

**TEST DE CAMPO EN CICLISMO PARA DETERMINAR
RENDIMIENTO Y ZONAS DE ENTRENAMIENTO
MEDIANTE EL USO DE POTENCIÓMETRO**

Revisión Bibliográfica

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte



Miguel Hernández

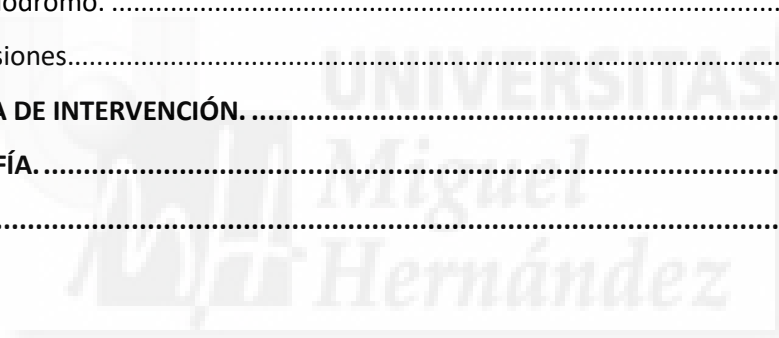
Curso académico: 2015-2016

Víctor Gómez Torrentes

Tutor académico: Raúl López Grueso

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN.	3
2. METODOLOGÍA.	4
Selección de la literatura.....	4
Criterios de inclusión.....	5
Resultados de la búsqueda.	5
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
4. DISCUSIÓN.....	10
4.1. Test sprints.	10
4.2. "Functional Threshold Power" (FTP) o "Umbral de potencia funcional" (UPF).	11
4.3. Time trial (contrarreloj).....	12
4.4. "Record Power Profile"(RPP) o "Perfil de potencia".	13
4.5. Test en rodillo.....	13
4.6. Test velódromo.	14
4.7. Conclusiones.....	15
5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.	16
6. BIBLIOGRAFÍA.	18
7. ANEXOS.....	21



1. CONTEXTUALIZACIÓN

El ciclismo es uno de los deportes más conocidos y populares que existen y a su vez uno de los más duros y exigentes. En este trabajo vamos a incluir no solo el ciclismo de carretera, sino también el de montaña, más concretamente la modalidad de "cross-country" olímpico (XCO), y el ciclismo en pista.

El ciclismo es un deporte principalmente aeróbico, pero la velocidad no es constante a lo largo de la prueba, ya que en función del momento en el que se encuentra la carrera (generalmente al final es cuando mayores velocidades se alcanzan), el terreno por el que se disputa la etapa (desnivel), y otros aspectos que conllevan a que aparezcan una serie de cambios de ritmo, intensidad y velocidad. Dentro del ciclismo no todas las carreras o etapas que se disputan son en línea, sino que también existen las contrarreloj individuales, por equipos, y las cronoescaladas. Al variar el tipo de carretera, también cambian algunos factores que más van a determinar el rendimiento, ya que en la subida de un puerto, uno de los datos más importantes es la potencia relativa (vatios/kilo), mientras que en una contrarreloj es la aerodinámica y la potencia absoluta, (Tan & Aziz, 2005).

En cuanto al XCO, se trata de una modalidad de alta intensidad que dura entre 60-90 minutos tomando una variedad de terrenos u obstáculos, y que requiere de una alta tasa de producción de energía aeróbica y anaeróbica. El 82% del tiempo total de carrera corresponde a una potencia mayor que el umbral de lactato (LT), que equivale a 90% frecuencia cardiaca máxima (FCmax) y 84% VO₂max (Macdermid & Stannard, 2012).

Otra de las modalidades que incluimos en la revisión es, el ciclismo en pista, la cual tiene distintas pruebas, desde sprint de 200 metros hasta el record de la hora. Dependiendo de que modalidad se practique los requerimientos energéticos varían (Craig & Norton, 2001; Jeukendrup, Craig, & Hawley, 2000).

Sabiendo esto, en el ciclismo es importante encontrar el equilibrio óptimo entre carga de entrenamiento y la recuperación para lograr los mejores objetivos posibles. Si bien, la carga de entrenamiento se puede cuantificar con relativa facilidad basándose en volumen, duración, e intensidad. La tasa de recuperación es mucho más difícil de cuantificar, ya que está determinada por factores como el estrés, sueño, nutrición, y bienestar sociológico-psicológico (Kentta & Hassmen, 1998). Antes de poder empezar a planificar, organizar y controlar los entrenamientos de cualquier deportista, hay que establecer cómo se va a controlar la carga de entrenamiento (pulsómetros y potenciómetros), pero otro aspecto aún más importante, es determinar y conocer en qué estado se encuentra el sujeto y de qué valores de entrenamiento partimos, para que el deportista, pueda realizar correctamente los entrenamientos planificados e individualizados, evitando de esta forma el síndrome de sobreentrenamiento o quedarnos cortos en la cuantificación de cargas.

En un deporte de resistencia como es el ciclismo, para que un ciclista pueda rendir a un gran nivel, es necesario conocer una serie de parámetros que son determinantes del rendimiento, como es el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), la frecuencia cardiaca máxima y de reposo, dónde se encuentran los umbrales (aeróbico y anaeróbico), qué cantidad de vatios es capaz de mover a dichos umbrales, y el umbral de lactato (Coyle, Coggan, Hopper, & Walters, 1988). Para poder obtener todos estos datos, es necesario el uso de material complejo y de un elevado coste (analizador de gases, medidor de lactato, rodillo con potenciómetro...) y que no todos los equipos, entrenadores o empresas de entrenamiento poseen. Como no siempre se pueden adquirir estos materiales y en caso de acudir a una empresa con todo este material, el precio de la prueba de esfuerzo sería muy elevado, hay que buscar cómo obtener estos datos de formas alternativas, es decir, con menos material y de forma más asequible, más económica.

Pero no solo se puede conocer con pruebas de esfuerzo o tests de laboratorio en qué estado se encuentra un ciclista, también existen los tests de campo, cuya ventaja es que son más económicos, necesitan menos material (como es el caso de los rodillos), se puede integrar fácilmente en la rutina de entrenamiento, y la transferencia al entrenamiento es directa, puesto que se hace con el material con el que se entrena. El inconveniente que tienen estos tests, es que son métodos indirectos y, por tanto, pierden fiabilidad y precisión respecto a los tests de laboratorio, pero no por ello dejan de ser válidos (Karsten, Jobson, Hopker, Jimenez, & Beedie, 2014; Klika, Alderdice, Kvale, & Kearney, 2007).

Tradicionalmente, se han utilizado los pulsómetros como el instrumento para controlar la carga de entrenamiento, pero en los últimos años, se ha utilizado también otro aparato para controlar la intensidad, los potenciómetros (aunque ya se empleaban anteriormente en los laboratorios). Estos instrumentos sirven para medir la cantidad de vatios que el ciclista o el triatleta genera y tienen numerosas ventajas como la precisión, la fiabilidad, y nos aportan datos más específicos. Pero también tienen inconvenientes, siendo el principal, su elevado coste. El motivo de investigar sobre los tests de campo con potenciómetro es por las ventajas que poseen frente a un test de laboratorio.

En algunos de los estudios que comparan las condiciones externas usan el tiempo para completar una distancia o la velocidad media como medidas de rendimiento (Impellizzeri, Rampinini, Sassi, Mognoni, & Marcora, 2005; Lucia et al., 2004). Sin embargo, las condiciones externas, como el viento, la superficie de la carretera y el gradiente, así como la masa corporal y el tamaño, tienen gran influencia sobre las variables del rendimiento, y afectan en este parámetro como es el tiempo en completar una distancia (Mognoni & di Prampero, 2003; Jobson, Woodside, Passfield, & Nevill, 2008). También se ha demostrado que el uso de potenciómetros es más preciso, ya que al medir la frecuencia cardiaca, siempre hay un pequeño desfase temporal y el hecho de que influyan factores externos, como cambios en las condiciones del entorno (temperatura y humedad) y factores internos debido a cambios del sujeto (fatiga, deshidratación, estado de forma...), ocasiona una variación de las pulsaciones (Jeukendrup & Diemen, 1998). Como solución a esto nos fijamos en la potencia, la cual es independiente de las influencias externas, por lo tanto es más apropiado utilizar potencia como parámetro válido en condiciones de campo (Nimmerichter, Williams, Bachl, & Eston, 2010).

Por tanto, el objetivo de este trabajo final de grado será encontrar un test de campo con potenciómetro que evalúe el estado de forma del deportista y nos permita ajustar los parámetros para manejar la intensidad del entrenamiento.

2. METODOLOGÍA

Selección de la literatura.

