



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

MÁSTER UNIVERSITARIO INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Curso Académico 2017-2018

INFLUENCIA DE LA CONDICIÓN FÍSICA DEL PERSONAL ESPECIALISTA EN EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN LA REALIZACIÓN DE SU PRUEBA ESPECÍFICA "PACK TEST".

Title

Influence of the physical condition of the personnel specialized in forest fire extinction in the performance of their specific test "Pack-test"

Autor: Jorge Gutiérrez Arroyo

Tutor: Dr. José Gerardo Villa Vicente

Dpto. de Educación Física y Deportiva

Fecha: 5-7-2018

Vº Bº TUTOR

Vº Bº AUTOR

INDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUCCIÓN:.....	6
1.1. Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.)	6
1.2. Estrés Térmico en el P.E.E.I.F.	7
1.3. Condición Física del P.E.E.I.F.	8
1.4. Pruebas o Aptitudes requeridas por el P.E.E.I.F.	14
1.5. Prueba <i>Pack Test</i>	17
1.6. Propuesta de Entrenamiento para mejora del <i>Pack Test</i>	18
2. OBJETIVOS.....	22
3. MÉTODOS.....	22
3.1.Sujetos.....	22
3.2. Composición Corporal	23
3.3. Pruebas de Condición Física	23
Test de Fuerza-Resistencia lumbar.....	23
Test de Fuerza Resistencia de miembro superior (MMSS)	24
Test de Fuerza Resistencia del <i>Core</i>	24
Test de Flexibilidad isquiosural	25
Test de Fuerza Explosiva del miembro inferior (MMII)	25
Test de Dinamometría manual	26
Test de Equilibrio estático	26
3.4. Prueba de Condición Aeróbica.....	27
3.5. Prueba <i>Pack Test</i>	28
3.6. Programación de Entrenamiento HIIT-WB.....	30
3.7. Análisis Estadístico.....	30
4. RESULTADOS.....	31
4.1. Características Antropométricas y Composición corporal	31
4.2. Pruebas de Condición Física	31
4.3. Prueba de Condición Aeróbica.....	32
4.4. Prueba específica <i>Pack Test</i>	34
4.5. Relaciones entre <i>Pack Test</i> .-Aptitud física-Condición Aeróbica	37
4.5.2. Análisis Correlacional <i>Pack Test</i> vs Pruebas Aptitud Físicas.....	38
5. DISCUSIÓN.....	41
5.1. Características Antropométricas y de Composición corporal.....	41
5.2. Condición Física.....	42
5.3.Condición Aeróbica.....	43
5.3.1. Capacidad Aeróbica (VO ₂ max).....	44

5.3.2. Resistencia Aeróbica (Umbral Anaeróbico- VT_2).....	44
5.4. Relaciones entre <i>Pack Test</i> -Aptitud física-Condición Aeróbica	45
5.4.1. Correlaciones <i>Pack Test</i> -Aptitud física.....	45
5.4.2. Correlaciones <i>Pack Test</i> -Condición Aeróbica	46
6. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS	48
7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y AGRADECIMIENTOS.....	48
8. BIBLIOGRAFÍA	49
9. ANEXOS.....	59

RESUMEN

El Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.) desarrolla su trabajo en condiciones que exigen un gran esfuerzo físico, para lo cual deben mantener un estado de forma óptimo que les permita llevar a cabo su trabajo con el menor riesgo físico posible y sobre su salud. Actualmente, el P.E.E.I.F. debe superar distintas pruebas de aptitud física para demostrar que están en buenas condiciones para el desarrollo de su labor. La prueba de caminata o *Pack Test (PT)* (recorrer 4.83 km con una carga de 20.4 kg) fue diseñada para determinar la preparación para el trabajo de los bomberos forestales de EE. UU. En este estudio, se pretende analizar la influencia de un entrenamiento específico tipo HIIT, en su modalidad calisténica, en relación a la condición física y el rendimiento en la prueba específica de selección del P.E.E.I.F. "*Pack Test*". P.E.E.I.F. (n=9) con 7,4 años de experiencia y que realizan actividad física diaria, llevaron a cabo una programación de 8 semanas de entrenamiento tipo HIIT (>85% FCmax y percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) >7-8), en la que se incluían movimientos específicos de extinción y remate. Se llevaron a cabo, antes y después de la programación, pruebas de valoración de la condición física (antropometría, test de aptitud física, test de esfuerzo máximo incremental y prueba de selección *Pack Test*). Se realizó el análisis estadístico descriptivo, comparativo y correlacional de los datos obtenidos con el programa SPSS V.19.0. Los resultados mostraron una mejora en el rendimiento de la prueba *Pack Test* del 13% (39:01 antes Vs. 33:06 min después); mejoras en la condición física (Fuerza-Resistencia lumbar: 55,5%; abdominal: 42,8%; miembro superior 10,1%; Fuerza Explosiva del miembro inferior: 7%; Equilibrio unipodal 48,1%; Flexibilidad pierna derecha: 41,3%; e izquierda: 26,8%; sin cambios en la fuerza de agarre); mejoras en la condición aeróbica (Consumo de oxígeno (VO₂) y velocidad alcanzada en el umbral aeróbico (VT₁) y el umbral anaeróbico (VT₂), sin cambios en el consumo máximo de oxígeno (VO₂max) y velocidad máxima alcanzada). Se concluye que un entrenamiento HIIT (>85%FCmax y > 7-8 RPE) con ejercicios calisténicos y/o funcionales de corta duración (8 semanas), ha logrado provocar mejoras en el rendimiento de la prueba de selección del P.E.E.I.F. *Pack Test*, en personas entrenadas, mostrando que la mejora de la prueba PT se asocia de una forma más importante con la resistencia aeróbica (VT₂) que con la capacidad aeróbica (VO₂max) y la fuerza resistencia muscular.

Palabras claves: Bomberos Forestales, Pruebas Aptitud Física, Pack Test, Rendimiento, Entrenamiento, HIIT-WB.

ABSTRACT

The Specialist People to Extinguish Forest Fire (SPEFF) develop its work in condition that demand great physical effort, so they must keep an ideal state that allows them to carry out their work with the lowest physical risk and for their health. Now a day, SPEFF should pass different physical fitness test to demonstrate they are in optimal condition for develop their job. Walk test or Pack Test (PT) (go through 4,83km with a load of 20, 4 kg) was planned to determine the experience for the work that realize forest firefighters in EE.UU. This study claim analyze the influence of a specific training like HIIT, in its calisthenic modality, in relation with physical condition and the capacity in the specific selection test of SPEFF Pack test. Specialist in Forest Fire Extinction with 7,4 years of experience, perform daily physical activities, an 8-week HIIT-type training program was carried out (>85% HRmax and subjective perception of exertion (RPE) > 7-8), specific extinction and finish extinction movements were included. Before and after the program, test physical evaluation was done (anthropometry, aptitude physical test, maximal ergospirometric stress test and selection Pack Test). The descriptive, comparative and correlational statistical analysis of the data obtained with the SPSS V.19.0 program was performed. Result showed a progress in the efficiency for Pack Test to 13% (39:01 before vs. 33:06 minutes after); improvement in the physical condition (lumbar strenght-resistance: 55,5%; six-pack: 42,8%; upper limb: 10,1%; lower limb explosive strength: 7%; unipodal balance: 48,1%; right leg flexibility: 41,3%; left leg flexibility: 26,8%; without changes in grip strength); progress in the aerobic state (oxygen consumption VO_2) and velocity reached in the aerobic threshold (VT₁) and the anaerobic threshold (VT₂), without changes at the maximum oxygen consumption (VO_{2max}) and maximum speed reached). For concluded with a HIIT training (>85% HRmax and >7-8 RPE) with calisthenic and/or useful exercises of short duration (8-weeks), it was been succeeded to cause improvements in the performance of the selection test of SPEFF Pack Test, with trained people; to show that the improvement of Pt test is associated in a more important way with the aerobic resistance (VT₂) than the aerobic capacity (VO_{2max}) and the muscular strength.

Keywords: Forest firefighters, Physical Fitness Test, Pack Test, Performance, Training, HIIT-WB.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1. Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.)

Se entiende por personal de extinción de incendios forestales (IIF), a todas aquellas personas que se encuentran dentro del dispositivo nacional de lucha contra incendios, y realizan trabajos de extinción o bien tareas de apoyo a diversos medios mecánicos (aviones, helicópteros, bulldozers, etc) (Porrero & Peñas, 2000). El personal especialista en extinción de incendios forestales (P.E.E.I.F.) es un subgrupo dentro del personal de extinción. Sus características principales son la rápida capacidad de respuesta, gracias a sus desplazamientos en helicóptero y su capacitación para trabajar en las zonas más complejas del incendio (MAPAMA, 2012). Las características del P.E.E.I.F. son las de un sector con una alta temporalidad laboral (en muchos casos son seleccionados para contratos de 4 meses durante el periodo estival) (Villa et al., 2009).

Dentro de este P.E.E.I.F. podemos distinguir entre las Brigadas de Refuerzo en Incendios Forestales (BRIF) que se localizan en zonas estratégicas del territorio y tienen cobertura nacional (Carballo-Leyenda, 2017); y los Equipos de Lucha Contra Incendios Forestales (ELIF), unidades helitransportadas al servicio de la Comunidad Autónoma (CCAA) que se caracterizan por la rápida actuación de sus misiones; deben estar volando hacia el incendio en menos de diez minutos. Su actuación se basa principalmente en realizar un ataque directo, extinguiendo las llamas con herramientas manuales específicas para ello (batefuegos, mochilas extintoras) (García-Heras, 2018). Estas ELIF son lo que anteriormente se conocía en España como las Cuadrillas de Acción Rápida (CAR).

El P.E.E.I.F. se caracteriza por desempeñar su trabajo en unas condiciones muy adversas desde el punto de vista del rendimiento físico, ya que se ve expuesto a una serie de condicionantes tales como la naturaleza y orografía del terreno, las altas temperaturas, el manejo de herramientas manuales pesadas, el portar un Equipo de Protección Individual (EPI), la larga duración del esfuerzo,... (Lagos, Orellana, & Apud, 2009, Budd, 2001; Heil, 2002; Carballo-Leyenda, 2017). Para la realización de las actividades de extinción de incendios y limpieza de IIF, se incluyen tareas como largas caminatas, la construcción de líneas de defensa con herramienta manual, la eliminación de maleza, el trabajo con moto sierras y quemas controladas (Rodríguez-Marroyo et al., 2012).

El estudio de Ruby, Shriver, Zderic, Sharkey, Burks, & Tysk (2002) se han obtenido costes energéticos en las labores de extinción de incendios de 2628 ± 714 kcal.día⁻¹, llegando a alcanzarse puntualmente las 12 kcal.min⁻¹ (Lawson, Crown, Ackerman, & Dale, 2004). En el ámbito laboral se ha informado que trabajos que superen puntualmente un coste energético mayor de 6 kcal·min⁻¹ implican una intensidad moderada para los sujetos, y aquellos que superan las 8 kcal·min⁻¹ implican una alta intensidad (Apud, Meyer, & Maureira, 2002). Comparando la carga de trabajo de ejercicio (TRIMP) realizada por 200 bomberos forestales españoles, pudo apreciarse que la media registrada (*260) puede asemejarse a la informada en eventos de maratón (*300) y ligeramente inferior a ciclistas profesionales (*330) (Lucía, Hoyos, Santalla, Earnest, & Chicharro, 2003; Rodríguez-Marroyo, García-López, Juneau, & Villa, 2007); llegando en incendios de 5 horas de duración, a TRIMP muy elevados (*510) (Rodríguez-Marroyo et al., 2012).

Los integrantes de estas brigadas tienen un estilo de vida, que en contra de lo que se puede pensar por los datos reflejados anteriormente, se caracteriza por la heterogeneidad, con tendencia a un cierto grado de sedentarismo (Villa et al., 2009). A pesar de la multitud de peligros, la principal causa de muerte en la línea de servicio entre los bomberos forestales en EE.UU. es un evento cardíaco repentino, que representa aproximadamente el 45% de las muertes en el servicio. La lucha contra incendios requiere altos niveles de aptitud aeróbica, capacidad anaeróbica y fuerza y resistencia muscular; sin embargo, los datos sugieren que muchos bomberos no poseen una gran capacidad aeróbica o anaeróbica (Smith, 2011).

Varios son los autores que coinciden en definir esta ocupación desarrollada por el P.E.E.I.F como exigente y peligrosa, debido a su propia naturaleza (Parker, Vitalis, Walker, Riley, & Pearce, 2017; Rodríguez-Marroyo et al., 2012; Petersen, Payne, Phillips, Netto, Nichols, & Aisbett, 2010). Para muestra de ello, un examen de 307 muertes ocupacionales por desastres naturales en el período entre 1992 a 2006, en el cual se comprobó que el mayor número de muertes (80) correspondió a los bomberos que combaten incendios forestales (Fayard, 2009).

En la literatura se han estudiado profesiones físicamente exigentes, incluyendo a los militares (Montain, Sawka, Cadarette, Quigley, & McKay, 1994), bomberos de estructuras (Smith, Manning & Petruzzello, 2001; Eglin, Coles, & Tipton, 2004) y los bomberos forestales (Heil 2002, Ruby et al., 2002; Cuddy, Sol, Hailes, & Ruby, 2015; Larsen, Snow, Williams-Bell & Aisbett, 2015). Se ha indicado que las altas exigencias físicas de estas profesiones vienen no sólo de la naturaleza de las actividades que llevan a cabo, sino también, de las condiciones ambientales en las que se realizan. Tener que realizar un trabajo físico exigente en condiciones ambientales de altas temperaturas, mientras se lleva la ropa de protección, incrementa la temperatura corporal y la carga cardiovascular de los sujetos, pudiendo alcanzar el límite de tolerancia del organismo (Smith, Petruzzello, Kramer, & Misner, 1997).

1.2. Estrés Térmico en el P.E.E.I.F.

Los humanos podemos soportar amplias variaciones de la temperatura ambiental, mientras que pequeñas variaciones en la temperatura corporal ($\sim 3^\circ\text{C}$) sobre la temperatura corporal media de $36 \pm 0,3^\circ\text{C}$, pueden conducir a la pérdida del rendimiento físico y mental, daños severos e incluso la muerte (Astrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003; Crandall & González-Alonso, 2010). Por ello, el organismo despliega una serie de mecanismos termo regulatorios destinados a controlar la temperatura corporal (Kenny, Gagnon, Dorman, Hardcastle, & Jay, 2010). El 75% de la energía generada por el músculo esquelético es liberada en forma de calor. Durante la realización de un trabajo físico se activan varios mecanismos fisiológicos para prevenir una elevación excesiva de la temperatura corporal (López-Satué, 2009). El exceso de calor debe primero ser transferido desde el interior del cuerpo a la piel y desde ésta, ser eliminado al ambiente. La eliminación de calor se produce por diferentes mecanismos: radiación, convección, conducción y evaporación. Esta pérdida de calor por radiación y convección depende del gradiente de temperatura entre la piel y el aire circundante, pues cuando la temperatura del aire excede los 36°C , el gradiente para el intercambio de calor se revierte y el cuerpo gana calor por radiación y convección en vez de perderlo, por lo tanto, la mayor pérdida de calor se produce por la evaporación del sudor (Wendt, Van Loon, & Lichtenbelt, 2007).

