de entrenador de natación nivel III.
- Novais, M., Silva, A., Mantha, V., Ramos, R., Rouboa, A., Vilas, J. P., Luís, S., & Marinho, D. A. (2012). The effect of depth on drag during the streamlined glide:

- A three-dimensional CFD analysis. *Journal of Human Kinetics*, 33, 55-62.  
<https://doi.org/10.2478/v10078-012-0044-2>
- Pérez, J., Valenzuela, P., Aponte, C., & Izquierdo, M. (2018). Relationship between dryland strength and swimming performance: Pull-Up mechanics as a predictor of swimming speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1637-1642. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002037>
- Pool-Goudzwaard, A., Vleeming, A., Stoeckart, R., Snijders, C., & Mens, J. (1998). Insufficient lumbopelvic stability: A clinical, anatomical and biomechanical approach to 'a-specific' low back pain. *Manual Therapy*, 3(1), 12-20.  
<https://doi.org/10.1054/math.1998.0311>
- Rodríguez-Esparza, E., Mejía-Rodríguez, A. R., & Mendoza-Gutiérrez, M. O. (2017). Detección y Análisis de Trayectorias 2D de la Brazada de Crol para Evaluación Comparativa de la Técnica de Nado. *Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica*, 4(1), 150-153.
- Sadowski, J, Mastalerz, A., Gromisz, W, & Niznikowski, T. (2012). Effectiveness of the power dry-land training programmes in youth swimmers. *Journal of human kinetics*, 32, 77-86. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0025-5>
- Scott, R., & Scott, R. (2015). *Science of Swimming Faster*. Champaign, USA: Human Kinetics.
- Smith, D, Norris, S., & Hogg, J. (2002). Performance evaluation of swimmers: Scientific tools. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 32(9), 539-554.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-200232090-00001>
- Soriano, M., Suchomel, T., & Comfort, P. (2019). Weightlifting overhead pressing derivatives: A review of the literature. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 49(6), 867-885. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01096-8>
-

- Thng, S., Pearson, S., & Keogh, J. (2019). Relationships between dry-land resistance training and swim start performance and effects of such training on the swim start: A systematic review. *Sports Medicine*, 49(12), 1957-1973. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01174-x>
- Tor, E., Pease, D., & Ball, K. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1313-1321. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990486>
- Toussaint, H., & Beek, P. (1992). Biomechanics of competitive front crawl swimming. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 13(1), 8-24. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002>
- Vantorre, J., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Biomechanical analysis of the swim-start: A review. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(2), 223-231.
- Vantorre, J., Seifert, L., Fernandes, R., Boas, J., & Chollet, D. (2010). Kinematical profiling of the front crawl start. *International Journal of Sports Medicine*, 31(01), 16-21. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1241208>
- Vescovi, J. D., Rupf, R., Brown, T., & Marques, M. (2011). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12-21 years of age. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 670-678. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x>
- Wade, L., Lichtwark, G., & Farris, D.(2018). Movement strategies for countermovement jumping are potentially influenced by elastic energy stored and released from tendons. *Scientific Reports*, 8(1), 2300. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20387-0>
- Wallace, L., Slattery, K., & Coutts, A. (2009). The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *Journal of*

- Strength and Conditioning Research*, 23(1), 33-38.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874512>
- Waller, M., Piper, T., & Miller, J. (2009). Overhead pressing power/strength Movements. *Strength & Conditioning Journal*, 31(5), 39–49.  
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181b95a49>
- Weimar, W., Sumner, A., Romer, B., Fox, J., Rehm, J., Decoux, B., & Patel, J. (2019). Kinetic analysis of swimming flip-turn push-off techniques. *Sports*, 7(2).  
<https://doi.org/10.3390/sports7020032>
- Weldon, E., & Richardson, A. (2001). Upper extremity overuse injuries in swimming: A discussion of swimmer's shoulder. *Clinics in Sports Medicine*, 20(3), 423-438.  
[https://doi.org/10.1016/s0278-5919\(05\)70260-x](https://doi.org/10.1016/s0278-5919(05)70260-x)
- West, D., Owen, N., Cunningham, D., Cook, C., & Kilduff, L. (2011). Strength and power predictors of swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 950-955.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c8656f>
- Young, W. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 74-83.  
<https://doi.org/10.1123/ijsp.1.2.74>
- Zweifel, M. (2017). Importance of horizontally loaded movements to sports performance. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 21-26.  
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000272>

## 10. Anexos

### Anexo 1: Semana 5 (lunes y martes)

Calentamiento

Inhibición:

Foam roller pasadas rápidas por los diferentes grupos musculares (2-3 min)



Foam roller

Tracciones

Parte principal: Tracciones, empujes y vector vertical

Chin-up: 80%RM (4 x 2)



Remo : 80%RM (4 x 2)



Activación:

Puente con una sola pierna (2 x 10)  
Bird dog (2x10)



Puente de glúteo unipodal



Puente de glúteo unipodal

Empujes

Press de hombro: 80%RM(4 x 2)



Movilidad:

Sentadilla Split (2x10)

Deslizamiento por el suelo (2x10)



Sentadilla Split



Deslizamiento por el suelo

Vector vertical

Peso muerto 80%RM (4 x 2)



Sentadilla búlgara: 80%RM (4 x 2)



Integración:

Sentadilla con remo TRX (2x10)



Sentadilla con remo TRX

\*Vuelta a la calma con foam roller pasadas lentas (5 min)

Calentamiento

Inhibición:  
Foam roller pasadas rápidas por los diferentes grupos musculares (2-3 min)



Foam roller

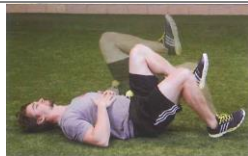
Parte principal: Tracciones, empujes y vector horizontal

Jump de vallas y clavar: (4 x 6)



Piometría

Activación:  
Puente con una sola pierna (2 x 10)  
Bird dog (2x10)



Puente de glúteo unipodal



Puente de glúteo unipodal

Hip thrust: 80%RM(4 x 2)



KB swing: 80%RM (4 x 2)



Movilidad:  
Sentadilla Split (2x10)



Sentadilla Split

Deslizamiento por el suelo (2x10)



Deslizamiento por el suelo

Vector horizontal

Reverse hip extension 80%RM (4 x 2)



Pivot press 80%RM (4 x 2)



Integración:  
Saltos horizontales (2x10)



\*Vuelta a la calma con foam roller pasadas lentas (5 min)