Para realizar el trabajo, hemos querido ver las características de los test de campo más utilizados y que fiabilidad tienen con las pruebas de laboratorio. Se realizó una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar los artículos publicados que trataran sobre el tema. Para ello, se combinaron las palabras clave "test", "cycling", "power", "field", "performance", "critical power" y "Functional Threshold", mediante los operadores algebraicos booleanos "AND" y "OR", en las bases de datos PubMed/Medline, Dialnet, y Scopus. En la Figura 1 presentamos los resultados de la búsqueda en las diferentes bases de datos, indicando el número de artículos que nos aportaba cada uno tras la introducción de las palabras clave.

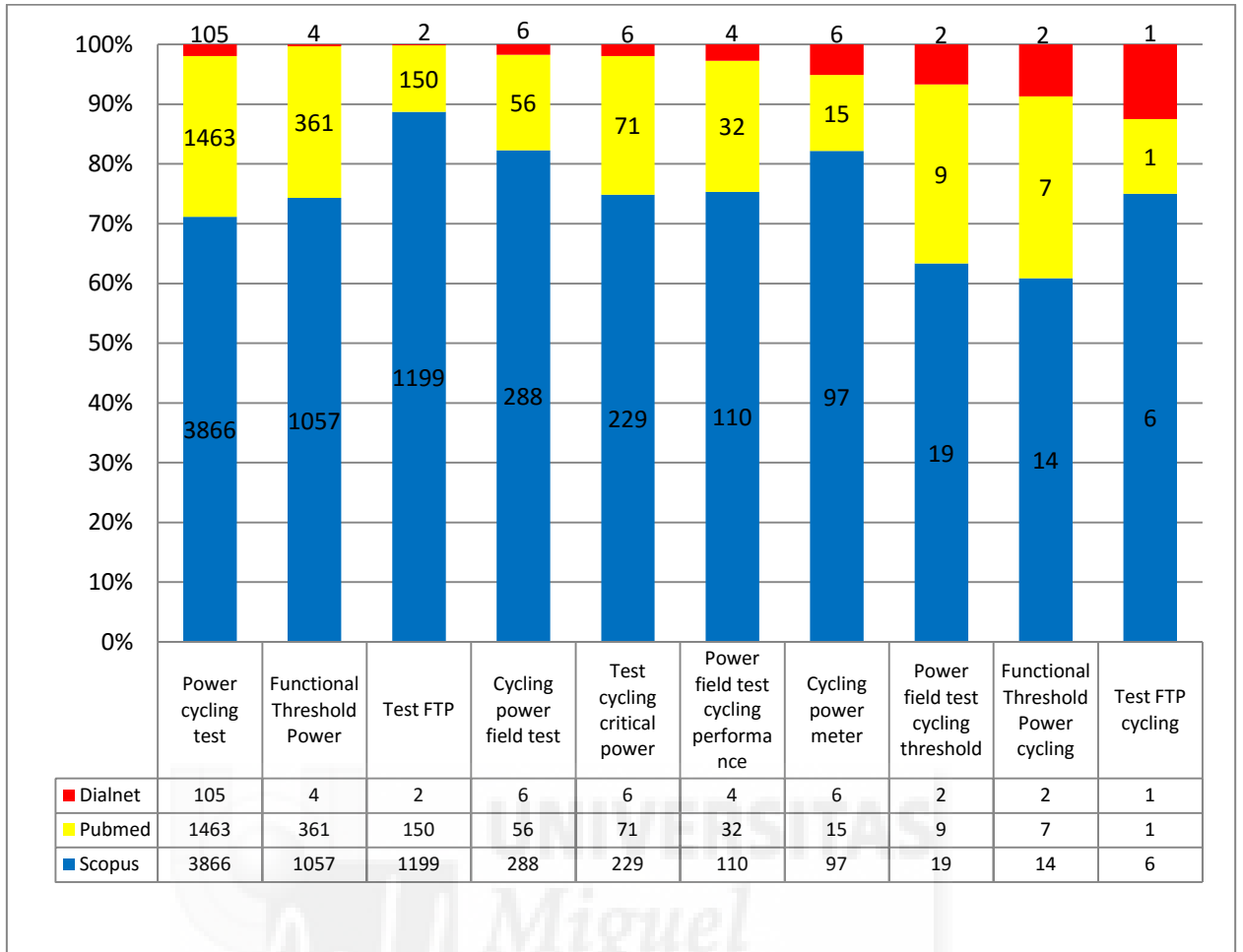


Figura 1. Número de resultados con las palabras clave en las diferentes bases de datos.

Criterios de inclusión.

Tras la lectura de los resúmenes de los artículos, se seleccionaron para su lectura más detallada, aquéllos que cumplieran los siguientes criterios de inclusión:

- Artículos publicados en lengua inglesa y española.
- Test de campo.
- En ciclismo.
- Que sean ciclistas con experiencia de entrenamiento previo.
- Que utilicen su propia bicicleta con potenciómetro para la realización del test (bici de competición-entrenamiento).
- Modalidades de carretera, bicicleta de montaña ("cross-country" olímpico como maratón), ciclocrós (CX), pista. Eliminamos BMX, trial, descenso (DH), y four cross (4X).

Resultados de la búsqueda.

El diagrama de flujo de la información obtenido a través de las diferentes fases de la revisión sistemática se muestra en la Figura 2. Un total de 109 publicaciones fueron recogidas (22/04/2016) con las palabras clave anteriormente descritas, de los cuales tras la lectura del resumen se descartaron 48 quedándonos con 61 documentos. Después de leer estos 61 documentos a texto completo seleccionamos 18 documentos (17 artículos y 1 libro).