Cuando el sudor se convierte en el primer medio de disipación de calor, es necesario evitar la deshidratación favoreciendo la ingesta de líquidos (Rehrer, 2001). Esto es a menudo difícil, ya que el estímulo de la sed no se activa hasta que la pérdida de peso corporal es de un 2%, con lo que es probable que ya hayan aparecido los primeros síntomas de deshidratación (Sawka, Montain, & Latzka, 2001). Si la evaporación del sudor no se realiza de forma efectiva, se acumula en la piel sin producir enfriamiento, lo cual supone el acumulo de calor en el organismo y el consiguiente incremento de la temperatura corporal (Smith & Petruzzello, 1998; Eglin et al., 2004). La realización de ejercicios en entornos térmicamente estresantes aumenta el riesgo de calambres musculares asociados con el ejercicio, síncope de calor, agotamiento, lesión por calor y golpe de calor y también deteriora la capacidad de ejercicio y el rendimiento (Ruddock, Robbins, Tew, Bourke, & Purvis, 2017). Para entender cómo las diferentes condiciones ambientales impactan en la productividad y seguridad de los trabajadores, debemos tener en cuenta que si la tasa de trabajo disminuye en temperaturas más calientes, es posible que se necesiten más trabajadores o más descansos, de modo que se puedan cumplir los objetivos operacionales sin que los individuos intenten tasas de trabajo insostenibles que puedan comprometer su salud y seguridad (Vincent, Aisbett, Larsen, Ridgers, Snow, & Ferguson, 2017).

Dado que los bomberos forestales pueden llevar un equipo pesado (22 kg) y aislante, y se les exige que realicen un trabajo muscular extenuante en entornos muy cálidos, no es sorprendente que se provoquen situaciones de estrés térmico. Los desafíos para el sistema termorregulador incluyen temperatura central elevada (hipertermia) y deshidratación, siendo estos problemas muy serios ya que pueden acelerar el inicio de la fatiga, limitar el tiempo de trabajo, aumentar la tensión cardiovascular, provocar enfermedades por calor fatales (incluido el golpe de calor), deteriorar la función cognitiva y aumentar el riesgo lesivo (Smith, 2011). Larsen et al. (2015) compararon la respuesta termofisiológica durante la simulación de extinción de IFFF en un ambiente muy cálido ~ 45 °C frente a condiciones templadas ~ 18 °C, obteniendo un incremento significativo de la frecuencia cardíaca (FC) en condiciones de calor, con una FC media de 166 ppm frente a 148 ppm. Estos resultados ponen de relieve la importancia del estrés térmico en la respuesta cardiovascular y subjetiva al esfuerzo (Carballo-Leyenda, 2017).

Los factores de riesgo no evitables relacionados con la exposición al fuego y el entorno de trabajo, hacen que el EPI sea de uso obligatorio para la protección del P.E.E.I.F. Este tipo de ropa está especialmente diseñada para frenar la entrada de calor y debe cumplir una serie de normas de fabricación y de comportamiento ante las diferentes vías de transferencia de calor, recogidas en la norma internacional ISO 15384 (2003) y su versión europea, la UNE-EN 15614 (2007) (Carballo-Leyenda, 2017). La mayor dificultad para eliminar el calor produce un mayor incremento de la temperatura central y la frecuencia cardíaca, produciéndose un aumento de la sudoración que no llega a evaporarse en un intento de aumentar la eficiencia evaporativa (Havenith, Holmér, den Hartog & Parsons, 1999). La reducción de la eficiencia evaporativa, incluso en condiciones de trabajo físico ligero o temperaturas ambientales templadas, conduce a una ganancia constante de calor corporal que no puede ser mantenida en el tiempo, limitando el tiempo de tolerancia al trabajo (estrés térmico incompensable) (McLellan & Selkirk, 2004). En este sentido, un estudio reciente, (Carballo-Leyenda, 2017) realizado con 8 P.E.E.I.F. varones físicamente activos (30,8 años de media), analizó en condiciones cálidas (30°C y 30% humedad) el efecto del traje de protección en la respuesta fisiológica y subjetiva al realizar 3 pruebas (test de Bruce, y test incremental de 120 minutos con y sin EPI), llevando una mochila de 20kg. Se observó que la duración de la prueba fue significativamente menor en sujetos con EPI (62,4 \pm 13,3 min) frente a los sujetos sin EPI (115,5 \pm 5 min), del mismo modo, los valores medios de VO_2 (2,5 \pm 0,4 vs. 2,1 \pm 0,3 L/min), VE (81.7 \pm 14.6 vs. 70.0 \pm 12.3 L/min) y FC (164 \pm 17 vs. 147 \pm 19 ppm), fueron mayores ($p < 0,05$) cuando se utilizó el EPI. Los resultados mostraron un aumento significativo de la carga cardiovascular, T^a gastrointestinal medida mediante cápsulas *VitalSense* y T^a piel mediante parches dérmicos *VitalSense*, así como una limitación del balance térmico cuando los sujetos llevaron puesto el EPI. Concluyendo que la utilización del EPI supuso una reducción significativa del tiempo de tolerancia al esfuerzo provocado por el incremento de la respuesta fisiológica en el P.E.E.I.F.

El agotamiento por calor puede evitarse aumentando la condición física, perdiendo exceso de grasa corporal y aclimatándose al trabajo en clima cálido antes de la temporada de incendios (Armstrong, Casa, Millard-Stafford, Moran, Pyne, & Roberts, 2007; Aisbett, Phillips, Sargeant, Gilbert, & Nichols, 2007). La seguridad del público, y la salud y seguridad de los bomberos forestales, aumentarían si se siguieran programas de acondicionamiento físico bien diseñados para mejorar la salud y el estado físico en general (López-Satué, 2009).

1.3. Condición Física del P.E.E.I.F.

La aptitud física debe tener dos referencias claras u objetivos finales: por un lado, la capacidad de poder realizar un trabajo, acometer una tarea, generalmente física con una reserva de energías; y, por otro lado, debe reflejar un cuidado de su salud, o lo que es lo mismo, que el trabajo que vaya a desarrollar se efectúe sin riesgos de perjudicar su salud o menoscabar su seguridad (Villa & López-Satué, 2007). Se ha visto que las personas obesas con capacidades físicas pobres tienen más

probabilidades de experimentar trastornos por calor, incluido el agotamiento por calor y la muerte (Donoghue & Bates, 2000).

La capacidad aeróbica está en función del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$), el cual representa la capacidad máxima del organismo para metabolizar el oxígeno en la sangre (Saborit, Valle, Montoliú, Martínez, Nistal, & González, 2010). A un mayor consumo de oxígeno por parte de los bomberos forestales, son mayores las posibilidades, no sólo de resistir a las demandas físicas a las cuales son sometidos, sino también, a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiorrespiratorias provocadas por el constante contacto con el humo y gases tóxicos (Quirós, 2012). Teniendo en cuenta que un litro de oxígeno consumido equivale a un gasto energético cercano a cinco kilocalorías, esto significa que en esfuerzo máximo, un sujeto en los límites más bajos de capacidad aeróbica genera una cantidad muy inferior de energía y, por lo tanto, para un mismo trabajo físico, las personas de baja capacidad aeróbica presentan una sobrecarga mayor que los lleva a la fatiga en menor tiempo (Lagos et al., 2009).

El $VO_2\text{max}$ es la mejor manera de medir la resistencia cardiorrespiratoria, siendo indicador de capacidad aeróbica o capacidad de trabajo físico, considerándose valores normales de entre 35 a 42 ml/kg/min en personas sedentarias (Wilmore & Costill, 2007). Definiendo el $VO_2\text{max}$ como el máximo volumen de oxígeno que un individuo puede consumir por unidad de tiempo, en el curso de un esfuerzo intenso que requiera la puesta en funcionamiento de grandes grupos musculares (Mier & Gibson, 2004).

La lucha contra incendios, al igual que otras actividades extenuantes, conduce a la fatiga, la cual puede deberse a factores neurales, metabólicos o musculares, y es probable que se apresure por el trabajo en calor; dañando la misión de lucha contra incendios y aumentar la susceptibilidad a las lesiones (Smith, 2011). En bomberos de estructura de EE.UU., la lucha contra incendios requiere altos niveles de aptitud aeróbica, capacidad anaeróbica y fuerza resistencia muscular. Además, dados los efectos perjudiciales del exceso de grasa corporal, los bomberos también deben poseer una composición corporal adecuada (Smith, 2011), ya que se sabe que a mayor peso corporal de una persona, mayor es su gasto de energía en actividades que requieren desplazarlo (Apud et al., 2002). Apud et al. (2002), recomiendan en población forestal 3,0 L/min de $VO_2\text{max}$ como límite inferior de capacidad aeróbica, siendo este límite de 43,5 ml/kg/min cuando se expresa de forma relativa al peso corporal. Para población forestal, la cuantificación de capacidad aeróbica, expresada en L/min de O_2 se muestra en la Tabla 1 (Apud, Gutiérrez, Lagos, Maureira, Meyer, & Espinoza, 1999).

Tabla1: Capacidad aeróbica (L/min) en PEEIF.

Capacidad Aeróbica (L/min O ₂)	Clasificación
<2,6	Baja
2,7-2,9	Regular
3,0-3,7	Buena
3,8-4,1	Muy Buena
>4,2	Sobresaliente

Fuente: Extraído de Lagos, S., Orellana, A., & Apud, E. (2009).

Las tres causas principales de riesgo de accidente de trabajo en este colectivo son, por orden decreciente: los sobreesfuerzos y posturas forzadas, la falta de formación e información, y el cansancio o fatiga (Camerino, 2008). La fatiga puede ser definida como una reducción de la capacidad de trabajo físico, resultante de sobrecarga física y/o mental a la que se ve sometido el organismo y que es reversible con el descanso (Carballo-Leyenda, 2017). Esta fatiga provoca la aparición de conductas de riesgo, y la ocurrencia de un mayor número de accidentes (Ruby et al., 2002). Para Aisbett & Nichols (2007), la fatiga y su comprensión, es un punto clave para reducir las lesiones por sobre esfuerzo y mejorar así la seguridad, salud y prevención de lesiones. En el bombero forestal se manifiesta mediante dolor muscular y articular, disminución en la capacidad de trabajo, somnolencia o dificultad para concentrarse (Sharkey, 1999).

Para poder mejorar la condición física y disminuir las lesiones y los eventos cardíacos, los cambios deben incluir un programa de acondicionamiento físico diseñado para mejorar la capacidad aeróbica, la fuerza y la resistencia muscular y la capacidad funcional (Smith, 2011; Lovelace, 2012). Los niveles de aptitud inadecuados pueden reducir el rendimiento laboral y aumentar el riesgo de lesiones (Abel, Mortara, & Pettitt, 2011). Dadas las extenuantes demandas de extinción de incendios, es obvio que los bomberos forestales deben participar en un programa regular de ejercicios para mejorar la condición física y la preparación laboral (López-Satué, 2009). La lucha contra IFF es una ocupación extremadamente exigente (Ruby et al., 2002; Cuddy et al., 2015) que adquiere una relevancia especial durante los meses de verano. Las actividades realizadas durante la extinción de incendios implican:

- Larga duración del esfuerzo (algunos conllevan más de 12 horas de trabajo continuo) (Ruby, Leadbetter III, Armstrong, & Gaskill 2003).
- Utilización de herramientas manuales de diferente peso (3-20 kg) (Rodríguez-Marroyo et al., 2012)
- Condiciones adversas que suponen la inhalación de humo (Wegesser, Pinkerton, & Last, 2009).
- Trabajar en zonas de elevada pendiente (Brotherhood et al., 1997) y en condiciones de calor ambiental (Raimundo, & Figueiredo, 2009; Rodríguez-Marroyo et al., 2012).
- Equipo de protección individual (E.P.I.) con propiedades ignífugas, que reduce la transpiración (Lawson et al., 2004).
- Estrés térmico e inducción de deshidratación que puede condicionar su rendimiento y comprometer su salud (Ruby et al., 2003).

Estas condiciones en conjunto contribuyen a la alta carga fisiológica analizada durante la extinción de IFF (Rodríguez-Marroyo et al., 2012); a lo que se debe añadir que la condición física de este personal se ve cada vez más afectada por el estilo de vida propio del sedentarismo que caracteriza a los países industrializados (Villa et al., 2007).

La combinación de trabajo físico intenso y estrés térmico conlleva un incremento de la carga cardiovascular, debido a las mayores demandas termorreguladoras (González-Alonso, Crandall, & Johnson, 2008). El sistema cardiovascular debe mantener el flujo sanguíneo que envía a los músculos mientras, al mismo tiempo, debe desviar parte del gasto cardíaco para las funciones

termorreguladoras, incrementando el aporte sanguíneo a la piel. Esto supone que los sujetos trabajen a un mayor % VO_2max y una mayor FC (Ely, Cheuvront, Kenefick, & Sawka, 2010), lo que provoca una disminución del rendimiento, una mayor percepción subjetiva de esfuerzo y un menor tiempo de tolerancia (Ely et al., 2010; Nybo, Rasmussen & Sawk, 2014). Existen interacciones complejas entre tres factores: prácticas de trabajo, comportamiento laboral y vestimenta, que en conjunto influyen en el trabajo del bombero y la carga de calor y consecuentemente el nivel de fatiga (Parker et al., 2017).

Varios estudios analizan la importancia de la realización de un periodo de entrenamiento o en la mejora de la condición física de los especialistas (Apud et al, 2002; Roberts, O'dea, Boyce, & Mannix, 2002; Villa, López-Satué, García-López, Mendonça, Pernía, 2007; López-Satué et al., 2007; López-Satué, 2009). Se han observado mejoras en la cualidad aeróbica de un 6% en especialistas forestales (Apud, 2002); del 5,7% tras 4 meses de entrenamiento en P.E.E.I.F. (López-Satué, 2007) y de un 28% en bomberos de ciudad (Roberts et al, 2002); coincidiendo todos ellos en afirmar la importancia de la realización de un periodo de entrenamiento en la mejora de la condición física de los especialistas.

En el ámbito del trabajo físico y de la ergonomía, los parámetros que se utilizan para monitorizar la intensidad del esfuerzo son la frecuencia cardiaca (FC) y el consumo de oxígeno (VO_2) (ACSM, 2007). Refiriéndonos a la monitorización de la FC como parámetro indicador de la intensidad del esfuerzo, el cual se basa en la relación lineal demostrada entre el VO_2 y FC hasta altas intensidades de trabajo (Astrand & Rodahl, 1986). Se han descrito valores de VO_2 de ~ 30 ml/kg/min (50-60% del VO_2max) (Sharkey, 1999), obtenidos en quemas experimentales en EE.UU. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Aisbett & Nichols (2007), quienes establecen que el P.E.E.I.F. se encuentra largos periodos de tiempo a una intensidad moderada (50-60% de la FC máxima teórica) y momentos puntuales al 70-85% de la misma. Rodríguez-Marroyo et al. (2012) estudiaron el esfuerzo que supone la extinción de incendios forestales para el P.E.E.I.F. (BRIF), con una muestra de 200 sujetos, obteniendo una frecuencia cardiaca media de 125 ± 1 ppm con una intensidad de trabajo de $\sim 66\%$ de la FC máxima teórica; intensidad de esfuerzo a la que tienen que hacer frente los bomberos forestales condicionada por el gran volumen de trabajo realizado y no tanto por la intensidad que éste implica, aunque haya momentos puntuales de muy alta intensidad (Sharkey & Davis, 2008; Rodríguez-Marroyo et al., 2012); por lo que una buena condición física del P.E.E.I.F. facilitará el desempeño de su trabajo, minimizando el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Villa et al., 2009).

En general, se determina que un bombero forestal debe poseer valores de VO_2max por encima de los 43 ml/kg/min (Apud et al., 2002), lo cual se ha considerado como lo mínimo recomendable para al menos poseer una buena capacidad aeróbica que le permita desenvolverse en sus funciones básicas como bombero (Quirós, 2012). Se ha comprobado que bomberos forestales con alto VO_2max realizaron más trabajo durante las tareas de extinción de incendios simuladas que aquellos con menor VO_2max (McFadyen, Wenger, Pethick, & Sleivert, 1996). Este hecho respalda la premisa de que la aptitud aeróbica es una construcción clave de lucha contra incendios forestales (Petersen et al., 2010). Por ello, es comprensible que sea necesario establecer un grado de aptitud física mínima y necesaria para el P.E.E.I.F., como garantía de la capacidad de trabajo físico que han de tener para realizar las distintas tareas que las labores de extinción requieren, además de poder soportar las condiciones adversas del ambiente donde se desarrolla el trabajo (Chirosa, 1999). Esta aptitud física debe garantizar una buena condición física en relación con su salud, para afrontar un trabajo que requiere de esfuerzos intensos y duraderos en condiciones extremas, y que se ha de efectuar sin riesgos para su salud o su seguridad (López-Satué & Villa, 2007).

En relación al consumo máximo de oxígeno, se debe tener en cuenta la edad de este personal, ya que sabemos que el consumo máximo de oxígeno decrece en torno a un 10% cada década a partir de los 25 años (Vaquero, 2006; p. 409-10). Se ha podido observar en un estudio preliminar que muestreó aleatoriamente 150 bomberos de una gran ciudad metropolitana, que la capacidad aeróbica disminuyó significativamente del grupo de 20 a 25 años (47,7 ml/kg/min) al grupo de 30 a 35 años (37,9

ml/kg/min) y del grupo de 35 años al grupo de 40 a 45 años (31,5 ml/kg/min). En cada caso, la capacidad aeróbica de los bomberos fue similar a la prevista para las personas sedentarias (Smith, 2011). Otro estudio llevado a cabo por Davis, Jankovic, & Rein (2002) en un departamento municipal de bomberos en la costa oeste, encontraron que los bomberos en el grupo de 20 a 29 años tenían una capacidad aeróbica de 55,9 ml/kg/min y que el grupo más viejo, 50-59 años, tenía una absorción de oxígeno de 40,4 ml/kg/min (un 27,7% de reducción).

Un estudio con bomberos de estructura españoles dividió la muestra de 33 sujetos en mayores y menores de 40 años, llevaron a cabo una serie de pruebas físicas y de condición aeróbica determinando que los bomberos del G1 (<40 años) han presentado mayores valores que los del G2 (>40 años) en todas las variables evaluadas de condición física, incluida la RPE, siendo las diferencias significativas en VO₂max, RPE, dinamometría manual de la mano izquierda y en las pruebas de fuerza máxima de sentadilla y press banca (Sánchez, Franco, Torres-Luque, & Sánchez, 2013).

Analizando más profundamente esta condición aeróbica según los rangos de edad en bomberos (urbanos, militares y forestales), se expone en la tabla 2 los datos obtenidos de 4 estudios en los que se aprecia un descenso del 20% en la capacidad aeróbica entre el rango de 18-25 y 46-49 años, tanto para los sujetos con un IMC<25 (52,8 vs 42,4 ml/kg/min) como los de un IMC>25 (47,2 vs 38,1 ml/kg/min) en bomberos militares brasileños (Nogueira et al., 2016); un 19% menor en un rango de edad de <25 y >55 años en bomberos estructura belgas (45,1 vs 36,3 ml/kg/min)(Vandersmissen, Verhoogen, Van Cauwenbergh, & Godderis, 2014); llegando a un 28% de descenso en otra muestra con bomberos profesionales y voluntarios belgas (Kiss, De Meester, Maes, De Vriese, Kruse, & Braeckman, 2014); y de un 10% en bomberos forestales españoles entre rangos de edad de 18-25 y 41-45 años (López-Satué, 2009).

Tabla 2: Consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$) en bomberos urbanos, militares y forestales distribuidos por rangos de edad.

Nogueira, E. C., Porto, L. G. G., Nogueira, R. M., Martins, W. R., Fonseca, R. M., Lunardi, C. C., & de Oliveira, R. J. (2016)				
EDAD	$VO_2\max$ (ml/kg/min) IMC>25	$VO_2\max$ (ml/kg/min) IMC<25	Muestra	Método
18-25	47,2	52,8	4.237 bomberos militares brasileños con un IMC=26,6. Edad= 39 años.	Test Cooper (12 minutos)
26-33	43,5	44,8		
34-39	41,5	44,8		
40-45	40,1	44,4		
46-49	38,1	42,4		
Vandersmissen, G. M., Verhoogen, R. R., Van Cauwenbergh, A. M., & Godderis, L. (2014).				
EDAD	$VO_2\max$ (ml/kg/min)		Muestra	Método
<25 (n=41)	45,1±9,4		604 hombres bomberos belgas IMC=25,9±3,4. Edad= 40,4 años.	Test máximo en cinta y ergómetro
25-34 (n=194)	48,2±9,1			
35-44 (n=121)	44,4±10,5			
45-54 (n=156)	40,0±7,9			
>55 (n=92)	36,6±7,6			
Kiss, P., De Meester, M., Maes, C., De Vriese, S., Kruse, A., & Braeckman, L. (2014).				
EDAD	$VO_2\max$ (ml/kg/min)		Muestra	Método
<25 (n=126)	53,0±7,7		1225 hombres bomberos belgas (profesionales y voluntarios) IMC=24,6±7,0.	Test incremental máximo en cinta.
25-29 (n=156)	52,6±7,4			
30-34 (n=175)	48,9±7,7			
35-39 (n=198)	47,8±7,4			
40-44 (n=185)	45,4±7,7			
45-49 (n=181)	42,9±6,9			
50-54 (n=134)	39,0±7,5			
>54 (n=70)	38,1±7,4			
López-Satué, J. (2009)				
EDAD	$VO_2\max$ (ml/kg/min)		Muestra	Método
18-25 (n=95)	54,3±0,5		175 bomberos forestales españoles BRIF. IMC	Course Navette
26-30 (n=50)	51,6±0,7			
31-35 (n=12)	52,3±1,3			
36-40 (n=9)	50,8±1,6			
41-45 (n=9)	49,0±1,1			

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, aunque el $VO_2\max$ disminuye con la edad, un entrenamiento sistemático y específico puede hacer que esta disminución sea menor o se retrase (Sánchez et al., 2013). Según Sharkey & Davis (2008) la mejora en la capacidad aeróbica no está limitada ni por el género ni por la edad, sino por la condición física inducida por el entrenamiento.

En este sentido, un entrenamiento de fuerza y acondicionamiento basado en circuitos que incluya períodos de descanso cortos e intensidades relativamente altas puede aumentar el estrés en los sistemas de energía aeróbica y anaeróbica que se utilizan al realizar tareas de lucha contra incendios (Abel, Mortara, & Pettitt, 2011). El entrenamiento de intervalo de alta intensidad (HIIT) diseñado para

mejorar la resistencia, aumentar el umbral anaeróbico y mejorar el rendimiento máximo, ha demostrado ser efectivo para aumentar la capacidad aeróbica, mejorar la capacidad de resistencia cuando se trabaja al 80% del $VO_2\text{max}$, mejorar el metabolismo aeróbico y aumentar el contenido de glucógeno muscular (Burgomaster, et al., 2008; Burgomaster, Hughes, Heigenhauser, Bradwell, & Gibala, 2005; Smith, 2011).

1.4. Pruebas o Aptitudes requeridas por el P.E.E.I.F.

Actualmente, el P.E.E.I.F. tiene la obligatoriedad de cumplir con tres requisitos antes del inicio de su acuerdo laboral con la empresa o con el organismo competente en su contratación (Villa et al., 2007). Primeramente deben superar un examen médico por parte de la mutua de la empresa con la que trabajan o vayan a trabajar. En segundo lugar deben tener unos requisitos en cuanto a edad mínima se refiere. Y en tercer lugar deben superar distintas pruebas de aptitud física.

Independientemente del tipo de pruebas de aptitud o condición física, las características básicas exigibles a un sistema efectivo de valoración funcional son (Rodríguez, & Aragonés, 1992; González, 1996; Villa et al., 1999; Astrand et al., 2003) citado en López-Satué (2009):

- Relevancia de las variables evaluadas para la actividad física, el deporte y la modalidad practicados.
- Alto grado de validez, fiabilidad, precisión y exactitud de las pruebas, mediciones e indicadores seleccionados.
- Especificidad máxima posible de las pruebas y los protocolos utilizados.
- Control rígido de la administración de las pruebas y estandarización del protocolo.
- Respeto por los derechos humanos de los participantes.
- Interpretación de los resultados directamente a los evaluados y preparadores.

Ya hemos mencionado anteriormente el alto esfuerzo que supone la extinción de incendios forestales, así como, los riesgos que van inherentes a dichas prácticas (Apud et al., 2002; Sharkey, & Davis, 2008), por lo que diversos autores establecen que una adecuada selección del personal potenciará la seguridad y la salud de los trabajadores forestales (Apud et al., 2002; Aisbett, & Nichols, 2007; Sharkey, & Davis., 2008). Para llevar a cabo esta selección, el Comité de Lucha contra Incendios Forestales (CLIF, 2002) elaboró una guía sobre los procedimientos a seguir para la selección de personal en la extinción de IIFF, diferenciando 3 apartados principales mostrados en la Figura 1.

Dentro de las capacidades para realizar un trabajo, una de las más importantes para la extinción de incendios forestales es la aptitud física (CLIF, 2002; Chico, 2007), la cual es la suma de la capacidad aeróbica cardiorrespiratoria y la aptitud muscular (fuerza, resistencia, agilidad,...). Para poder caracterizar las pruebas de aptitud física, la ACSM (2007) establece 5 principios científicos: Validez, Fiabilidad, Objetividad, Economía y Utilidad-Especificidad. Atendiendo a estos principios, a continuación se exponen las diferentes pruebas llevadas a cabo por el P.E.E.I.F. para su selección, teniendo en cuenta que en España no todos realizan las mismas pruebas de aptitud físicas:

Course Navette (Leger & Lambert, 1982): Prueba progresiva, continua y máxima, utilizada para evaluar indirectamente la capacidad aeróbica de los sujetos mediante la estimación del $VO_2\text{max}$ (Leger & Lambert, 1982). El test consiste en correr el mayor tiempo posible, sobre un trazado de ida y vuelta de 20 m. La velocidad inicial del test es de 8,5 km/h y se incrementa en 0,5 km/h cada minuto, hasta que los sujetos no pueden mantener la velocidad fijada. En función de la velocidad de carrera alcanzada por el ejecutante en el último periodo que pudo aguantar, se calcula el $VO_2\text{max}$ en base a la siguiente ecuación: $VO_2\text{max} = 5,857 \times \text{Velocidad (km/h)} - 19,458$ (López-Satué, 2009).

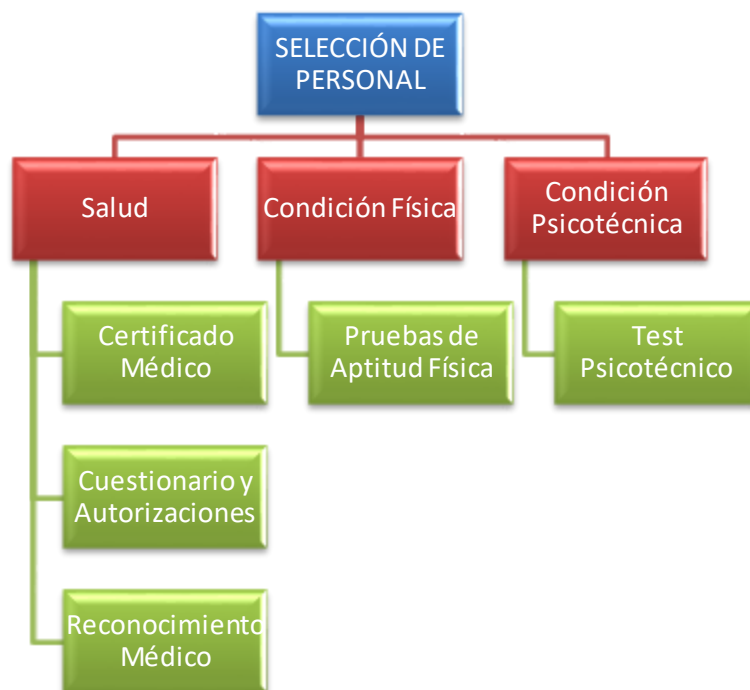


Figura 1: Elementos del proceso de selección del P.E.E.I.F. (CLIF, 2002) extraído de López-Satué, J. (2009).

Test del 2400: al igual que el Course Navette, se trata de un test indirecto que estima el $VO_2\max$ de los sujetos, los cuales deberán recorrer la distancia de 2400 metros en el menor tiempo posible (García-Manso, Navarro, & Ruiz, 1996).