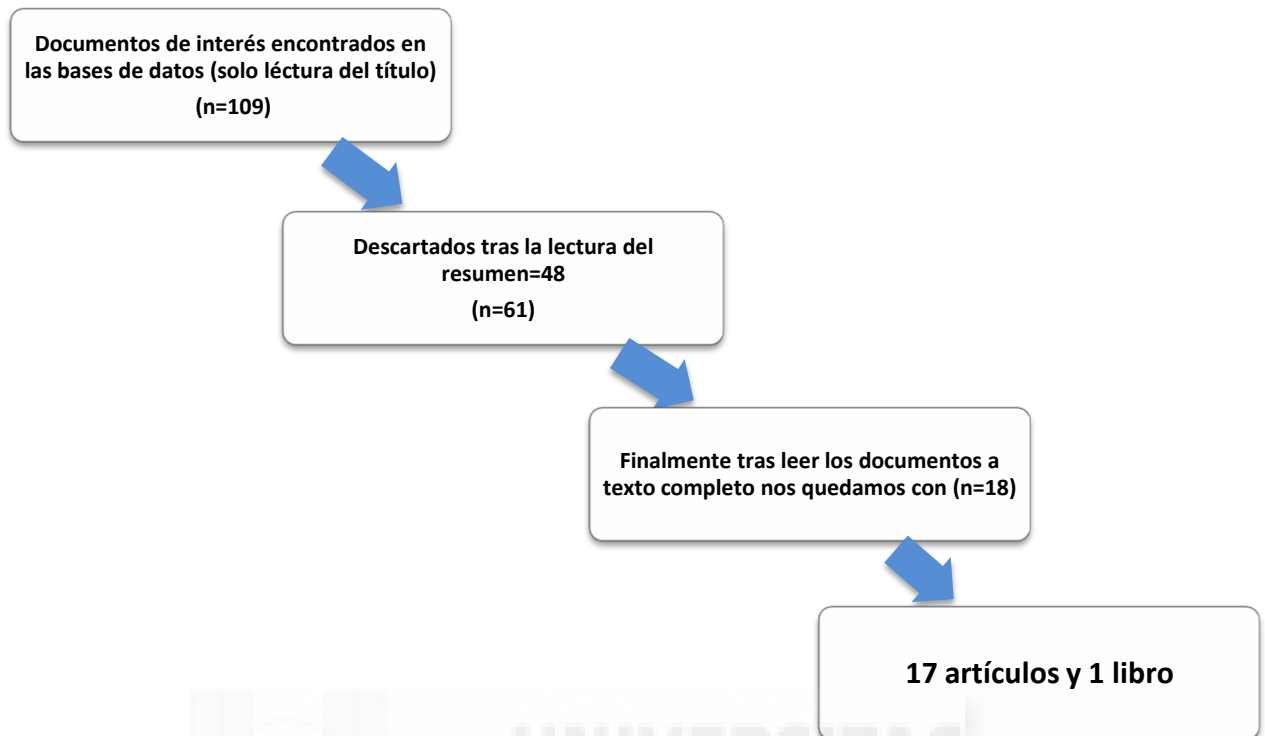


Figura 2. Proceso de inclusión de los artículos para la síntesis cuantitativa de la revisión sistemática.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En las tablas que se muestran a continuación reflejamos las características más importantes de los artículos encontrados: muestra, método, resultados y conclusión. Se han ordenado según la duración de los tests y el lugar donde se realizan.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusión
Test Sprint				
(Miller, Moir, & Stannard, 2014)	n=11 Hombres 35.8 ± 8.2 años	Material: Todos los test en rodillo (CycleOps Joule 2.0). -Lab: FTP 20min (Allen & Coggan 2010). -Lab: IP (20x45s con 15s rec.). -9 vueltas circuito XCO.	-FTP (relativo) e IP (relativo) 0.964 correlación. -Predicen tiempo en carrera.	-FTP predice rendimiento en XCO, pero IP mejor predictor.
(Bertucci, Taiar, & Grappe, 2005)	n=7 Hombres 22 ± 4 años Nivel: Regional y Nacional	Material: Lab (Instalado en bici SRM sobre rodillo Tacx), campo (SRM). -Lab: 6 sprint 55m en un cicloergómetro (3 sentados y 3 de pie). -Campo: 6 sprint ciclo real 55m (3 sentados y 3 de pie).	-Fo (Fmax), y tiempo para TPOpeak ↑ en ciclo real. -Ppeak (sentado menor y de pie mayor) en ciclo real. -Pmean y Ppeak están vinculados (POpeak=0.8896 Pomean+236.5)	-Ppeak, FO, y TimePpeak eran diferentes en sprint en laboratorio y ciclo real.
(Gardner, Martin, Martin, Barras, & Jenkins, 2007)	n=7 Hombres Años=NS Nivel: Élite.	Material: Lab (SRM), campo (SRM). -Lab: 2 sprint 6s con carga inercial. -Campo: 2 sprint 65m all-out/3min rec.	-No diferencias entre Lab-campo. (Power, pedaling rate, y Torque).	-Para esfuerzos máximos de menos de 7" s" no diferencias significativas entre campo y laboratorio.
"Funcional Threshold Power" (FTP) = "Umbral de potencia funcional" (UPF)				
(Klika et al., 2007)	n=56 20 Hombres/36 Mujeres 46.5 ± 10 años Nivel: Novatos	Material: Lab (Lode Excalibur), campo (PowerTap Pro). -Lab: GXT con gases (150w+Δ25w/3min Hombres)- (125w+Δ25w/3min Mujeres). -Campo: FTP 8min. -8 semanas de entrenamiento.	- 8 semanas ↑ Pmean, PTlact, Pmax y VO2max. -Todas las correlaciones son significativas pero más Pmean-PTlact y Pmean, Pmax-VO2max. -Pmean 7.5% más alto que PTlact laboratorio.	-FTP de 8 minutos, es un medio eficaz para evaluar MSSP y cambios en el estado de forma. También es útil para el control de la intensidad del entrenamiento.
(Miller, et al., 2014)	n=11 Hombres 35.8 ± 8.2 años	Material: Todos los test en rodillo (CycleOps Joule 2.0). -Lab: FTP 20min (Allen & Coggan 2010). -Lab: IP (20x45s con 15s rec.). -9 vueltas XCO.	-FTP (relativo) e IP (relativo) 0.964 correlación. -Predicen tiempo en carrera.	-FTP predice rendimiento en XCO, pero IP mejor predictor.
(Gavin et al., 2012)	n= 7 Hombres	-Campo: FTP 8min. -Campo: LT ¹ a 1mmol/L, y LT ⁴ a 4mmol/L.	-FTP era equivalente en LT ⁴ y mayor en LT ¹ .	-FTP es equivalente a LT con el método LT ⁴ pero no es equivalente para todos los métodos que determinan LT.
"Time Trial" = Contrarreloj				
(Nimmerichter et al., 2010)	n=15 25.6 ± 5.2 años	Material: Lab (Lode Excalibur), campo (SRM). -Lab: GXT (50W+Δ25w/min). -Campo: 2 veces TT4min (2.5km). -Campo: 2 veces TT20min (11km).	-Se correlaciona PO-FC en TT4min y TT20min. -PTT4min-20min se correlacionan con valores máximos y submáximos de GXT. Alta correlación test-retest TT4yTT20.	-TT20min Umbral aeróbico.
(McNaughton, Roberts, & Bentley, 2006)	n=11 Hombres 25 ± 5 años	-Lab: GXTΔ3min. -Lab: GXTΔ5min -Campo: 30minTT	-Ppeak, LT, OBLA, y Dmax no fue significativamente diferente entre GXTs. -Se correlacionan GXT -PTT30min.	-Los datos de cualquier GXT pueden usarse para predecir rendimiento o prescribir ejercicio.
(Tan & Aziz, 2005)	n=8 Hombres 22.5 ± 3.4 años	Material: Lab (Lode Excalibur Sport), campo (PowerTapPro). -Lab: GXT (100+Δ15W/min). -Campo: 3 veces TT36km llano. -Campo: 3 veces TT1.4km Subida (7.1%pendiente media).	-No diferencias significativas entre ensayos P36-Ppeak, P1.4-Ppeak. -Ppeak ↓ correlación con tiempo en 36km. Para predecir el rendimiento mejor expresar en W/kg.	-Las condiciones ambientales pueden afectar a la reproducibilidad. Correlación más alta en subida se puede atribuir a mayor énfasis en la potencia muscular.
(Bentley, McNaughton, Thompson, Vleck, & Batterham, 2001)	n=9 Hombres 32 ± 3 años Nivel: Competitivo.	Material: Lab (SRM), campo (SRM). -Lab: GXT (150+Δ30W/min) + 2 GXTlactato (50%+Δ5%VO2max/3min). -Campo: TT 20 y 90min.	-P90min se correlaciona con Ppeak, PLTlog y Dmax (lab). -P20min se correlaciona con VO2max y PLTlog (lab). -POBLA no se correlaciona con P90-P20min.	-W90min está altamente correlacionado con Ppeak, 83% de la varianza explica esto. P20min no se correlaciona debido a la acumulación de lactato en lugar del agotamiento de sustrato.
(Balmer, Davison, & Bird, 2000)	Parte1:n= 9 Hombres; 32 ± 5 años Parte2:n=16 Hombres; 43 ± 15 años Nivel: Alto rendimiento	Material :Lab (kingcycle), Campo(SRM). Parte1: Lab: GXT para obtener PAM y PPO. Parte2: Lab: 1 GXT y Campo: crono 16,1km.	-Correlación ↑ PAM-16,1kmTTPO -Correlación ↓ PPO-16,1kmTTtime y 16,1kmTTPO-16,1kmTTtime (aumenta la correlación cuando se expresa en valores relativos)	-A través de PPO se puede predecir la potencia media en 16,1km. Mediante estas ecuaciones: 16.1-km TTTIME= 1575 - 0.57x(PPO); y 3585x(PPO/ -16)

"Record Power Profile" (RPP) = Record perfil de potencia				
(Pinot & Grappe, 2014)	n=28 Hombres 25± 4 años Nivel: Elite/profesionales	Material: Campo (SRM). -Campo: 22 meses con SRM, análisis de PMM para tiempos: 1;5;30"s";1;3;3.5;4;4.5;5.5;6;6.5;7;10;20;30;45;60;120;180;240"min".	Valores medios; MAP (456+92W), TMAP (4,42+0,7min).	-Los datos de MAP, TMAP, y AIE, se corresponde con los estudios anteriores. PAM se obtiene a los 4,42 min.
(Pinot & Grappe, 2011)	n=17 Hombres 24± 4 años Nivel: Élite y profesionales	Material: Campo (SRM). -Campo: 10 meses con SRM, PMM para tiempos: 1,5,30,60"s",5,10,20,30,45,60,240 "min".	-5 zonas según el artículo. -PO disminuye en 3 franjas de tiempo: (1s-5min)(5min-60min)(60min-4h). -No diferencias profesionales vs élite. -Diferencias de PO entre escaladores, sprinters y rodadores, en las zonas.	-RPP permite expresar el potencial físico del ciclista a través de la relación entre potencia y tiempo. Refleja la habilidad del ciclista de acuerdo con los niveles de potencia en diferentes zonas de intensidad.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusión
Test en velódromo				
(Nimmerichter & Williams, 2015)	n=14 9 Hombres/5 Mujeres 14.8± 1.1 años Nivel: Selección nacional.	Material: Lab (Wattbike), campo (SRM). -Lab: GXT (40w+Δ20w/min Hombres)-(30w+Δ15/min Mujeres). -Lab: 10seg (carga inercial 14-16W/kg). -Lab-Campo: 1 y 3 minutos laboratorio y pista "all-out". Pista se inicia a <20km/h y laboratorio <50w.	-PO se correlacionada entre Lab vs Campo. -Pmax-mean10s ↑ en Lab, se correlacionan significativamente. >PO(1min-3min) en Lab vs Campo. - > cadencia y lactato en Campo vs Lab	-Pruebas de pista y laboratorio fuertemente correlacionadas, pero son significativamente diferentes.
(Karsten et al., 2014)	n=14 12 Hombres/2 Mujeres 40 ± 7 años	Material: Lab (Computrainer RacerMate), campo (PowerTap). -Lab: GXT (150+Δ20w/min Hombres)-(120+Δ20w/min Mujeres). -Lab: 3 test con carga de 80-100-105%PAM hasta el agotamiento (medida de lactato tras 3min). -Campo: velódromo 3 pruebas de 3,7 y 12 min "all-out".	-Lab y campo correlacionados para CP. - W' diferencias significativas W' 1-W' 2.(Error de predicción CP/W' fue 1.9%CP1, 2.5%CP2, 26.3%W' 1, 27.6%W' 2).	-La estimación de la CP en velódromo es una alternativa a los enfoques tradicionales
(González-Haro, Galilea, Drobnic, & Escanero, 2007)	n=34 30 Hombres/4 Mujeres 24± 5 años Ciclistas (montaña-carretera) y triatletas.	Material: Lab (Cardgirus), campo (SRM). Lab: GXT (130+Δ30w/4min Mujeres)-(200+Δ30w/4min Hombres). -Campo: Test ≤20min velódromo. Se inicia a 50%PAM+12.5w/min. Se debe coincidir con la señal acústica cada 125 metros(línea de persecución). Test finaliza cuando se retrasa 5 metros con la señal acústica.	-PAM - FCmax no diferencias entre test-retest. -No diferencias significativas FC-VO ₂ max pero si en Ppeak entre Lab-Campo	-Válido el %MAS-%MAP que se correlacionan con la función: $\%MAP = 0.0818e^{(2.5167\%MAS)}$
(Padilla, Mujika, Cuesta, Polo, & Chatard, 1996)	n=12 Hombres 19 ± 3 años Nivel: Amateur.	Material: Lab (Monark 818, Sweden), Campo (no). -Lab :GXT (100+Δ18W/3min). -Campo: 2280m (8vueltas) con rec. de 1min. Velocidad inicial 28km/h+1,5km/h cada etapa hasta el agotamiento. En anexos se muestra como obtiene de forma indirecta valores de potencia.	No diferencias significativas en FC,PO, y VO ₂ max. -Lactato ↑ Campo vs Lab. -Diferencias en FCsubmáximo, (correlaciones altas cuando se expresa en BSA).	-Los resultados indica que este test de campo es un método válido para adquirir la MAP.

Referencia	Muestra	Método	Resultados	Conclusión
Test en rodillo				
(Miller, et al., 2014)	n=11 Hombres 35.8 ± 8.2 años	Material: Todos los test en rodillo (CycleOps Joule 2.0). -Lab: FTP 20min (Allen & Coggan 2010). -Lab: IP (20x45s con 15s rec.). -9 vueltas circuito XCO.	-FTP (relativo) e IP (relativo) 0.964 correlación. -Predicen tiempo en carrera.	-FTP predice rendimiento en XCO, pero IP mejor predictor.
(Francis, Quinn, Amann, & Laroche, 2010)	n=16 14 Hombres/2 Mujeres 32.4 ± 8.7 años Nivel: Alto.	Material: Lab (CompuTrainerPro) (PowerTap en la bici). Parte1: Lab: GXT (100w+Δ25w/4min). Parte2: Lab: Familiarización y 3min "all-out" (EP últimos 30seg).	-EP ↑ que VT-PO, OBLA-PO y LT-PO -EP ↓ que VO ₂ peak.	-Nos puede proporcionar 3 zonas de entrenamiento: 105%, 86%, 76% de EP.

(3MT) 3-min all out cycling test

BSA cyclist's body surface area in metres squared (Área del ciclista)

(CP) Critical Power (Potencia crítica)

(EP) End-test power

(Fmax) Maximal force pedal (Fuerza máxima)

(Fo) Theoretical maximal force (Fuerza máxima teórica)

(FTP) Functional Threshold Power (UPF= Umbral de potencia funcional)

(GXT) Graded Exercise Testing (Test incremental)

(IP) Intermittent power (Potencia intermitente)

(Lab) Laboratorio

(LT) Lactate threshold (Umbral de lactato)

(MAS) Maximal aerobic speed (Velocidad aeróbica máxima)

(MAP) Maximal aerobic power (PAM= Potencia aeróbica máxima)

(MSSP) Maximal steady-state power (Potencia al máximo estado estable)

(Pmean) Power mean (Potencia media)

(PMM) Power mean maximal (Máxima potencia media)

(PTlact) Power at lactate threshold (Potencia al umbral de lactato)

(PPO) Power peak output (Potencia pico)

(Ppeak) Power peak (Potencia pico)

(PO) Power output (Potencia)

(TT) Time Trial (Contrarreloj)

(W') Power up critical power (Potencia por encima de CP)

4. DISCUSIÓN

El propósito de esta revisión consiste en ver los tests de campo que utilizan potenciómetro, y cuál de estos nos proporciona información válida para determinar el estado de forma o condición física del sujeto y las zonas de entrenamiento.

En base a los tipos de tests que se incluyen en los artículos revisados, los agruparemos según características semejantes.

4.1. Test sprints

En la revisión de este tipo de tests encontramos el test IP (Intermittent Power) que consta de 20 repeticiones de una duración de 45 segundos "all-out" con recuperaciones entre series de 15 segundos, el cual predice el rendimiento de una carrera XCO incluso mejor que FTP de 20 minutos, tomando valores de potencia relativa y no potencia absoluta (Miller et al., 2014). Esto concuerda con el hallazgo de 5 repeticiones de 30 segundos podría predecir el rendimiento de XCO (Inoue, Sá Filho, Mello, & Santos, 2012). También destacar que FTP (potencia relativa) e IP (potencia relativa) tienen una correlación de 0,964.

En cuanto a las diferencias entre los valores obtenidos en condiciones de campo y de laboratorio en este tipo de test, el estudio de Bertucci, Tair, y Grappe (2005) realizando el protocolo descrito en la tabla anterior, potencia pico, fuerza máxima, y tiempo para alcanzar la potencia pico, son diferentes entre sprints de laboratorio y campo. Esto puede ser debido a que en laboratorio no se pueden reproducir las oscilaciones de la bicicleta del ciclo de marcha real, siendo por tanto de mayor transferencia al entrenamiento los valores obtenidos en una prueba de campo.

Sin embargo, Gardner, Martin, Martin, Barras, y Jenkins (2007) afirma que en sprint o esfuerzos inferiores a 7 segundos no existen diferencias significativas entre campo y laboratorio. El método utilizado son dos sprints de 65 metros, y sugiere la posibilidad de por qué no concuerdan los datos de ambos estudios, siendo el motivo principal la falta de estabilidad en el cicloergómetro utilizado en el estudio anterior (bicicleta instalada sobre rodillo Tacx frente a cicloergómetro SRM en el presente estudio).

4.2. "Functional Threshold Power" (FTP) o "Umbral de potencia funcional" (UPF)

El término "Threshold" (umbral), tiene diferentes sinónimos en la literatura: umbral anaeróbico (AT), umbral de lactato (LT), máximo estado estable (MLSS), o aparición de lactato en sangre (OBLA).

Este umbral determina la potencia máxima que un ciclista es capaz de mantener durante 60 minutos según Allen y Coggan (2010), ya que se encuentra muy próximo al umbral de lactato. Esta afirmación requiere de evidencias científicas.

En base a esto Allen y Coggan (2010) desarrollaron un protocolo para obtener el FTP, en castellano UPF o umbral de potencia funcional, el cual consiste en hacer 20 minutos a la máxima intensidad posible, y con el valor obtenido lo utilizamos para multiplicarlo por 0,95 y así saber el valor aproximado si la prueba durase 60 minutos. Una vez obtenido este dato se aplican unos porcentajes, y se obtienen 7 zonas de intensidad para el entrenamiento (ver Tabla 1).

Tabla 1

Zonas de entrenamiento de potencia y su equivalencia en pulso

Zona	% de FTP	% de FC	RPE (1-10)	Descripción
1. Recuperación activa	<55	<68	<2	Pedaleo suave, zona de trabajo fácil
2. Resistencia	56-75	69-83	2-3	Zona de entrenamiento principal
3. Ritmo	76-90	84-94	3-4	Aumento de intensidad y ritmo
4. Umbral de lactato	91-105	95-105	4-5	Intenso dolor muscular
5. VO2max	106-120	>106	6-7	Elevada intensidad
6. Capacidad anaeróbica	121-150	/	>7	Intervalos cortos e intensos
7. Capacidad neuromuscular	/	/	10	Intervalos muy cortos

Fuente: Allen y Coggan (2010).

El sacar este valor de forma indirecta al multiplicar por 0,95, no tiene ninguna evidencia científica hasta el momento. El test real debería ser de 60 minutos pero quizás por falta de motivación, o por la fatiga generada se reduce a 20 minutos y se aproxima al 95% del valor total.

Otro tipo de test FTP que nos aportan los estudios es de una duración de 8 minutos. En el estudio de Klika, Alderdice, Kvale, y Kearney (2007) fue utilizado como prueba de campo para la evaluación del estado de forma de los sujetos, y sirvió de base para la prescripción de 8 semanas de entrenamiento. El principal dato que nos aporta este estudio es que el FTP de 8 minutos está altamente correlacionado con los valores de laboratorio, pero un 7,5% (18W) por encima de umbral de lactato obtenido en laboratorio.