Batería EUROFIT: representa una serie de test propuestos en forma de batería (flexiones de tronco, salto horizontal, dinamometría manual, etc) que establece de forma rápida y útil el nivel de condición física de los sujetos a nivel general (Gálvez, 2010).

Test del escalón del *Forest Service* (Sharkey, 1977): prueba submáxima que evalúa indirectamente la capacidad aeróbica mediante la estimación del $VO_2\max$ (Sharkey, 1991). El test consiste en bajar y subir repetidamente (5 min) un escalón de 38 cm para hombres y 33 cm de altura para las mujeres, a un ritmo de 22,5 ciclos por minuto. Al terminar la prueba y tras 15 s de recuperación, se cuentan las pulsaciones durante los 15 s siguientes (normalmente registrada de forma manual). Los resultados obtenidos tomando pulsación radial, son un ~8% menores que los máximos alcanzados en un protocolo Bruce, sin embargo, cuando se estima el $VO_2\max$ a través de la FC registrada con el pulsómetro la diferencia entre ambos protocolos es de ~3% menor respecto al test de Bruce (López-Satué, 2009). Se estima el $VO_2\max$ en función del sexo y del peso de los sujetos, exigiéndose un $VO_2\max$ de 45 y 40 ml·/kg/min para poder acceder a las brigadas helitransportadas (ELIF) o terrestres (BRIF), respectivamente (López-Satué, 2009). Esta prueba provoca que podamos estimar que la persona es apta para el puesto de trabajo y que su salud no corre ningún tipo de peligro, teniendo en cuenta la posible influencia del comportamiento de la FC, alterando el posible resultado del $VO_2\max$, al ser una prueba excluyente.

Pack Test (Sharkey, 1999): test de campo que permite establecer de forma indirecta el $VO_2\max$ de los sujetos (Petersen et al., 2010). Para la mayoría de las categorías de bomberos forestales silvestres (BLM), el único criterio de idoneidad para el empleo es completar el *Pack Test*, el cual consiste en caminar al mayor ritmo posible durante 4,83 km en un tiempo ≤ 45 min mientras portan una mochila de 20,4 kg (Hawkins, Harter, & Wood, 2004).

Tanto la Prueba del Banco como la Course Navette (fundamentada en la carrera) son pruebas no específicas de las labores realizadas por el P.E.E.I.F., empleadas, sin embargo, en pruebas de selección para detectar la aptitud física a través de mínimos definidos de capacidad aeróbica máxima. Esta falta de especificidad hace que no se contemplen otros aspectos como la adaptación específica o aclimatación necesaria para optar a este puesto de trabajo (López Satué et al., 2007).

No solo en España se requiere de una capacitación física para poder realizar las labores de extinción de incendios forestales, en Australia, la identificación de personas físicamente aptas que pueden cumplir con las demandas de trabajo, a menudo se logra a través de pruebas de ajuste para el servicio o "Fit For Duty" (FFD) (Rhea, Alvar, & Gray, 2004). El FFD mide la capacidad de un individuo para realizar el trabajo requerido, generalmente simulado a través de una batería de pruebas de aptitud que simulan las cargas de trabajo requeridas de la ocupación (Michaelides, Parpa, Thompson, & Brown, 2008).

A diferencia de España, en Australia cuentan con un grupo de bomberos voluntarios, y estos, en su gran mayoría, no realizan pruebas de FFD antes de ser desplegados en un incendio (McLennan, & Birch, 2004); a excepción del Servicio Rural de Bomberos del Territorio de la Capital de Australia (ACT RFS) (Lord et al., 2012). Las formas de supresión de un incendio forestal por parte de los bomberos voluntarios australianos difieren de las efectuadas por los bomberos estadounidenses y españoles. En Australia se esfuerzan por reducir los incendios forestales utilizando mangueras conectadas a camiones de bomberos o "buques cisterna" (Aisbett, & Nichols, 2007), sin llevar a cabo transporte de carga prolongados (Phillips et al., 2011). En cambio en EE.UU y España principalmente se emplean herramientas manuales (rastrillos, hachas o batefuegos en el caso de los españoles), y caminan hacia los incendios (Sharkey, & Davis, 2008; Carballo-Leyenda, 2017); por lo tanto las pruebas de FFD realizadas pueden ser diferentes para estas agencias (Lord et al., 2012).

Las pruebas realizadas por los bomberos australianos son:

- *Field Walk Test* (FWT): caminata de 3,2 km sobre terreno nivelado portando un paquete de 11 kg en un período de 30 min. Versión modificada del *Pack Test* que fue diseñado para evaluar la aptitud requerida para roles ocupacionales menos arduos (Lord et al., 2012).
- *Pack Hike Test* (PHT): desarrollado y validado para evaluar la aptitud de los luchadores contra incendios forestales (Sharkey, 1999).

También realizan tareas de criterio más específicas en cuanto a su "*modus operandi*", tales como arrastre de manguera, rastrillado con Rakehoe (McLeod), rastrillar y extinguir fuentes simuladas, etc. El trabajo realizado por Lord et al. (2012) comparó estas pruebas y tareas en 30 bomberos voluntarios australianos concluyendo que tanto el FWT como el PHT sobreestiman la intensidad de trabajo de las tareas rutinarias de combate de incendios forestales basadas en buques cisterna (Lord et al., 2012); por lo que la ACT RFS y otras agencias basadas en buques tanque consideran diseñar y probar otras pruebas de FFD que sean más representativas de sus demandas de trabajo, pudiendo combinar tareas críticas en un circuito para reflejar la naturaleza intermitente de las tareas de supresión de incendios forestales australianos (Lord et al., 2012).

Los bomberos forestales de Norteamérica, los *Hotshot* (IHC), también realizan pruebas de aptitud física como indicador de capacitación para realizar la labor de extinción de incendios por recomendación del Servicio Forestal de los EE. UU. (Sell, & Livingston, 2012). Como pruebas genéricas, este cuerpo evalúa la composición corporal, flexibilidad isquiosural y de los flexores de cadera, control de la torsión, fuerza explosiva (CMJ), presión manual con dinamómetro, fuerza resistencia de miembro inferior y superior, resistencia de los extensores del tronco, plancha frontal y lateral y la capacidad aeróbica (carrera 1,5 millas) (Sell, & Livingston, 2012); y como pruebas específicas se realiza el *Pack Test* o *Pack Hike Test* (PHT).

En Canadá, el Ministerio de Recursos Naturales de Ontario ha aceptado recientemente el protocolo WFX-FIT, desarrollado para incluir simulaciones de las siguientes tareas importantes, físicamente exigentes y frecuentes:

- Llevar una bomba mediana en la espalda (28,5 kg / 62,7 lb);
- Llevar una bomba mediana en las manos durante 80 m;
- Llevar un paquete de manguera WFX-FIT que contenga cuatro secciones de 30,5 m (25 kg / 55 lb) en la parte posterior;
- Avanzar con la manguera cargada, que requiere 18,5 kg (40,7 lb) de fuerza.

Las simulaciones de estas tareas de emergencia de lucha contra IFFF se realizan en un circuito continuo, durante el cual es necesario atravesar una rampa que permite la simulación de las demandas de diferentes terrenos y desafiar la aptitud aeróbico-anaeróbica de los participantes (Gumieniak, 2017).

Según Aisbett & Nichols (2007) y Sharkey & Davis (2008), se deben potenciar la especificidad de las pruebas realizadas para llevar a cabo una adecuada selección. Para ello, es imprescindible el catalogar y definir las demandas energéticas de la profesión para así establecer una prueba de aptitud física que se adapte a los requerimientos físicos de la profesión. El *Pack Test* se fundamenta en desplazamientos de larga duración y el transporte de cargas, consideradas tareas propias del trabajo de extinción de incendios, como son los aspectos que da a esta prueba el grado de especificidad necesario para ser considerada como una prueba óptima para ser empleada como criterio selectivo del P.E.E.I.F. (López-Satué, 2009).

1.5. Prueba *Pack Test*

El *Pack Test* fue diseñado para probar la preparación para el trabajo de los bomberos forestales de EE. UU., como una prueba de ajuste en 1998 (Sharkey, 1999); y desde entonces ha sido adoptado por agencias de incendios forestales en Australia, Canadá y España. Aunque tan solo ha sido validado en los bomberos de América del Norte (Sharkey, & Davis, 2008). Para determinar si el personal está en condiciones de trabajar, muchas agencias de lucha contra incendios emplean pruebas de competencia física, como la prueba del *Pack Test* o *Pack Hike Test* (PHT). El *Pack Test* implica una caminata de 4,83 km sobre un terreno llano portando un peso de 20,4 kg en un período ≤ 45 min (Petersen et al., 2010). Sharkey, Jukkala, Putnam, & Tietz (1980) informaron que se esperaba que los bomberos llevaran cargas de 40-50 lbs (aproximadamente 18,2-22,7 kg) durante 3 o más millas (es decir, 4,83 km) y, a menudo, en terrenos difíciles. Este peso, según Ruby et al., (2002, 2003) y Cuddy, Ham, Harger, Slivka, & Ruby (2008), parece representar el peso transportado por los bomberos forestales, el cual oscila entre los 12-20 kg. La duración de la prueba, según Sharkey (1999), asegura la capacidad de realizar un trabajo prolongado y arduo, en condiciones adversas, con una reserva para llevar a cabo una respuesta de emergencia si fuese necesario.

En lo referente al tiempo de la prueba, este límite de 45 minutos está basado en una regresión lineal entre el tiempo de finalización del *Pack Test* y una captación máxima de oxígeno (VO_2max) de 45 ml/kg/min (Sharkey, & Rothwell 1996). Esta marca de 45 ml/kg/min se basaba en la idea de que los trabajadores normalmente no pueden mantener más de aproximadamente el 50% de su VO_2max durante el trabajo de un día (Sharkey 1999); pero aunque 22,5 ml/kg/min fue el promedio de las tareas de extinción de incendios, no incluye períodos de descanso entre esas tareas (Petersen et al., 2010). Este valor de 45 ml/kg/min está dentro del rango de consumo de oxígeno para los deportes de potencia según Vaquero (2006; p.412), los cuales acontecen a valores de entre 40-55 ml/kg/min. Un gran estudio con aproximadamente 500 participantes encontró que un tiempo *Pack Test* de 45 minutos equivale a un VO_2max de 29,6 ml/kg/minuto para los hombres y 42,3 ml/kg/min para las mujeres (Vivometrics Government Services 2007).

Esta prueba ha demostrado ser fiable, ya que repetida por un pequeño conjunto de voluntarios ($n = 15$), el rendimiento en el *Pack Test* no mejoró y mostró una alta correlación entre prueba y prueba ($r = 0,92$) (DeLorenzo-Green, & Sharkey 1995). También ha demostrado no ser discriminativa en cuanto a raza (Sharkey 1999), sexo (DeLorenzo-Green, & Sharkey 1995, Sharkey, & Rothwell 1996, Sharkey 1999) o grupo étnico, a fin de cumplir con los requisitos de la UGESP para la validez de criterio (Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo, 1978). Además, la tasa de aprobación para las mujeres fue del 85,2% de la tasa de aprobación masculina (Sharkey 1999), que es mayor que el 80% requerido por la UGESP (Comisión de Igualdad de Oportunidades de Empleo, 1978). El tiempo promedio para completar el *Pack Test* para individuos mayores de 40 años fue de 41,4 min, que no fue diferente al tiempo promedio de 41,8 min para menores de 40 (Sharkey 1999); tampoco se hallaron diferencias significativas en cuanto al peso corporal para aquellos sujetos que pasaron el *Pack Test* (80,1 kg), frente a los que no lo superaron (79,3 kg) (Petersen et al., 2010). Aunque si se ha visto que el tiempo de finalización de *Pack Test* se correlacionó negativamente con la altura ($r = 70,426$ a $-0,114$, $p < 0,05$; Sharkey 1999), lo que indica que entre 1 y 18% de la varianza en el tiempo del *Pack Test* podría atribuirse a la estatura. Investigaciones previas también mostraron una diferencia de altura significativa entre aquellos que aprobaron el *Pack Test* (1,78 m) y aquellos que fracasaron (1,76 m) (Vivometrics Government Services 2007). Tras una evaluación a 5.000 bomberos, se comprobó que la tasa de aprobación para los individuos de menos de 1,60 m fue del 67%; siendo significativamente menor que la de todos los bomberos (Sharkey 1999); pudiendo este hecho estar debido a la velocidad de marcha máxima reducida de individuos más pequeños (Bohannon 1997).

Se ha demostrado que las características fisiológicas que se correlacionaban con el tiempo de finalización del *Pack Test* dependen del tipo de bombero. Estos resultados muestran que el tiempo de *Pack Test* se asocia con medidas de aptitud cardiorrespiratoria ($VO_2\max$), fuerza-resistencia del tren superior, fuerza explosiva del tren inferior, y que el coste energético del *Pack Test* era 22,2 ml/kg/min (DeLorenzo-Green, & Sharkey 1995; Sharkey, & Rothwell 1996; Vivometrics Government Services 2007). Además, también se ha obtenido una correlación moderada del *Pack Test* con una tarea de trabajo importante como es la construcción de una línea de defensa; demostrando su validez al poder ser relacionado con las tareas de extinción de incendios y al no basarse en las habilidades (Petersen et al., 2010).

En un estudio de Netto, Lord, Petersen, Janssen, Nichols, & Aisbett, (2013), se realizó un análisis de la activación muscular de seis músculos globales (recto femoral, glúteo mayor, erector espinal, dorsal ancho, deltoides posterior y bíceps braquial), al realizar la prueba de *Pack Test* por ocho bomberos forestales masculinos, y comparar la activación muscular con una tarea de rastrillado (Rakehoe). El estudio reveló una diferencia significativa en el nivel de activación en cuatro de los seis músculos estudiados (sin desafiar la resistencia muscular del miembro superior). Estos resultados sugieren que el *Pack Test* no debe administrarse de forma aislada, y que otras pruebas que evalúen específicamente la resistencia muscular de la parte superior del cuerpo deben incorporarse en una batería que valore con precisión la aptitud específica para el trabajo de los luchadores contra IIFF (Netto et al., 2013).

Lo que aún no es posible dilucidar es si el tiempo de realización del *Pack Test* de 45 min es apropiado y válido para diferenciar entre el desempeño laboral aceptable y no aceptable (Petersen et al., 2010). Dado que no se conocen con claridad las características fisiológicas importantes para la lucha contra incendios forestales, podemos aceptar el entrenamiento para la mejora del *Pack Test* como una alternativa viable por ser una prueba aceptada de aptitud para combatir incendios forestales (Petersen et al., 2010).

1.6. Propuesta de Entrenamiento para mejora del *Pack Test*

La "preparación para emergencias" no es solo la capacidad de completar una tarea de trabajo requerida; también es la capacidad de hacerlo repetidamente sin experimentar un estrés excesivo e

indebido (Peterson, Dodd, Alvar, Rhea, & Favre, 2008). Por lo tanto, combinando un grado adecuado de aptitud cardiovascular y la adquisición de resistencia muscular optimizada, fuerza muscular y potencia muscular son igualmente vitales para facilitar la preparación completa de los bomberos (Rhea, Alvar, & Gray, 2004). El conocimiento y el control de las demandas fisiológicas que suponen las labores de extinción de incendios facilitará la planificación de programas de acondicionamiento físico más adecuados y eficaces (Villa et al., 2009). En concreto, para que los bomberos forestales puedan entrenar óptimamente para el *Pack Test*, es importante comprender las características físicas (es decir, masa corporal, composición corporal, etc.) y los componentes de estado físico (es decir, fuerza, resistencia, potencia) requeridos para un rendimiento exitoso en el *Pack Test* (Phillips et al., 2011). El rendimiento en el *Pack Test* depende de múltiples componentes de acondicionamiento físico hacia los que tiene que estar orientada la preparación física. Según Petersen et al. (2010), la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria, la fuerza resistencia del tren superior e inferior y la resistencia muscular, a través del entrenamiento, debe ser un aspecto importante de cualquier programa de entrenamiento para el *Pack Test*. Estos programas de acondicionamiento físico deben también estar orientados a mejorar no solo el rendimiento físico, sino también, hacia la salud y la seguridad (Smith, 2011).

Se ha podido observar como la aplicación de un modelo de entrenamiento ondulado produjo mejoras en la aptitud muscular y en la transferencia a una batería de test de rendimiento en bomberos de estructura, con mayores cambios respecto a un modelo de entrenamiento estándar (Peterson et al., 2008). Según Rhea et al. (2004), los programas tradicionales de ejercicios para bomberos que se enfocan principalmente en la aptitud cardiovascular deben reemplazarse con programas de acondicionamiento físico que aborden todos los componentes de la condición física. En este sentido, el entrenamiento de circuito es un método de entrenamiento único que enfatiza tanto en el sistema energético aeróbico como en el anaeróbico y, por lo tanto, puede ser un método de entrenamiento viable para mejorar la preparación de los bomberos (Abel, Mortara, & Pettitt, 2011). Estos mismos autores llevaron a cabo un estudio con 20 bomberos profesionales que realizaron un entrenamiento en circuito (2 estaciones de 12 ejercicios) a una intensidad media de 79% FCmax, resultando en un menor estrés cardiovascular, pero un estrés anaeróbico similar en comparación con la realización de tareas de lucha contra incendios. Por lo tanto, los bomberos deben complementar los programas de entrenamiento de circuito con ejercicios de entrenamiento cardiovascular y de resistencia de alta intensidad (Abel, Mortara, & Pettitt, 2011).

Según Hendrickson et al. (2010), la programación a realizar para poder obtener mejoras debe ser un período no menor a 8-12 semanas, incluyendo entrenamientos con alta intensidad y 30 min de entrenamiento de resistencia a intensidad moderada-dura cuando sea posible. Además, añadir el transporte de cargas, con ejercicios como el *Farmer Walk*, permitirá aumentar el rendimiento en dicha tarea (Knapik, Reynolds, & Harman, 2004); atendiendo así al principio de especificidad (Aguilar, Calahorra & Moral, 2009), y cumpliendo con la prescripción original del *Pack Test* de Sarkhey (1999). De todas las variables evaluadas de la condición física, determinados autores consideran que el $VO_2\text{max}$ es la variable más determinante a la hora de valorar el estado físico en poblaciones que desarrollan una actividad intensa, como pueden ser bomberos o deportistas (Perroni, Tessitore, Lupo, Cortis, Cignitti, & Capranica, 2008; Tierney, Lenar, Stanforth, Craig, & Farrar, 2010; Webb, McMinn, Garten, Beckman, Kamimori, & Acevedo, 2010).

Entre los problemas de incluir actividad física dentro de la jornada laboral del personal de extinción de incendios forestales, están la falta de tiempo y de material (López-Satué et al., 2007). Los modelos de entrenamiento convencionales que requieren varios minutos de descanso entre series consumen más tiempo y pueden no optimizar el estrés en los sistemas de energía anaeróbica y aeróbica. Por el contrario, un entrenamiento de fuerza y acondicionamiento basado en circuitos que incluya períodos de descanso cortos e intensidades relativamente altas puede aumentar el estrés en los sistemas de energía aeróbica y anaeróbica que se utilizan al realizar tareas de lucha contra incendios (Abel,

Mortara, & Pettitt, 2011). Un enfoque prometedor para promover la buena forma física entre los bomberos forestales es el entrenamiento de alta intensidad (HIT), que incluya movimientos funcionales a un alto nivel de esfuerzo, pero de corta duración (Jahnke, Hyder, Haddock, Jitnarin, Day & Poston, 2015). Roberts et al. (2002) evaluaron un programa HIIT de 16 semanas para nuevos reclutas de bomberos y encontraron que 3 días por semana de entrenamiento, durante 1 hora por sesión, dieron como resultado mejoras significativas en el $VO_2\text{max}$.

El entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) es un sistema de entrenamiento intenso, pero de menor duración que el entrenamiento continuo moderado, compuesto por fases de alta intensidad alternando con periodos de recuperación (Buchheit, & Laursen, 2013; Gillen, & Gibala, 2013). Para la mayoría de adultos, la intensidad del ejercicio vigoroso debe realizarse al 60-89% de la frecuencia cardíaca máxima de reserva; un 60-89% del consumo de oxígeno de reserva; un 77-95% de la frecuencia cardíaca máxima; un 60-90% del consumo máximo de oxígeno; entre un 14-17 en la escala de percepción del esfuerzo y entre un 6-8,7 en equivalencia metabólica (MET) (Lopategui, 2013). El método de prescripción de la intensidad del HIIT usando la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) es simple (no necesita un monitor de FC) y versátil. Desde este acercamiento, los entrenadores generalmente prescriben variables independientes como la duración o la distancia de trabajo y el descanso de los intervalos. En cambio, el sujeto puede autorregularse la intensidad del ejercicio. La intensidad seleccionada es normalmente la máxima intensidad percibida como sostenible ("fuerte" o "muy fuerte", >6 en una escala de Borg sobre 10 y >15 en una escala de 6-20) y se basa en la experiencia del sujeto, el objetivo de la sesión y las consideraciones externas relacionadas con la periodización del entrenamiento (Buchheit, & Laursen, 2013). Otro elemento de control para la intensidad del ejercicio es la frecuencia cardíaca (FC) siendo el parámetro fisiológico más medido para controlar la intensidad del ejercicio en el campo (Achten, & Jeukendrup, 2003). Ajustar la intensidad del ejercicio utilizando zonas basadas en la FC es adecuado para ejercicios submáximos y prolongados; sin embargo, su efectividad para controlar o ajustar la intensidad de una sesión HIT, por sí sola, puede ser limitada (Buchheit, & Laursen, 2013).

El entrenamiento funcional, dirigido a los movimientos necesarios para las actividades de la vida diaria, utiliza movimientos dinámicos de todo el cuerpo para aumentar la fuerza muscular y la resistencia, así como la capacidad aeróbica utilizando equipos como balones medicinales, pesas rusas, sogas y bandas de ejercicio para proporcionar resistencia. Este tipo de ejercicio imita las demandas de alta intensidad de los bomberos (Smith, 2011). De hecho, bomberos, unidades militares y fuerzas del orden público han adoptado este tipo de entrenamiento funcional, con su denominación como *CrossFit*, siendo el ejemplo más popular dentro de los trabajos de alta intensidad con una metodología de "movimientos funcionales constantemente variados realizados a una intensidad relativamente alta" (Haddock, Poston, Heinrich, Jahnke, & Jitnarin, 2016). Los programas de ejercicio como estos se pueden agrupar en la categoría de entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT), buscando como objetivo producir altos niveles de aptitud cardiorrespiratoria, resistencia y fuerza, que van más allá de los logrados siguiendo las recomendaciones actuales de actividad física (Haddock et al., 2016). Otra vertiente no clásica parecida es el entrenamiento de potencia de alta intensidad basado en *CrossFit* (HIPT), el cual ha demostrado mejorar significativamente $VO_2\text{max}$ y la composición corporal en sujetos de ambos sexos en todos los niveles de condición física (Smith, Sommer, Starkoff, & Devor, 2013), aumentos en la tasa metabólica y gasto cardíaco, mejoras a nivel muscular y una mayor adherencia al programa de entrenamiento frente al entrenamiento por ciclos de intervalos de sprint (SIC) (Gist, Freese, & Cureton, 2014).

En un estudio llevado a cabo con cadetes del Cuerpo de Entrenamiento de Oficiales de la Reserva del Ejército griego (ROTC) en el que se empleó un protocolo de HIT calisténico de cuerpo entero "completo", logró mantener las capacidades metabólicas, la función mitocondrial y el rendimiento físico al menos tan bien como el entrenamiento físico típico militar (TPT) en 4 semanas, concluyendo

que el HIT calisténico mantiene la forma física a pesar de la corta duración y el volumen reducido de actividad, pudiendo ser adecuado para mantener el buen estado físico en personal de las fuerzas armadas moderadamente entrenado sin acceso a equipos de entrenamiento más costosos (Gist, Freese, Ryan, & Cureton, 2015). En un estudio más reciente realizado por Schaun, Pinto, Silva, Dolinski & Alberton, (2018) se comparó 16 semanas de entrenamiento de intervalos de alta intensidad y bajo volumen (HIIT-WB 8 ciclos de 20" realizando *burpees, mountain climbers, squat, hip thrusts* y *jumping jacks*), usando el peso corporal como resistencia, como alternativa al HIIT tradicional (130% 8 ciclos de 20" al 130% VAM en ergómetro), y al entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT, 30 min 90-95 FCmax), concluyendo que los 3 métodos logran mejorar tanto el VO_2 max como el tiempo hasta el agotamiento en el VT_2 (umbral anaeróbico), además de mejoras en la velocidad en VT_2 , siendo HIIT-WB tan eficaz como el HIIT tradicional y más eficiente en el tiempo en comparación con MICT.

En un estudio de revisión sobre este método de entrenamiento (HIIT-WB), se remarca que este programa de ejercicios de calistenia puede considerarse un método efectivo y seguro para mejorar la condición física y la composición corporal en diferentes poblaciones y edades, y controlándose la intensidad mediante índices de esfuerzo percibido (RPE). Además de conseguir una gran adherencia a la actividad física, puede promover beneficios de salud y de rendimiento, basándose en alentar a los sujetos a realizar el máximo número de movimientos posibles durante el período de tiempo prescrito, de forma que el esfuerzo debe caracterizarse como máximo (Machado, Baker, Junior, Aylton, & Bocalini, 2017). Estos programas de ejercicio pueden constituirse como la mejor forma de preparación para lo que el trabajo de los bomberos requiere, ya que se enfoca en movimientos corporales completos (Jahnke et al., 2015). El entrenamiento HIIT no solo mejora la capacidad cardiorrespiratoria, sino que lo hace en menos tiempo que el entrenamiento tradicional, y es probable que resulte beneficioso para los horarios limitados e impredecibles de los bomberos (Roberts et al., 2002).

Por todo lo mencionado anteriormente, en este Trabajo Fin de Máster se plantea la hipótesis de que un programa de entrenamiento tipo HIIT en su modalidad calisténica y funcional de 8 semanas (2 días por semana), que utiliza ejercicios específicos a las tareas realizados por un ya entrenado P.E.E.I.F., va a lograr mejorar el rendimiento en la exigente prueba específica de selección "*Pack Test*".

2. OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar la influencia de un entrenamiento específico tipo HIIT-WB para el P.E.E.I.F. en su condición física y prueba específica de selección “*Pack Test*”.

Objetivos específicos:

- Determinar en laboratorio la capacidad y resistencia aeróbica del P.E.E.I.F.
- Valorar distintas manifestaciones de la fuerza como componente fundamental de la condición física del P.E.E.I.F., así como flexibilidad y equilibrio.
- Evaluar la influencia de un programa de entrenamiento HIIT-WB en P.E.E.I.F. entrenado en su condición física aeróbica, fuerza, flexibilidad y equilibrio.
- Analizar los cambios en la prueba específica selectiva *Pack Test*.
- Relacionar que posible mejora en los componentes de la condición física influyen más en los probables cambios en el *Pack Test*.

3. MÉTODOS

3.1. Sujetos

Tras una reunión informativa con 18 P.E.E.I.F. de la finalidad del estudio y de lo que se requiere de ellos si participan en cuanto a la intervención y su valoración, la muestra quedó compuesta por 9 sujetos (todos P.E.E.I.F.) que trabajan como fijos o fijos discontinuos en las ELIF o BRIF de Castilla y León, con una experiencia acumulada media de 7,4 años, y que actualmente siguen un entrenamiento de forma regular para dicha labor. Todos, inicialmente, firmaron el preceptivo consentimiento informado (Anexo 1) y durante 1 semana se les familiarizó en varias sesiones tanto con los ejercicios calisténicos y funcionales que iban a constituir el programa de entrenamiento, como con las pruebas de valoración de la condición física requeridas. Tras la misma, el estudio comenzó realizando las pruebas para valorar su condición física (un día los test de esfuerzo en tapiz rodante, y 48 h después los diferentes test de fuerza, flexibilidad y equilibrio); y tras otras 48-72h de descanso realizaron la prueba específica de selección del P.E.E.I.F. “*Pack Test*”. Previamente a cada prueba se les dio recomendaciones nutricionales para el día anterior y día de la prueba, así como de evitar entrenar fuerte. Tras las pruebas iniciales se inició la programación de entrenamientos HIIT-WB 2 días por semana durante 8 semanas; y al finalizar los entrenamientos se volvieron a realizar las mismas pruebas, en los mismos marcos horarios y con iguales recomendaciones, para valorar las posibles mejoras producidas. Las características de la muestra se detallan en la tabla 3.

Tabla 3: Experiencia y características antropométricas y de capacidad funcional del P.E.E.I.F.

P.E.E.I.F. (n=9)	
Experiencia en IIFF (años)	7,4±4,5
Edad (años)	29,8±2,8
Altura (cm)	175,6±6,7
Peso (kg)	76,7±17,3
IMC	24,9±4,7
ICC	0,83±0,1
VO ₂ max (ml/kg/min)	52,0±8,2
FCmax (ppm)	186,9±8,9

Fuente: datos obtenidos durante la realización de distintas pruebas pautadas para este estudio. Valores medios ± desviación estándar. IMC= Índice de masa corporal; ICC= Índice cintura cadera; VO₂max= Consumo máximo de oxígeno; FCmax= Frecuencia cardíaca máxima.