Gavin et al. (2012), nos dice que los valores de FTP de 8 minutos son equivalentes al umbral de lactato con el método de LT4,0, (lactato en sangre de 4,0 mmol/L), pero no es equivalente para todos los métodos que determinan el umbral de lactato como LTΔ1, (aumento de 1 mmol/L o mayor en el lactato en sangre como respuesta a un aumento de la carga de trabajo).

4.3. Time trial (contrarreloj)

Las características, en estos tests son muy diferentes. El primer estudio que se lleva a cabo en este apartado es el de Balmer, Davison, y Bird (2000), donde se efectúa una contrarreloj de 16,1km, obteniendo como resultados una alta correlación entre la potencia media de la crono y la PAM (potencia aeróbica máxima) obtenida en laboratorio.

Se relacionan mediante la siguiente ecuación: $16,1\text{kmTTpo}=0,51*(\text{PAM})+121$ y $6,53*(\text{PAM}*0,65)$. Añadir que en este estudio el nivel de la muestra es muy heterogéneo, y se dan correlaciones más altas en los ciclistas de mayor nivel.

Bentley, McNaughton, Thompson, Vleck, y Batterham (2001) tras llevar a cabo tests de diferentes duraciones, 20 y 90 minutos, obtienen como resultados que en la prueba de 90 minutos, los valores de potencia media se correlacionan (0,91) con la potencia pico (PAM), la potencia al umbral de lactato (WLTlog) (0,91), y Dmax (0,77) obtenidos en laboratorio mediante prueba incremental. También existen diferencias entre los datos de 20 y 90 minutos. La potencia obtenida en 20 minutos, no se correlaciona con lo anterior debido a la acidosis

metabólica (Andrews, Godt, & Nosek, 1996), en lugar de un agotamiento de los sustratos de glucógeno como ocurre en el test de 90 minutos (Holloszy & Coyle, 1984). Además destacar que la potencia media en 20 minutos se aproximó al 90% de potencia pico (PAM).

Siguiendo con los tests de 20 minutos, en otro estudio Nimmerichter, Williams, Bachi, y Eston (2010) se afirma que la potencia media de 20 minutos se correlaciona con los resultados de VT2 obtenidos en laboratorio, proporcionando el umbral anaeróbico. Este test posee una alta reproducibilidad test-retest, pero puede ser debido a que el estudio se llevó a cabo con una muestra experimentada en la disciplina de contrarreloj (Nimmerichter et al., 2010).

En el estudio citado anteriormente, también se analiza un test de 4 minutos para confirmar la hipótesis de que esta duración se relacionaría significativamente con la PAM obtenida en un incremental de laboratorio, ya que se ha demostrado que los atletas de alto nivel son capaces de tolerar intensidades de ejercicio de 95% a 105% de potencia máxima durante 4-15 minutos (Billat, 2001; Billat, Binsse, Petit, & Koralsztein, 1998). Sin embargo se observó una diferencia significativa, hubo un sesgo de -30W. Esto podría estar condicionado por el protocolo de laboratorio utilizado (Davis et al., 1982).

Otro test diferente a los nombrados en este apartado es el de McNaughton, Roberts, y Bentley (2006), de 30 minutos de duración, donde sus resultados se relacionan con los valores obtenidos en dos tipos de protocolos incrementales de laboratorio (incrementos de potencia de 3 ó 5 minutos).

Para finalizar con los time trial, Tan y Aziz (2005) comparan el rendimiento en un test llano de 36 kilómetros y en otro de 1,4 kilómetros en subida. Ambos muestran gran reproducibilidad. Destacar que la potencia medida en 36km se correlaciona con los niveles de PAM obtenidos en laboratorio ($r=0,90$ $p<0,01$), y la potencia media en 1,4km en subida tiene una correlación aun más alta que la anterior con la PAM en laboratorio ($r=0,98$ $p<0,01$). Esto puede ser atribuible a un mayor esfuerzo muscular (Tan & Aziz, 2005).

4.4. "Record Power Profile"(RPP) o "Perfil de potencia"

Este test permite expresar el potencial físico del ciclista a través de la relación entre la potencia y tiempo. Nos refleja la habilidad del ciclista de acuerdo con los niveles de potencia en las diferentes zonas de intensidad.

En el estudio de Pinot y Grappe (2011) se obtienen 5 zonas de entrenamiento. Estas zonas de intensidad del ejercicio se determinaron a partir de la recolección de datos de 13 grabaciones RPP (ver Figura 3), por un lado. También de acuerdo con la intensidad del ejercicio definida por (Jones, Vanhatalo, Burnley, Morton, & Poole, 2010; Francis et al., 2010; Vogt et al., 2006) y, por otro lado, a partir de la distribución los valores de potencia según el tiempo en diferentes carreras (Ebert, Martin, Stephens, & Withers, 2006; Vogt et al., 2008).

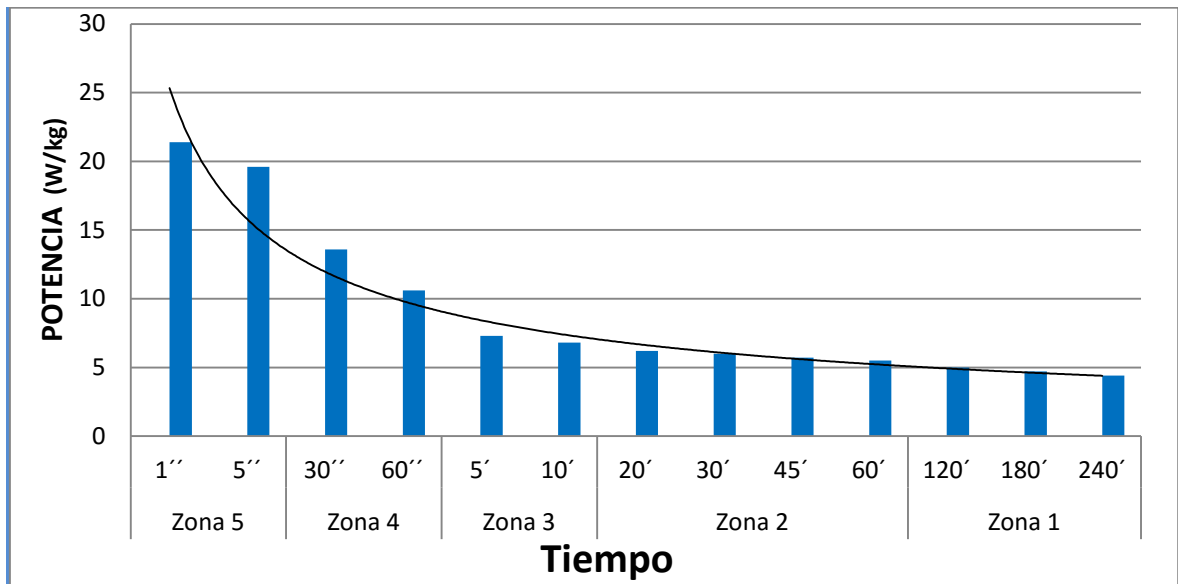


Figura 3. Zonas de entrenamiento. Fuente: Modificado de Pinot y Grappe (2011).

En otro estudio analizado de características similares en cuanto a muestra y método (Pinot & Grappe, 2014), nos aporta el tiempo a la que se obtiene la PAM, el cual es a los 4:42 minutos.

A estos dos estudios citados anteriormente incluimos la propuesta de test de rendimiento "Power Profile" o "Perfil de Potencia" de Allen y Coggan (2010). En el mismo observamos grandes semejanzas en el método de los estudios anteriores. El protocolo del mismo se adjunta en anexos (Anexo 3). Los tiempos de los que se obtienen valores de potencia media son 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos y FTP de 20 minutos. Una vez obtenidos estos datos categoriza a los ciclistas en: pursuiter, excellent steady-state, rider, sprinter, o all-rounder. Destacar que también los clasifica según el nivel de rendimiento en 8 clases, que van desde "World Class" hasta "Untrained".

4.5. Test en rodillo

Incluimos en este tipo de tests el citado anteriormente en el apartado de sprints de Miller et al. (2014). Un test distinto, es el propuesto en el estudio de Francis, Quinn, Amann, y Laroche (2010), el cual consiste en realizar 3 minutos "all-out" y analizar los datos de los últimos 30 segundos de la prueba (EP=End-test power). En base a los datos de potencia media de esta franja de tiempo del test, se relacionan con valores de umbral de lactato (LT), OBLA, umbral ventilatorio (VT, usando V-slope method), y VO_2 pico (VO_{2peak}).

Tras esto propone 5 zonas de entrenamiento (ver Figura 4). Como limitación principal del estudio es la aplicación de los resultados fuera de la muestra utilizada, ciclistas de alto nivel, y por tanto necesita ser validado con una muestra más heterogénea. También añadir que la prueba incremental en laboratorio fue bastante larga para este tipo de sujetos, hasta 62 minutos, dando como resultado valores más bajos (Francis et al., 2010).