3.2. Composición Corporal

Se requirió a los sujetos que acudieran al laboratorio de valoración de la condición física del Grupo de Investigación VALFIS en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte para realizar un estudio cineantropométrico, atendiendo a metodología GREC-ISAK (Esparza, 1993) y medir peso (mediante báscula COBOS® con precisión de 10g), y talla (mediante estadiómetro SECA®).



Imagen 1: Medición de talla y valoración de composición corporal por báscula de bioimpedanciometría.

Para asegurar la exactitud de predicción de las ecuaciones de bioimpedancia (báscula de bioimpedanciometría tetracompartmental Tanita BC-418®), se les requirió a los sujetos atender a las siguientes normas (Alvero et al., 2009):

- No comer ni beber en las 4 horas previas al test de bioimpedancia.
- No realizar ejercicio extenuante 12 horas antes.
- Orinar 30 minutos, o menos, antes del test.
- No consumir alcohol 48 horas antes.
- No tomar diuréticos 7 días antes.
- No realizar preferentemente la bioimpedancia en fase lútea (retención de líquidos).
- Retirar todo elemento metálico del cuerpo (relojes, anillos, pulseras, pendientes, piercings, etc).

3.3. Pruebas de Condición Física

Para valorar la condición física del P.E.E.I.F. (n=9), se realizaron una serie de test en los que se analizó la fuerza resistencia (lumbar, abdominal y del tren superior), fuerza máxima dinamométrica de agarre manual, fuerza explosiva del miembro inferior, flexibilidad isquiosural, y equilibrio estático.

Test de Fuerza-Resistencia lumbar

La prueba de *Biering-Sørensen* (Imagen 2) se usó para medir la fuerza-resistencia isométrica de los músculos extensores del tronco (Biering-Sørensen, 1984). Para su realización se colocó al sujeto sobre la camilla en decúbito prono, alineando las crestas ilíacas con el borde de una camilla. Se contabilizó el tiempo máximo de cada sujeto para mantener la posición (Gutiérrez, 2018).

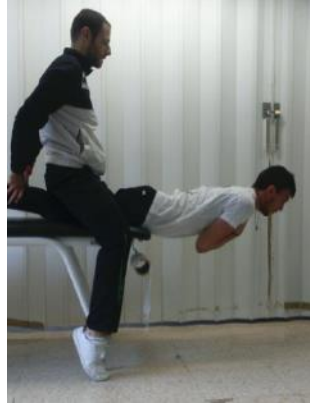


Imagen 2: Test de Biering-Sørensen

Test de Fuerza Resistencia de miembro superior (MMSS)

Se realizó la prueba de *Push Up* (Imagen 3), en la que el sujeto asumió una posición de tabla o plancha con las manos separadas al ancho de los hombros y los codos completamente extendidos. Los sujetos completaron tantas flexiones como fuese posible (tocando con el pecho en la colchoneta) hasta el agotamiento, sin descanso o hasta que se intentaron dos flexiones de brazos consecutivas con una forma incorrecta o una técnica inadecuada. El puntaje fue la cantidad de flexiones completadas correctamente (Sell & Livingston, 2012; Gnacinski, Meyer, Cornell, Mims, Zalewski & Ebersole, 2015; Phillips et al., 2011).



Imagen 3: Test *Push Up*.

Test de Fuerza Resistencia del Core

Se llevó a cabo el test de la Plancha (Imagen 4), para valorar la fuerza resistencia del núcleo o *Core*, para lo cual el sujeto sostuvo su cuerpo en una posición de tablón sobre el suelo, apoyado en los dedos de los pies y los antebrazos. Los codos de los sujetos deben estar separados al ancho de los hombros con las manos en puños frente a la cara. La prueba terminará cuando el sujeto ya no pueda sostenerse. Se considerará que el sujeto no puede mantener la posición si deja caer la pelvis o la cintura escapular. Esta prueba tardará de 4 a 5 minutos en completarse (Lovelace, 2012; Phillips et al., 2011).



Imagen 4: Test Plancha isométrica

Test de Flexibilidad isquiosural

Para el análisis de la flexibilidad se realizó el test *Sit and Reach* unilateral (Imagen 5). Los sujetos se sentaron sobre una camilla de 60 centímetros de altura, en el borde de la misma, con una pierna extendida en la camilla, colocando la planta del pie apoyada en el cajón de medición. La pierna contralateral se colocó fuera de la camilla, con el pie apoyado sobre una superficie, manteniendo las articulaciones de la rodilla y cadera en flexión de 70° y 65°, respectivamente. La medición se realizó en ambas piernas por separado de forma aleatoria (Miñarro, Sainz de Baranda, Yuste & Rodríguez, 2008)

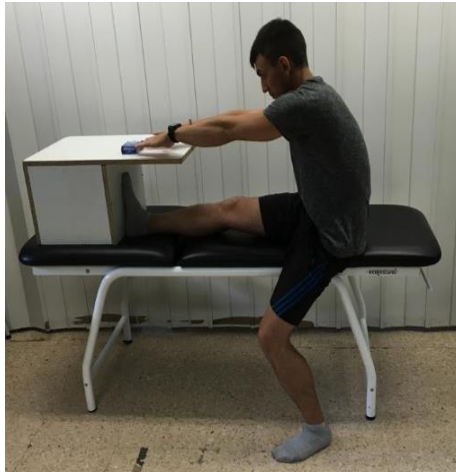


Imagen 5: Test *Sit and Reach* unilateral.

Test de Fuerza Explosiva del miembro inferior (MMII)

Se realizó el test de salto CMJ (salto con contramovimiento) (Imagen 6), midiendo la altura y la potencia desarrollada por los sujetos para dicho salto. Para su realización cada sujeto se colocaba de pie con las manos en las caderas, manteniéndolas durante el salto. Se ejecuta una flexión de piernas llegando a los 90° de flexión (fase excéntrica) y seguidamente se ejecuta una extensión (rodillas y cadera) (fase concéntrica), con lo cual se consigue una mejora del trabajo producido gracias al reflejo de estiramiento miofibrilar y a la elasticidad muscular o capacidad del músculo para almacenar energía elástica durante el estiramiento y utilizarla parcialmente en una contracción realizada inmediatamente después (González-Badillo, & Ayestarán, 2002).

La medición de altura y potencia en salto vertical CMJ (Gnacinski et al., 2015; Sánchez et al., 2013), se analizó mediante la APP validada "My Jump 2.0" (Balsalobre, Glaister, & Lockey, 2015) (iPhone SE 128gb 1080p-120 f/s y 720p-240 f/s). Se realizaron 3 saltos, utilizando finalmente como resultado el máximo de los 3 saltos. Los sujetos se colocaron, cuando se les indicó, y se grabó el salto con APP MyJump 2.0 obteniendo la altura de salto vertical y la potencia del mismo. Como el estudio actual no incluyó una medida de fuerza de las piernas, la relación entre el CMJ y el *Pack Test* puede servir como relación subyacente entre la fuerza de las piernas y el tiempo de finalización del transporte de carga (Phillips et al., 2011).



Imagen 6: Salto CMJ evaluado con APP My Jump 2.0.

Test de Dinamometría manual

La prueba dinamométrica de agarre manual se utilizó para evaluar la fuerza muscular isométrica máxima del antebrazo. Se le indicó al sujeto que se mantuviera erguido con los brazos delante del cuerpo, el antebrazo en la posición neutral, el codo flexionado a 90° y metido en el costado del cuerpo. Los brazos permanecieron en esta posición mientras el sujeto apretaba los dinamómetros lo más fuerte posible durante 3 s. El proceso se repitió tres veces (incorporando un descanso de 1 minuto entre las pruebas) (Sell, & Livingston, 2012; Phillips et al., 2011).



Imagen 7: Test Dinamometría manual.

Test de Equilibrio estático

Se realizó el test de Flamenco (Cuadrado, Morante, Redondo, & Zarzuela, 2005) (Imagen 8). El sujeto debía colocarse erguido con un pie sobre la tabla, de 3 cm de ancho y unos 50 cm de largo, y el otro en el suelo, debiendo pasar el peso a la pierna apoyada en la tabla y la otra agarrarla con la mano del mismo lado manteniendo el equilibrio, con cada pérdida de equilibrio por el sujeto se parará el tiempo y cuando retome el equilibrio se volverá a reanudar. Se contabilizan el número de caídas en 1 min de tiempo, deteniendo la prueba si el sujeto pierde el equilibrio 15 veces en los primeros 30 s (Gutiérrez, 2018).



Imagen 8: Test Flamenco.

3.4. Prueba de Condición Aeróbica

Se realizó un test de esfuerzo máximo ergoespirométrico en tapiz rodante (Imagen 9) (HP COSMOS PULSAR, HP COSMOS Sports & Medical GMBH, Nussdorf-Traunstein, Germany) para determinar tanto el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$) del P.E.E.I.F., como los umbrales ventilatorios aeróbico y anaeróbico de los mismos (VT_1 y VT_2) (Gráfico 1 e Imagen 9). Tras un calentamiento estandarizado de 5 min andando a 6 km/h y trotando a 8 km/h, y después de una recuperación de 2 min, los sujetos comenzaron la prueba a una velocidad de 6 km/h, en cada estadio de un minuto se incrementaba la velocidad 1km/h, hasta la extenuación o fatiga volitiva. Faltando 5 segundos para finalizar cada estadio se les preguntaba la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) (Escala de Borg 0-10; Borg, 1982) (Anexo 2) al tiempo que se anotaba la FC medida mediante pulsómetro Polar (RCX-800). Tras finalizar la prueba se mantenía al sujeto a una velocidad estable de 4 km/h y se les pregunta por su percepción de recuperación del esfuerzo (Escala TQR) (Anexo 3), al tiempo que se registraba la FC de recuperación cada 10 segundos, hasta completar tres minutos de recuperación. Las pruebas incrementales se realizaron a la misma hora del día (por la mañana entre las 9:00 y las 14:00 h).



Imagen 9: Realización de test de esfuerzo máximo ergoespirométrico.

Para determinar que el sujeto había alcanzado su esfuerzo máximo se corroboraba que el test de esfuerzo cumplía con los criterios de maximalidad (Casajús, Piedrafita, & Aragonés, 2009), los cuales son: alcanzar una meseta en el consumo máximo de oxígeno (Wagner, 2000) (llega un momento en que aunque se incremente la carga o intensidad del esfuerzo, el VO_2 no aumenta o aumenta poco); alcanzar un cociente respiratorio $CR \geq 1,10$ (relación del volumen de CO_2 eliminado y el volumen de O_2 consumido) (Brooks, Fahey, White, & Baldwin, 2000); alcanzar una RPE máxima de 10 en la escala de Borg (CR-10; Borg, 1982); lograr un $\%FC\max \geq 95\%$ de la $FC\max$ teórica (220-edad; Astrand, 1960).

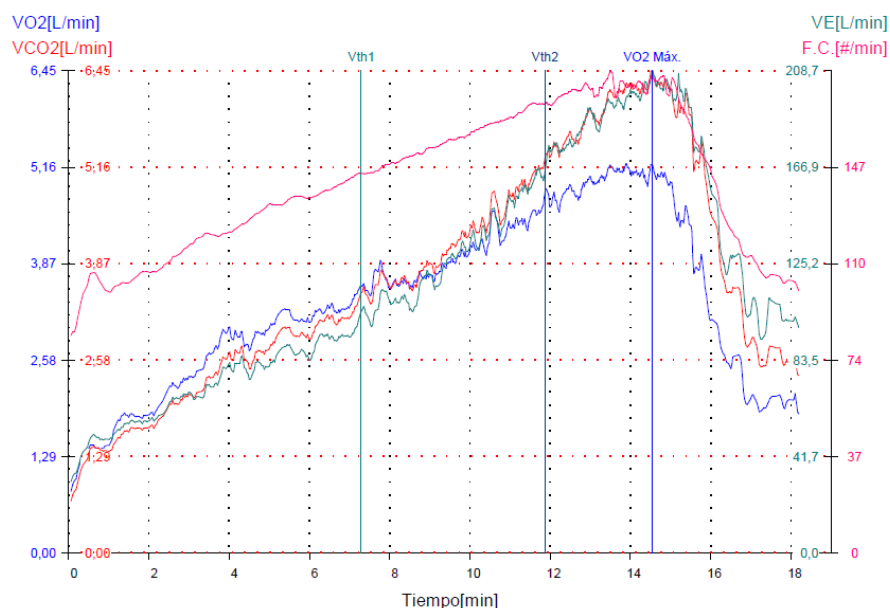


Gráfico 1: Gráfica test de esfuerzo máximo ergoespirométrico. Dónde: VO₂max: consumo máximo de oxígeno; VT₂: umbral ventilatorio anaeróbico; VT₁: umbral ventilatorio aeróbico; VO₂: consumo de oxígeno (L/min); VCO₂: índice de producción de dióxido de carbono (L/min); VE: Ventilación (L/min); FC: frecuencia cardíaca (ppm).

3.5. Prueba Pack Test

Para la realización del *Pack Test*, y previo calentamiento estandarizado y supervisado por evaluador, los sujetos realizaron 12 vueltas a una pista de atletismo (400 m) debiendo completar 4,83 km en un tiempo ≤ 45 min portando una mochila bien ajustada, con un peso de 20,4 kg (Imagen 10). Previamente se habían puesto la cinta pectoral emisora de un pulsómetro Polar RCX-800 cuyo receptor-reloj llevaban en la muñeca y así monitorizar la FC. En cada vuelta se tomaba la FC (Polar RCX-800) y su percepción de esfuerzo (RPE) (Borg, 1982) (Anexo 2) respecto a la prueba.

Durante el *Pack Test*, cada sujeto llevaba ropa liviana, atlética y calzado cómodo según las pautas de la prueba (Sharkey, 1999). Los participantes fueron instruidos para completar la prueba lo más rápido posible sin correr. Los tiempos de salida se escalonaron 50 m para limitar las carreras entre participantes o el ritmo, además, todos los participantes recibieron retroalimentación verbal de su tiempo transcurrido en cada vuelta por su evaluador. Se dieron indicaciones de facilitar el adelantamiento por la calle 1. Tras acabar, se realizaron ejercicios de recuperación y estiramientos supervisados por un evaluador, y a los 30 min de finalizar se les requirió la percepción subjetiva del esfuerzo realizado (RPE) (Escala de Borg de 1-10, Borg, 1982).



Imagen 10: Realización de prueba *Pack Test* en pista de atletismo.

Para poder llevar a cabo el seguimiento de los sujetos, los evaluadores disponían de un tabla (Tabla 4), donde se recogía el tiempo por vuelta, la frecuencia cardíaca (FC) y la percepción de esfuerzo (RPE) por vuelta y global de forma individual y secreta (mediante sistema de signos manual previamente instruidos para evitarse influencia entre ellos).