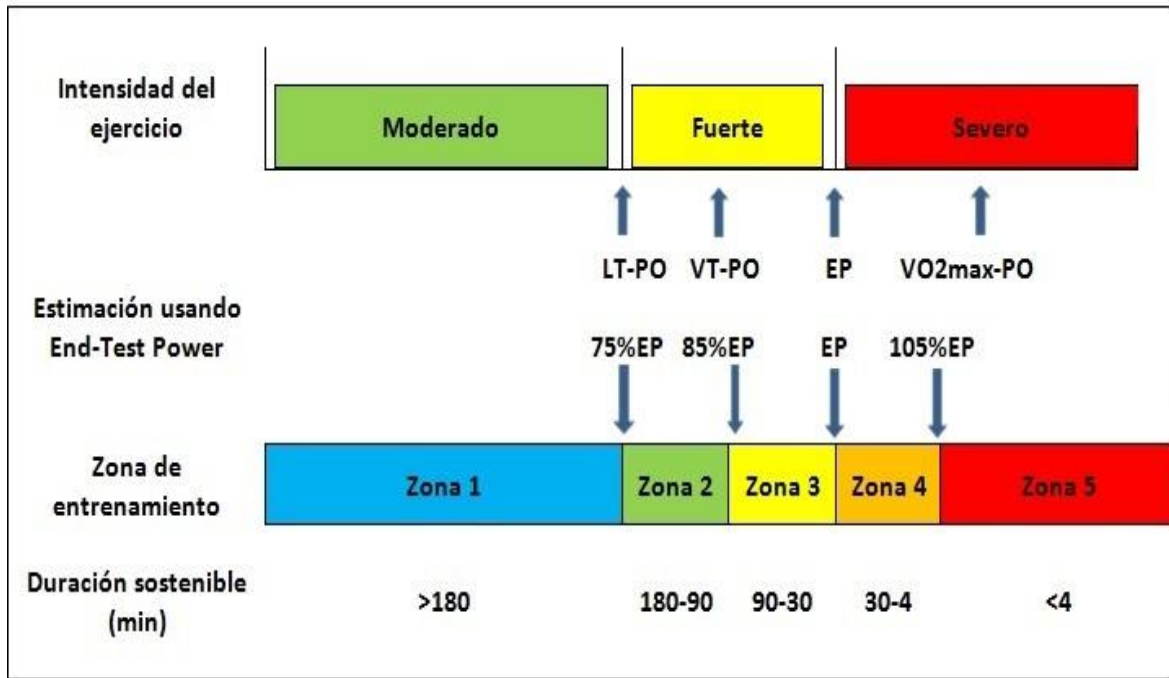


Figura 4. Zonas de entrenamiento. Fuente: modificado de Francis et al. (2010).

4.6. Test velódromo

De los tests encontrados en este apartado podemos diferenciar entre los de 1,3,7 y 12 minutos "all-out" en pista de Nimmerichter y Williams (2015) y Karsten, Jobson, Hopker, Jimenez, y Beedie (2014), y los tests que incrementan su intensidad de forma gradual, como son los estudios de González-Haro, Galilea, Drobnic, y Escanero (2007) y Padilla, Mujika, Cuesta, Polo, y Chatard (1996). Este último estudio no utiliza medidor de potencia instalado en la bicicleta (uno de los criterios de inclusión en la criba), pero al aportarnos buenos resultados en la obtención de la PAM entre campo y laboratorio, mediante fórmula indirecta (Di Prampero, Cortili, Mognoni, & Saibene, 1979), decidimos incluirlo.

El otro test incremental en velódromo propuesto en el estudio de González-Haro et al. (2007), si incluye medición directa con potenciómetro y se obtienen diferencias significativas en valores de PAM medidas en laboratorio y campo. Los autores comentan que hubo un error relativo de 20,2% que no explica la validez del test en su totalidad, siendo uno de los motivos la variabilidad del SRM (1,8%). El 18,4%(75W) restante se debió a otras variables tales como la repetición, variables ambientales, las diferencias biomecánicas (entre la bicicleta de los sujetos y el cicloergómetro), y los protocolos utilizados. De este estudio podemos sacar como conclusión la relación existente entre el % de PAM (potencia aeróbica máxima) y % de MAS (Velocidad Aeróbica Máxima), con una correlación entre ambos de 0.998. Se presenta mediante la siguiente función $\%MAP = 0.0818e^{(2.5167\% MAS)}$. También se categorizan los protocolos a utilizar en función del rendimiento de los atletas, habiendo 4 protocolos estandarizados diferentes.

Karsten et al. (2014) propone la estimación de la potencia crítica (CP) en velódromo como alternativa a los enfoques tradicionales. Utiliza como método tres tests de una duración de 3, 7, y 12 minutos "all-out", en combinación con los resultados obtenidos en laboratorio, mediante la regresión lineal propone dos modelos de estimación de la W' (cantidad de energía finita por encima de CP) y CP: 1º CP1/W'1 a partir de $P=W'+(CP*t)$ y 2º CP2/W'2 a partir de $P=(W'/t)+CP$. Los resultados del estudio nos proporcionan una correlación entre campo y laboratorio para la obtención de CP, pero no para W'. Este resultado lo apoyan los estudios

(Quod, Martin, Martin, & Laursen, 2010; Gavin et al., 2012; Galbraith, 2011), pero se afirma que los valores de CP obtenidos en laboratorio son bajos, y que podría ser debido a que la muestra no es categoría élite. El número de sujetos es pequeño y existe la posibilidad de que los resultados se deban al azar, por lo tanto, éstos necesitan ser testados de nuevo y aprobados por un estudio que incluya una muestra mayor (Karsten et al., 2014).

Otro aspecto de los datos obtenidos del estudio son las diferencias significativas en W' entre campo y laboratorio, lo que va acompañado de respuestas de lactato en general más altas en campo, pudiendo ser debido a que la cadencia es mayor (Nimmerichter & Williams, 2015).

4.7. Conclusiones

En base al objetivo planteado para este Trabajo Fin de Grado, se formulan a continuación las conclusiones generales:

- Para la obtención del "umbral anaeróbico" tenemos los tests: FTP 8 minutos, FTP o TT 20 minutos, TT 30 minutos, TT 90 minutos, TT 1,4 kilómetros (Subida), TT 36 kilómetros (Llano).
- 3, 7, y 12 minutos en velódromo nos dan valores de potencia crítica.
- Si queremos conocer la PAM, realizaremos los tests graduales en velódromo propuestos por Mujika et al. (1996) y Gonzales-Haro et al. (2007). También se puede mediante un TT de 4 minutos de duración y la prueba 3 minutos "all-out" EP en rodillo.
- 55 metros y 65 metros "all-out" en velódromo nos aportan datos de potencia anaeróbica láctica.
- El RPP nos proporciona 5 zonas de entrenamiento (ver Figura 3).
- Para finalizar un test que tiene una correlación alta con el rendimiento en una prueba de XCO sería el Intermittent Power (IP).

5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

Tras analizar todos los tipos de tests propuestos en cada uno de los artículos, abordaremos cual o cuales de estos son más completos para resolver el objetivo de esta revisión bibliográfica: hallar un test de campo que nos permita saber el estado de forma actual del deportista y las zonas de entrenamiento, con la utilización de un potenciómetro instalado en la bicicleta.

Material y método.

Sujetos

La intervención se llevará a cabo a lo largo de una temporada en 8 ciclistas (2 de carretera y 6 de montaña). Todos ellos llevan una temporada entrenando con potenciómetro y tienen los datos de al menos 1 test de laboratorio (incremental con gases) previo a la intervención.

Material

El material que van a utilizar es un potenciómetro instalado en su propia bicicleta, el cual llevan utilizando al menos dos meses antes de la intervención. Los potenciómetros utilizados son de la marca SRM y PowerTap, los cuales ha sido comprobada su validez y fiabilidad (Bertucci et al., 2005).

Los datos obtenidos serán analizados mediante el software WKO+ 4.0.

Para comprobar la validez de los resultados obtenidos se hará un incremental en cicloergómetro (Cadgirus SNT) con analizador de gases (Cosmed Fitmate Pro Desktop CPET).

Método

Se llevarán a cabo 4 tipos de tests. El primero será un FTP de 20 minutos propuesto por Allen y Coggan (2010), para sacar las zonas de entrenamiento como hemos descrito anteriormente, (ver Tabla 1). También este test lo propone Nimmerichter et al. (2010) para obtener la potencia del umbral ventilatorio y posteriormente compararla con la obtenida en laboratorio y así ver diferencias.

Después de realizar este test, analizamos los datos de potencia de 1 mesociclo de 30 días aproximadamente, incluyendo en el mismo alguna competición para obtener de esta forma el RPP.