Tabla 4: Planilla de seguimiento para prueba *Pack Test*

VUELTAS	Sujeto 1:			Sujeto 2:			Sujeto 3:		
	Tº	FC	RPE	Tº	FC	RPE	Tº	FC	RPE
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
RPE SESIÓN:									

Fuente: Elaboración propia.

3.6. Programación de Entrenamiento HIIT-WB

Entrenamiento HIIT-WB calisténico funcional:

Se llevó a cabo una programación de 8 semanas, que consta de 16 sesiones de entrenamiento interválico intensivo de alta intensidad, en las que se incluyeron acciones musculares o gestos específicos realizados en la práctica laboral del P.E.E.I.F. como el golpeo con batefuegos o cargadas con peso (*Farmer Walk*). En todas las sesiones, para supervisar y controlar que inducen una alta intensidad de esfuerzo, cada sujeto la realiza monitorizando continuamente la FC portando un pulsómetros Polar RCX-800 y así, verificar que están por encima de la FC que representa al menos una intensidad >85% FCmax, respecto a la máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo. Estando familiarizados con la escala de percepción del esfuerzo (RPE), y siendo ésta una medida subjetiva válida de la intensidad del entrenamiento de la fuerza (Nacleiro, Barriopedro & Rodríguez, 2008), se registró individualmente y en secreto el RPE inmediatamente después de la finalización de cada ejercicio y después del entrenamiento con la escala de Borg 0-10 (Day, McGuigan, Brice & Foster, 2004). Los sujetos anotaban en una planilla su FC y su RPE al final de cada ejercicio realizado, a fin de permanecer siempre por encima del umbral estipulado como alta intensidad.

Los entrenamientos seguían la siguiente distribución (Anexo 4):

- **Fase de calentamiento general** (movilidad articular).
- **Fase de calentamiento específico** (activación musculatura implicada en la sesión y activación cardiopulmonar con ejercicios realizados posteriormente en la parte principal).
- **Parte principal** compuesta por ocho ejercicios alternando los grupos musculares para evitar una fatiga localizada que impida elevar el ritmo cardíaco. Se alentó a los sujetos para que realizaran el máximo de ejercicios posibles, buscando la alta intensidad (>85% FCmax) para cada sujeto, atendiendo al principio de individualización del entrenamiento, ya que había niveles dispares dentro del mismo grupo de entrenamiento.
- **Vuelta a la calma** (estiramientos activos).

Los ratios de trabajo por semanas se distribuyeron de la siguiente forma (Tabla 5):

Tabla 5: Distribución de ratios de trabajo durante la programación.

Semana 1 y 2	Semana 3 y 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7 y 8
Ratio trabajo 1:2 (20" activos- 40"descanso)	Ratio trabajo 1:1 (30" activos- 30"descanso)	Ratio trabajo 2:1 (40" activos- 20"descanso)	Ratio trabajo 2:1 (40" activos- 20"descanso)	Ratio trabajo 2:1 (30" activos- 15"descanso)
2 Circuitos de 7 estaciones, 2 min descanso entre circuitos.	2 Circuitos de 7 estaciones, 2 min descanso entre circuitos.	2 Circuitos de 8 estaciones, 2 min descanso entre circuitos.	3 Circuitos de 7 estaciones, 1:30 min descanso entre circuitos.	3 Circuitos de 7 estaciones, 1:30 min descanso entre circuitos.

Fuente: elaboración propia.

3.7. Análisis Estadístico

Para la recogida de los datos se creó una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010 (Microsoft Windows) que además de su tratamiento y depuración, permite la realización de tablas y figuras. Todas las estadísticas se realizaron con el programa estadístico IBM SPSS Statistics v.19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) con licencia de la Universidad de León.

Los resultados se expresan como media \pm desviación estándar (*SD*). La normalidad de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Todas las diferencias entre los grupos se evaluaron mediante prueba dependiente *t* de Student para muestras relacionadas. En la realización del *Pack Test* se analizó la FC, RPE y tiempo mediante un ANOVA de medidas repetidas. El análisis *post-hoc* para valores *F* significativos se realizó mediante la corrección de Bonferroni. La asunción de esfericidad fue evaluada por medio de la prueba de Mauchly, cuando esta asunción fue violada se realizó el ajuste del nivel de significación mediante la ϵ de Greenhouse-Geisser. Las correlaciones bivariadas entre la condición aeróbica vs. tiempo prueba *Pack Test* (PT); condición física vs. tiempo prueba PT; y condición física vs. condición aeróbica, se calcularon utilizando el coeficiente de correlación de momentos del producto de Pearson (*r*). Las magnitudes de las correlaciones fueron clasificadas como triviales ($r = 0,0$ a $0,09$), pequeñas ($r = 0,1$ a $0,39$), moderadas ($r = 0,4$ a $0,59$), fuertes ($r = 0,6$ a $0,79$), muy fuertes ($r = 0,80$ a $0,89$), casi perfecto ($r = 0,90$ a $0,99$), y perfecto ($r = 1,0$) (Hopkins, 2000). La significancia estadística fue aceptada en $p < 0,05$, $p < 0,01$ y $p < 0,001$.

4. RESULTADOS

4.1. Características Antropométricas y Composición corporal

Respecto a las mediciones antropométricas (Tabla 6), el entrenamiento no conlleva cambios en el peso corporal, talla, ni, por tanto, IMC, pero si se observa, con la bioimpedanciometría, un incremento significativo del 15,3 % de la grasa corporal, y una significativa reducción del 2,5% de la masa libre de grasa y del 2,7 % del agua corporal.

Tabla 6: Características Antropométricas y de Composición corporal del P.E.E.I.F. (n=9) tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

P.E.E.I.F. (n=9)	ANTES	DESPUÉS	% Cambio	"p"
Peso (kg)	76,7 \pm 2,8	76,6 \pm 17,3	-0,1	n.s.
Talla (cm)	175,6 \pm 6,7	175,6 \pm 6,7	0	n.s.
IMC	24,9 \pm 4,7	24,8 \pm 4,7	-0,4	n.s.
ICC	0,83 \pm 0,1	0,83 \pm 0,1	0	n.s.
% Grasa (%)	13,7 \pm 7,9	15,8 \pm 8,2	15,3	*
% MLG (%)	86,3 \pm 7,9	84,1 \pm 8,2	-2,5	*
% Agua corporal (%)	63,2 \pm 5,8	61,5 \pm 6	-2,7	*

Valores medios \pm desviación estándar. Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: *= $p < 0,05$. n.s.= no hay cambios significativos. Dónde: IMC= Índice de Masa Corporal. ICC= Índice Cintura Cadera; MLG = Masa Libre de Grasa.; % = porcentaje; n = tamaño muestral.

4.2. Pruebas de Condición Física

En la tabla 7, se muestran los resultados de las pruebas de aptitud física, entre las cuales se observó que el entrenamiento HIIT-WB conllevó un incremento muy significativo del 55,5% en el test de *Sörensen*; como del 42,8% en el test de la plancha isométrica. También se apreciaron incrementos significativos del 10,1%, 9% y 7%, en los test de *Push Up*, y en la potencia y altura de salto (CMJ), respectivamente. Y además incrementó un 41,3% la flexibilidad en el test de *Sit and Reach* unilateral en la pierna dominante derecha, que no llega a ser significativo en la pierna izquierda (26,8%). Mejoras no significativas se obtuvieron también en el equilibrio estático medido mediante el test Flamenco (un 48,1%), sin que existieran modificaciones en cuanto a la fuerza dinamométrica de agarre.

Tabla 7: Pruebas de condición física (fuerza, flexibilidad y equilibrio) del P.E.E.I.F. (n=9) tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas

PEEIF (n=9)	Antes	Después	% Cambio	"p"
CMJ (cm)	28,8±6,6	31±6,9	7,0	**
CMJ (W))	1719,1±298,4	1873,4±295,9	9,0	**
Plancha (s)	124,2±66,9	177,3±69,7	42,8	***
Push Up (NR)	35,1±14,7	38,7±12,5	10,1	**
Dinamometría Izquierda (kg)	43,5±10	43,6±8,2	0,2	n.s.
Dinamometría Derecha (kg)	46,6±9,4	46±7,1	-1,4	n.s.
Sörensen (s)	74,6±31,1	116,1±51,6	55,5	***
Flamenco (NI)	3±3,3	1,6±1,6	-48,1	n.s.
SitandReach Izquierda (cm)	7,6±11,1	9,7±10,4	26,8	n.s.
SitandReach Derecha (cm)	7±10,7	9,9±10,1	41,3	*

Valores medios ± desviación estándar. Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$; n.s. = no hay cambios significativos. Dónde: NR=número de repeticiones; kg=kilogramos; NI=número de intentos; n = tamaño muestral.

4.3. Prueba de Condición Aeróbica

Los resultados de los test de esfuerzo máximo ergoespirométricos se exponen en la tabla 8 (valores máximos), tabla 9 (umbral ventilatorio-2 (VT_2) o anaeróbico) y tabla 10 (umbral ventilatorio-1 (VT_1) o aeróbico). No se han observado, tras el entrenamiento HIIT-WB, cambios en los valores máximos en los test de esfuerzo, salvo una reducción significativa del 1,6% en el %FCmax, si bien presenta valores por encima del 95%, que conjuntamente con la RPE > 9, y el RQ > 1,1 nos confirma la realización de esfuerzos máximos, aunque sin cambios en valores máximos de velocidad alcanzada, VO_{2max} , FCmax, ventilación ni pulso de oxígeno.

Tabla 8: Test de esfuerzo máximo ergoespirométrico realizado por el P.E.E.I.F. (n=9) tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas

Valores máximos	Antes	Después	% Cambio	"p"
Velocidad máxima(km/h)	17,1±2,7	16,8±2,4	-1,8	n.s.
FCmax (ppm)	186,9±8,9	183,8±7,8	-1,7	n.s.
%FCmax (%)	98,2±5,2	96,6±4,9	-1,6	*
RPE max	9,1±1,4	9,2±1	1,1	n.s.
VO_{2max} (ml/kg/min)	52±8,2	50,8±8,7	-2,3	n.s.
VO_{2max} (L/min)	3,9±0,8	3,8±0,8	-2,6	n.s.
RQ-max	1,2±0,1	1,2±0,1	0	n.s.
VE-max (L/min)	149,7±27,6	152±30,8	1,5	n.s.
Pulso O_{2max}	21,2±4,9	21,2±4,6	0	n.s.

Valores medios ± desviación estándar. Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: * = $p < 0,05$; n.s. = no hay cambios significativos. Dónde RQ= cociente respiratorio (VCO_2/VO_2); VE= ventilación; pulso de oxígeno = VO_2/FC ; ppm = pulsaciones por minuto.

En cambio, en la tabla 9, se muestra como mejoran significativamente la práctica totalidad de los indicadores de la resistencia aeróbica, los relacionados con el umbral anaeróbico o VT_2 . Se observa que el entrenamiento HIIT-WB conlleva un aumento significativo del 5,1% en la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico o VT_2 , al igual que aumenta significativamente un 6,2-7,4% el VO_2

correspondiente al umbral anaeróbico o VT₂ (o un 8% el porcentaje del VO₂max correspondiente al umbral anaeróbico, pasando del 80,4% al 88,4% del VO₂max), y también lo hace el pulso de oxígeno (parámetro de eficiencia que aumenta significativamente un 3,6%). Y aunque no llega a aumentar significativamente la FC a la que se identifica el umbral anaeróbico o VT₂, si lo hace en un 3,7% el porcentaje de la FCmax a la que se identifica. Estos incrementos también se acompañan de incrementos significativos en la intensidad umbral anaeróbica del RPE en un 32,7%, de la ventilación en un 12,3%, y del cociente respiratorio en un 10%.

Tabla 9: Valores en el umbral ventilatorio-2 (VT₂) o anaeróbico del P.E.E.I.F. (n=9) tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

Umbral anaeróbico	Antes	Después	% Cambio	"p"
Velocidad VT ₂ (km/h)	13,6±2,2	14,3±1,9	5,1	*
FC-VT ₂ (ppm)	168,1±10,1	171,6±10,7	2,1	n.s.
%FCmax VT ₂ (%)	89,9±2,7	93,3±2,5	3,7	**
RPE VT ₂	5,2±1,3	6,9±1,5	32,7	**
VO ₂ VT ₂ (ml/kg/min)	41,8±7,4	44,9±6,9	7,4	*
%VO ₂ max VT ₂ (%)	80,6±9,9	88,9±5,7	8	*
VO ₂ VT ₂ (L/min)	3,2±0,7	3,4±0,7	6,2	*
RQ VT ₂	1±0,1	1,1±0,1	10	**
VE VT ₂ (L/min)	102,6±22,2	115,2±27,4	12,3	**
Pulso de O ₂ VT ₂	19,5±4,6	20,2±4,7	3,6	*

Valores medios ± desviación estándar. Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: * = p < 0,05; ** = p < 0,01; n.s. = no hay cambios significativos. Dónde RQ = cociente respiratorio (VCO₂/VO₂); VE = ventilación; pulso de oxígeno = VO₂/FC; ppm = pulsaciones por minuto.

Tabla 10: Valores en el umbral ventilatorio-1 (VT₁) o anaeróbico del P.E.E.I.F. (n=9) tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas

Umbral aeróbico	Antes	Después	% Cambio	"p"
Velocidad VT ₁ (km/h)	9,3±1,8	10,7±1,5	15,1	*
FC-VT ₁ (ppm)	135,1±19,7	145,3±16,4	7,5	n.s.
%FCmax VT ₁ (%)	72,3±9,8	79±7,1	9,3	n.s.
RPE VT ₁	2,7±1,2	3,7±1,2	37	*
VO ₂ VT ₁ (ml/kg/min)	30,4±6,7	34,8±5	14,5	n.s.
%VO ₂ max VT ₁ (%)	58,4±9,5	68,4±9,4	10	n.s.
VO ₂ VT ₁ (L/min)	2,3±0,6	2,7±0,6	17,4	n.s.
RQ VT ₁	0,9±0,1	1±0,1	11,1	*
VE VT ₁ (L/min)	62±19,5	78,4±22	26,5	*
Pulso O ₂ VT ₁	17,1±3,5	18,2±4,4	6,4	n.s.

Valores medios ± desviación estándar. Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: * = p < 0,05; ** = p < 0,01; n.s. = no hay cambios significativos. Dónde RQ = cociente respiratorio (VCO₂/VO₂); VE = ventilación; pulso de oxígeno = VO₂/FC; ppm = pulsaciones por minuto.