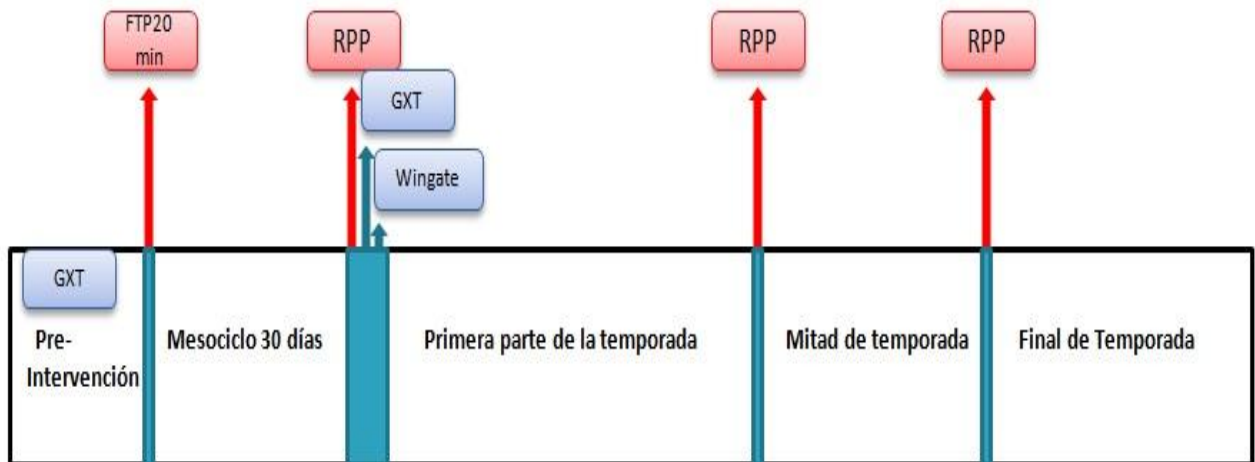
Una vez analizados los tiempos propuestos en el estudio de Pinot y Grappe (2011), volvemos a sacar las nuevas zonas de entrenamiento que este estudio propone (ver Figura 3), y las comparamos con las que estábamos utilizando anteriormente de FTP.

Para que los resultados de los tests sean válidos se deben reproducir en la mayor medida posible las condiciones en las que se efectúa. Temperatura, viento, presión de las ruedas, y recorrido (Hawley & Noakes, 1992).

Después efectuaremos las últimas pruebas, un incremental con gases y un wingate de 30 segundos en cicloergómetro, para comprobar las zonas obtenidas y la validez de las mismas. Vemos si tienen relación los hitos fisiológicos, VT1, VT2, PAM y potencia anaeróbica láctica-aláctica.

Las zonas obtenidas se irán modificando a lo largo de la temporada, por lo que cada 2 meses se volverá a analizar el RPP, haciendo un total de 2 RPP más.

Por último, vemos los datos de potencia para los tiempos: 5 segundos, 1 minuto, 5 minutos, y 20 minutos. Y en base a estos datos categorizamos los sujetos según el nivel (ver Anexo 2) y el perfil de ciclista al que corresponden (ver Anexo 3) (Allen & Coggan, 2010). Resaltar que esto último es una categorización que hace Coggan en base a numerosos datos recogidos a lo largo de su carrera, pero requiere de estudios de rigor científico que lo respalden.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Allen, H., & Coggan, A. (2010). *Training and racing with a power meter*. VeloPress.
- Andrews, M. A., Godt, R. E., & Nosek, T. M. (1996). Influence of physiological L(+)-lactate concentrations on contractility of skinned striated muscle fibers of rabbit. *Journal of Applied Physiology*, *80*(6), 2060–2065.
- Balmer, J., Davison, R. C., & Bird, S. R. (2000). Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(8), 1485–1490.
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E., & Batterham, A. M. (2001). Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(12), 2077–2081.
- Bertucci, W., Taiar, R., & Grappe, F. (2005). Differences between sprint tests under laboratory and actual cycling conditions. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *45*(3), 277–283.
- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. *Sports Medicine*, *31*(1), 13–31.
- Billat, L. V., Binsse, V., Petit, B., & Koralsztein, J. P. (1998). High level runners are able to maintain a VO₂ steady-state below VO₂max in an all-out run over their critical velocity. *Archives of Physiology and Biochemistry*, *106*(1), 38–45.
- Coyle, E. F., Coggan, A. R., Hopper, M. K., & Walters, T. J. (1988). Determinants of endurance in well-trained cyclists. *Journal of Applied Physiology*, *64*(6), 2622–2630.
- Craig, N. P., & Norton, K. I. (2001). Characteristics of track cycling. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *31*(7), 457–468.
- Davis, J. A., Whipp, B. J., Lamarra, N., Huntsman, D. J., Frank, M. H., & Wasserman, K. (1982). Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(5), 339–343.
- Di Prampero, P. E., Cortili, G., Mognoni, P., & Saibene, F. (1979). Equation of motion of a cyclist. *Journal of Applied Physiology*, *47*(1), 201–206.
- Ebert, T. R., Martin, D. T., Stephens, B., & Withers, R. T. (2006). Power output during a professional men's road-cycling tour. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *1*(4), 324–335.
- Francis, J. T., Quinn, T. J., Amann, M., & Laroche, D. P. (2010). Defining intensity domains from the end power of a 3-min all-out cycling test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(9), 1769–1775.
- Galbraith, A., Hopker, J. G., Jobson, S. A., & Passfield, L. (2011). A Novel Field Test to Determine Critical Speed. *Journal of Sports Medicine & Doping Studies*, *01*(01), 1–4.
- Gardner, A. S., Martin, J. C., Martin, D. T., Barras, M., & Jenkins, D. G. (2007). Maximal torque and power-pedaling rate relationships for elite sprint cyclists in laboratory and field tests. *European Journal of Applied Physiology*, *101*(3), 287–292.
- Gavin, T. P., Van Meter, J. B., Brophy, P. M., Dubis, G. S., Potts, K. N., & Hickner, R. C. (2012). Comparison of a Field-Based Test to Estimate Functional Threshold Power and Power Output at Lactate Threshold. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(2), 416–421.
- González-Haro, C., Galilea, P. A., Drobnic, F., & Escanero, J. F. (2007). Validation of a field test to

- determine the maximal aerobic power in triathletes and endurance cyclists. *British Journal of Sports Medicine*, 41(3), 174–179.
- Hawley, J. A., & Noakes, T. D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 65(1), 79–83.
- Holloszy, J. O., & Coyle, E. F. (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiology*, 56(4), 831–838.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Sassi, A., Moggi, P., & Marcora, S. (2005). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal of Sports Sciences*, 23(January 2015), 41–47.
- Inoue, A., Sá Filho, A. S., Mello, F. C. M., & Santos, T. M. (2011). Relationship between anaerobic cycling tests and mountain bike cross-country performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Jeukendrup, A. E., Craig, N. P., & Hawley, J. A. (2000). The bioenergetics of World Class Cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 3(4), 414–433.
- Jeukendrup, A., & Diemen, A. Van. (1998). Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 16(sup1), 91–99.
- Jobson, S. A., Woodside, J., Passfield, L., & Nevill, A. M. (2008). Allometric scaling of uphill cycling performance. *International Journal of Sports Medicine*, 29(9), 753–757.
- Jones, A. M., Vanhatalo, A., Burnley, M., Morton, R. H., & Poole, D. C. (2010). Critical power: implications for determination of VO₂max and exercise tolerance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(10), 1876–90.
- Karsten, B., Jobson, S. A., Hopker, J., Jimenez, A., & Beedie, C. (2014). High agreement between laboratory and field estimates of critical power in cycling. *International Journal of Sports Medicine*, 35(4), 298–303.
- Kentta, G., & Hassmen, P. (1998). Overtraining and recovery: a conceptual model Suretraining et recuperation: un modele conceptuel. *Sports Medicine*, 26(1), 1–16.
- Klika, R. J., Alderdice, M. S., Kvale, J. J., & Kearney, J. T. (2007). Efficacy of cycling training based on a power field test. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 21(1), 265–269.
- Billat, L. V. (2001). Interval Training for Performance: A Scientific and Empirical Practice: Special Recommendations for Middle- and Long-Distance Running. Part I: Aerobic Interval Training. *Sports Medicine*, 31(1), 13–31.
- Lucia, A., Hoyos, J., Pérez, M., Santalla, A., Earnest, C. P., & Chicharro, J. L. (2004). Which laboratory variable is related with time trial performance time in the Tour de France?. *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 636–640.
- Macdermid, P. W., & Stannard, S. (2012). Mechanical work and physiological responses to simulated cross country mountain bike racing. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1491–501.
- McNaughton, L. R., Roberts, S., & Bentley, D. J. (2006). The relationship among peak power output, lactate threshold, and short-distance cycling performance: effects of incremental exercise test design. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(1), 157–61.
- Miller, M. C., Moir, G. L., & Stannard, S. R. (2014). Validity of using functional threshold power and intermittent power to predict cross-country mountain bike race outcome. *Journal of*

Science and Cycling, 3(1), 16–20.

- Mognoni, P., & di Prampero, P. E. (2003). Gear, inertial work and road slopes as determinants of biomechanics in cycling. *European Journal of Applied Physiology*, 90(3-4), 372–376.
- Padilla, S., Mujika, I., Cuesta, G., Polo, J. M., & Chatard, J. C. (1996). Validity of a velodrome test for competitive road cyclists. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 73(5), 446–451.
- Nimmerichter, A., & Williams, C. A. (2015). Comparison of Power Output During Ergometer and Track Cycling in Adolescent Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1049–1056.
- Nimmerichter, A., Williams, C., Bachl, N., & Eston, R. (2010). Evaluation of a field test to assess performance in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 160–166.
- Pinot, J. & Grappe, F. (2014). Determination of Maximal Aerobic Power on the field in cycling. *Journal of Science and Cycling*, 3(1), 26–31.
- Pinot, J., & Grappe, F. (2011). The record power profile to assess performance in elite cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 839–844.
- Quod, M. J., Martin, D. T., Martin, J. C., & Laursen, P. B. (2010). The power profile predicts road cycling MMP. *International Journal of Sports Medicine*, 31(6), 397–401.
- Robinson, M. E., Plasschaert, J., & Kisaalita, N. R. (2011). Effects of high intensity training by heart rate or power in recreational cyclists. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(3), 498–501.
- Tan, F. H. Y., & Aziz, A. R. (2005). Reproducibility of outdoor flat and uphill cycling time trials and their performance correlates with peak power output in moderately trained cyclists. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(3), 278–284.
- Vogt, S., Heinrich, L., Schumacher, Y. O., Blum, A., Roecker, K., Dickhuth, H. H., & Schmid, A. (2006). Power output during stage racing in professional road cycling. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(1), 147–151.
- Vogt, S., Roecker, K., Schumacher, Y. O., Pottgiesser, T., Dickhuth, H. H., Schmid, A., & Heinrich, L. (2008). Cadence-power-relationship during decisive mountain ascents at the Tour de France. *International Journal of Sports Medicine*, 29(3), 244–250.

7. ANEXOS

Anexo 1

Tabla 2
Protocolo de "Power Profile" o "Perfil de Potencia"

	Tiempo	Descripción	% de FTP
Calentamiento	45min	Rodaje fácil	65
	3x1min (1min R1)	Pedaleo rápido,110rpm	80-90
Test	5min (3-5min R1)	Esfuerzo FTP	100
	1min (3-5min R1)	All-out	>150
	10min	Rodaje fácil	70-80
	5min (10min R1)	-	>115-120
	1min (5min R1)	All-out	>150
	1min (5min R1)	All-out	>150
	2x15seg (2min R1)	All-out	Max.
Ajuste	15min	Rodaje fácil	60-70

Nota: Para intervalos de recuperación (R1)= 60-70% de FTP.

Fuente: Allen y Coggan (2010).

Anexo 2

Tabla 3
Tipo de ciclista según "Power Profile" o "Perfil de Potencia"

Pursuiter					All-Rounder				
Máximal Power Output (W/kg)					Máximal Power Output (W/kg)				
5 sec.	1 min.	5 min.	FTP		5 sec.	1 min.	5 min.	FTP	
19,55	9,32	5,64	4,71		18,07	8,74	5,12	4,27	
19,26	9,2	5,53	4,62		17,78	8,63	5,01	4,18	
18,96	9,09	5,43	4,53		17,48	8,51	4,91	4,09	
18,66	8,97	5,33	4,44		17,18	8,4	4,81	4	
18,37	8,86	5,22	4,35		16,89	8,28	4,7	3,91	
18,07	8,74	5,12	4,27		16,59	8,17	4,6	3,82	
17,78	8,63	5,01	4,18		16,29	8,05	4,5	3,73	
17,48	8,51	4,91	4,09		16	7,94	4,39	3,64	
17,18	8,4	4,81	4		15,7	7,82	4,29	3,55	
16,89	8,28	4,7	3,91		15,41	7,71	4,19	3,47	
16,59	8,17	4,6	3,82		15,11	7,59	4,08	3,38	
16,29	8,05	4,5	3,73		14,81	7,48	3,98	3,29	
16	7,94	4,39	3,64		Time Trialist, Climber, Steady.State Rider				
15,7	7,82	4,29	3,55		Máximal Power Output (W/kg)				
15,41	7,71	4,19	3,47		5 sec.	1 min.	5 min.	FTP	
15,11	7,59	4,08	3,38		19,85	9,43	5,74	4,8	
14,81	7,48	3,98	3,29		19,55	9,32	5,64	4,71	
Sprinter					19,26	9,2	5,53	4,62	
Máximal Power Output (W/kg)					18,96	9,09	5,43	4,53	
5 sec.	1 min.	5 min.	FTP		18,66	8,97	5,33	4,44	
21,63	10,12	6,36	5,33		18,37	8,86	5,22	4,35	
21,33	10,01	6,26	5,24		18,07	8,74	5,12	4,27	
21,03	9,89	6,15	5,15		17,78	8,63	5,01	4,18	
20,74	9,78	6,05	5,07		17,48	8,51	4,91	4,09	
20,44	9,66	5,95	4,98		17,18	8,4	4,81	4	
20,15	9,55	5,84	4,89		16,89	8,28	4,7	3,91	
19,85	9,43	5,74	4,8		16,59	8,17	4,6	3,82	
19,55	9,32	5,64	4,71		16,29	8,05	4,5	3,73	
19,26	9,2	5,53	4,62		16	7,94	4,39	3,64	
18,96	9,09	5,43	4,53		15,7	7,82	4,29	3,55	
18,66	8,97	5,33	4,44						
18,37	8,86	5,22	4,35						
18,07	8,74	5,12	4,27						
17,78	8,63	5,01	4,18						
17,48	8,51	4,91	4,09						
17,18	8,4	4,81	4						
16,89	8,28	4,7	3,91						

Fuente: Allen y Coggan (2010).

Anexo 3

Tabla 4
 Nivel del ciclista según datos de "Power Profile" o "Perfil de Potencia"

		Relative, W/KG				Absolute 165 Lb (75 KG)			
		5 s	1 min	5 min	FT	5 s	1 min	5 min	FT
World class		24.04	11.50	7.60	6.40	1803	863	570	480
		23.69	11.35	7.47	6.29	1777	852	560	472
		23.35	11.21	7.34	6.17	1751	841	550	463
		23.00	11.06	7.21	6.06	1725	830	540	455
		22.66	10.92	7.07	5.95	1699	819	531	446
Exceptional		22.31	10.77	6.94	5.84	1673	808	521	438
		21.97	10.62	6.81	5.72	1648	797	511	429
		21.62	10.48	6.68	5.61	1622	786	501	421
		21.28	10.33	6.55	5.50	1596	775	491	412
		20.93	10.19	6.42	5.38	1570	764	481	404
Excellent		20.59	10.04	6.29	5.27	1544	753	471	395
		20.24	9.89	6.16	5.16	1518	742	462	387
		19.90	9.75	6.02	5.04	1492	731	452	378
		19.55	9.60	5.89	4.93	1466	720	442	370
		19.20	9.46	5.76	4.82	1440	709	432	361
Very good		18.86	9.31	5.63	4.71	1414	698	422	353
		18.51	9.16	5.50	4.59	1389	687	412	344
		18.17	9.02	5.37	4.48	1363	676	403	336
		17.82	8.87	5.24	4.37	1337	665	393	327
		17.48	8.73	5.10	4.25	1311	655	383	319
Good		17.13	8.58	4.97	4.14	1285	644	373	311
		16.79	8.44	4.84	4.03	1259	633	363	302
		16.44	8.29	4.71	3.91	1233	622	353	294
		16.10	8.14	4.58	3.80	1207	611	343	285
		15.75	8.00	4.45	3.69	1181	600	334	277
Moderate		15.40	7.85	4.32	3.58	1155	589	324	268
		15.06	7.71	4.18	3.46	1129	578	314	260
		14.71	7.56	4.05	3.35	1104	567	304	251
		14.37	7.41	3.92	3.24	1078	556	294	243
		14.02	7.27	3.79	3.12	1052	545	284	234
Fair		13.68	7.12	3.66	3.01	1026	534	274	226
		13.33	6.98	3.53	2.90	1000	523	265	217
		12.99	6.83	3.40	2.78	974	512	255	209
		12.64	6.68	3.27	2.67	948	501	245	200
		12.30	6.54	3.13	2.56	922	490	235	192
Untrained		11.95	6.39	3.00	2.45	896	479	225	183
		11.61	6.25	2.87	2.33	870	468	215	175
		11.26	6.10	2.74	2.22	845	457	206	166
		10.91	5.95	2.61	2.11	819	447	196	158
		10.57	5.81	2.48	1.99	793	436	186	150

Fuente: Allen y Coggan (2010).