En la tabla 10 se muestra que la velocidad a la que se identifica el umbral aeróbico o VT₁ también se incrementa significativamente un 15%, pasando de 9,3 a 10,7 km/h tras el entrenamiento HIIT-WB. Sin embargo, a pesar de aumentar un 14,5% -17,4% el VO₂ correspondiente al umbral aeróbico o VT₁ (y

un 10% el porcentaje del VO_2 max correspondiente al umbral aeróbico, pasando del 58,4% al 68,4% del VO_2 max) este incremento no llegó a ser significativo, como tampoco lo ha sido el aumento del 7,5% de la FC a la que se identifica, ni el 9,5% de mejora del porcentaje de la FCmax a la que se identifica este umbral aeróbico o VT_1 , ni el pulso de oxígeno (parámetro de eficiencia que mejora un 6,4%). En cambio, sí que se incrementan significativamente otros parámetros relacionados con el umbral aeróbico o VT_1 , como lo hace el RPE en un 37%, la ventilación en un 26,5%, y del cociente respiratorio en un 11,1%.

4.4. Prueba específica Pack Test

En la Figura 1 se muestran los resultados de la prueba específica *Pack Test* tras la realización del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas. Se puede observar como hay una gran reducción (de 5 min), y muy significativa, del tiempo de realización del *Pack Test*, lo que supone una mejora del 13%. Para su realización en este significativo menor tiempo de 33,06 min, el PEEIF se desplaza aumentando la FC media en un significativo 8,8% (pasando de 147,4 a 160,3 ppm), lo que representa un esfuerzo al 87,2% de la FCmax, si bien, este aumento del 10% no resultó significativo. Esta mejora en la velocidad de desplazamiento en la realización del *Pack Test* se percibe también como que el entrenamiento les ha permitido realizar un esfuerzo significativamente mayor en un 53,6%, pasando la RPE de 4,4 (esfuerzo percibido como “algo duro”) a 6,7 (esfuerzo percibido como “más duro”).

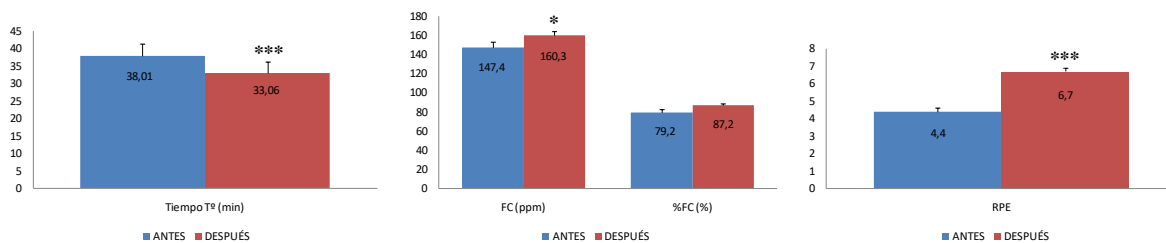


Figura 2: FC, percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) y Tiempo en completar la prueba específica *Pack Test* tras el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas por el P.E.E.I.F. Valores medios \pm desviación estándar. * = Diferencias significativas entre antes y después del entrenamiento. Nivel de significación: * = $p < 0,05$; *** = $p < 0,001$.

En la Figuras 3 y 4 se representa los resultados obtenidos en cuanto al tiempo que tardan en completar cada una de las 12 vueltas dadas en la pista de atletismo (1 vuelta son 400m), y la FC y la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) en cada una de ellas, durante la realización del *Pack Test* tanto antes como después de realizar el entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas. Se puede observar como el tiempo que tardan en completar cada una de las vueltas se reduce significativamente tras el entrenamiento en un rango entre el 9,4% y 21,9%; una mayor velocidad de desplazamiento que se acompaña, igualmente, de una significativa mayor percepción de esfuerzo tras el entrenamiento entre el 34,3% y 104,2% (Figura 3). En cambio, la FC requerida para su realización, aunque es aproximadamente un 8,8% mayor tras el entrenamiento, sólo presenta incrementos significativos en las vueltas finales, en concreto en la 8 y 11, en las que se incrementa un 10,5% y 9,3%, respectivamente (además del incremento en la vuelta 4 del 10,7%). El porcentaje de la FCmax que representa la FC media en cada vuelta, aunque sigue siendo un 10,1% mayor tras el entrenamiento (un rango entre el 4,8-12,6%), sólo muestra incrementos significativos en las últimas vueltas, en concreto en la 8, 9 y 11 (con incrementos del 11,6%, 12,6% y 10,4%, respectivamente) (Figura 4). De estos resultados podemos deducir, que el P.E.E.I.F. pudo incrementar su ritmo (tiempo por vuelta) a expensas de una mayor percepción de esfuerzo en todas las vueltas, y un mayor compromiso de la FC en las últimas vueltas, para mejorar el tiempo de la prueba PT y por tanto su rendimiento en dicha prueba.

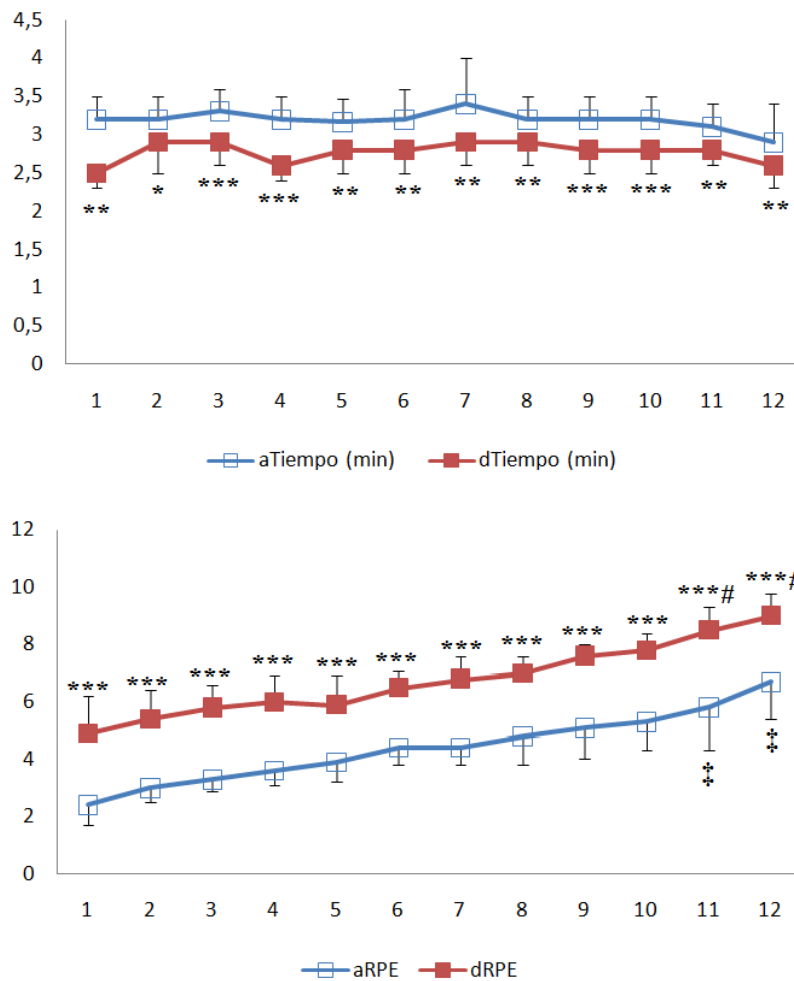


Figura 3: Tiempo (arriba) y Percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) (abajo) en cada una de las 12 vueltas en completar Pack Test. Valores medios \pm desviación estándar. Diferencias significativas entre Antes (a) y Después (d) del entrenamiento HIIT-WB. Nivel de significación: *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$, ***= $p < 0,001$ respectivamente. Diferencias significativas respecto a las vueltas 1 a 4; Nivel de significación: †= $p < 0,05$. Diferencias significativas respecto a las vueltas 1 a 7; Nivel de significación: #= $p < 0,05$.

El análisis de los resultados del comportamiento a lo largo del test, en las condiciones Antes-Después (momento x vuelta), analizando vuelta por vuelta en ambas pruebas, refleja, en la Figura 3 y 4, que en los tiempos vuelta por vuelta no hay diferencias significativas ni en el antes, ni en el después, lo cual parece mostrar que los sujetos han mantenido su máximo ritmo posible tanto en el antes como en el después de la prueba Pack Test, mejorando sus tiempos debido a una mayor capacidad para mantener la alta intensidad. Intensidad de esfuerzo que es percibida como similar, pues no difiere significativamente, en las 10 primeras vueltas; tan sólo en el Pack Test antes del entrenamiento las 2 últimas vueltas (la 11 y 12), se perciben con mayor intensidad de esfuerzo respecto a las 4 primeras vueltas (un 141,7% y 179,2%, respectivamente); mientras que en el Pack Test después del entrenamiento, ello ocurre también en las vueltas 11 y 12 respecto a las 7 primeras (un 75,3% y 83,7%, respectivamente) (Figura 3). Respecto a la FC, se observa un comportamiento parejo a la percepción de esfuerzo, ya que ni la FC y ni el %FCmax difieren en la 10 primeras vueltas en su comportamiento durante el Pack Test de antes o después del entrenamiento; si bien, de nuevo en el Pack Test antes del entrenamiento, la FC de las 2 últimas vueltas (11 y 12) se incrementa significativamente respecto a las vueltas 1 a 4 (un 15,7% y 26,1%); e igualmente, el %FCmax a la que se desplazan tampoco difiere significativamente en ambos test en las 10 primeras vueltas, pero en las 2 vueltas finales (11 y 12) se incrementa significativamente respecto a las vueltas 1 a 7 (un 13,2% y 16,9%) (Figura 4).

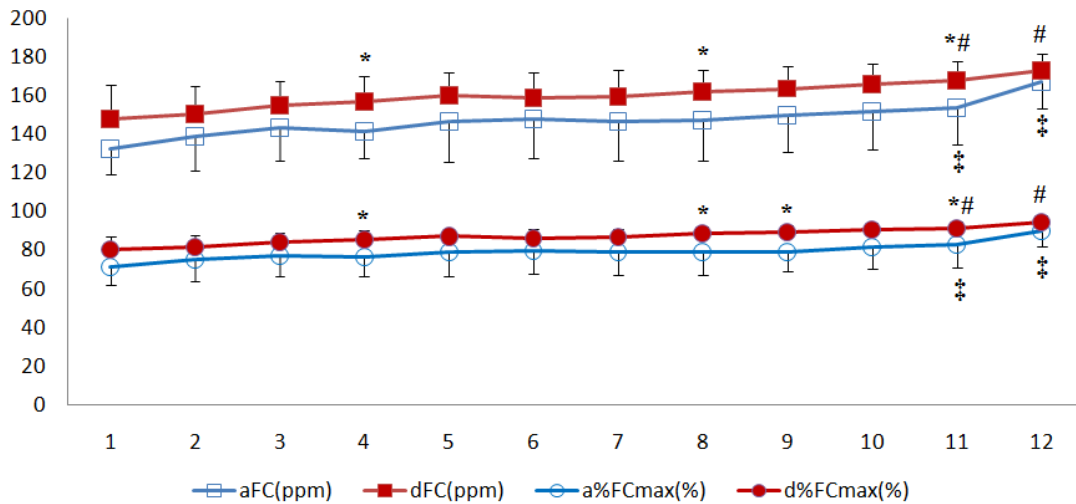


Figura 4: FC (arriba) y %FCmax esfuerzo (abajo) en cada una de las 12 vueltas en completar Pack Test. Valores medios \pm desviación estándar. Diferencias significativas entre Antes (a) y Después (d) del entrenamiento HIIT-WB. Nivel de significación: *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$, ***= $p < 0,001$ respectivamente. Diferencias significativas respecto a las vueltas 1 a 4; Nivel de significación: $\# = p < 0,05$. Diferencias significativas respecto a las vueltas 1 a 7; Nivel de significación: $\# = p < 0,05$.

Los Gráficos 2 y 3 muestran la monitorización de la FC de esfuerzo durante la realización del Pack Test, recogida cada segundo con el pulsómetro Polar RCX-800, y obtenidas mediante el programa Polar ProTrainer 5, en un mismo sujeto de la muestra, tanto en el PT realizado antes (Gráfico 2) como el PT realizado después (Gráfico 3) de la programación de 8 semanas de entrenamiento HIIT-WB. Dicho software permite analizar el porcentaje del tiempo total en el que el sujeto permanece en máxima intensidad (>85% FCmax), que en el 1º Pack Test (Gráfico 2) fue de 5 min (un 14,5%), mientras que en el de intensidad alta (60-85% FCmax) está 30 min (85,4%). Este mismo análisis en el 2º Pack Test (Gráfico 3), permite analizar que el mismo sujeto permanece ahora 28,40 min (86,6%) en máxima intensidad (>85% FCmax) y 3,40 min (11%) en una intensidad alta (60-85% FCmax). Datos que justifican la diferencia encontrada en la FC media, o intensidad de realización (valorada también como percepción de esfuerzo) entre ambos Pack Test realizado antes y después del entrenamiento HIIT-WB.

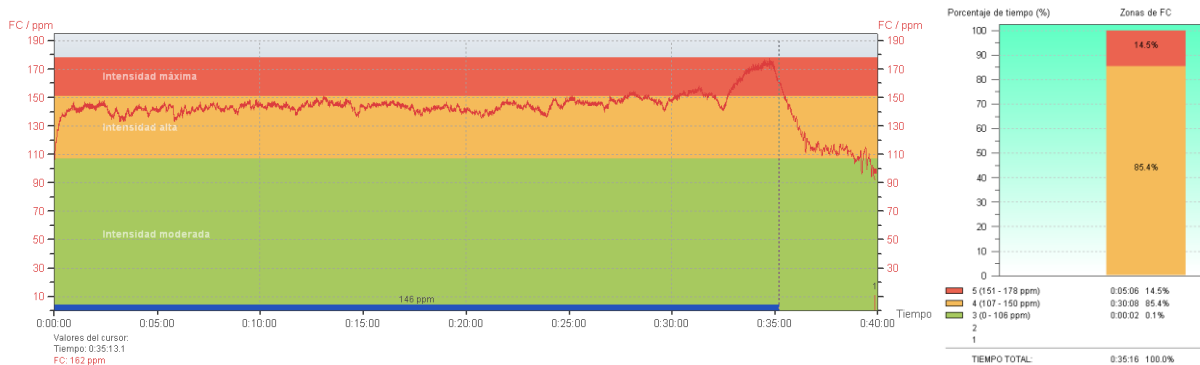


Gráfico 2: Registro de frecuencia cardíaca (software Polar ProTrainer 5) durante la prueba Pack Test antes del entrenamiento HIIT-WB en P.E.E.I.F.

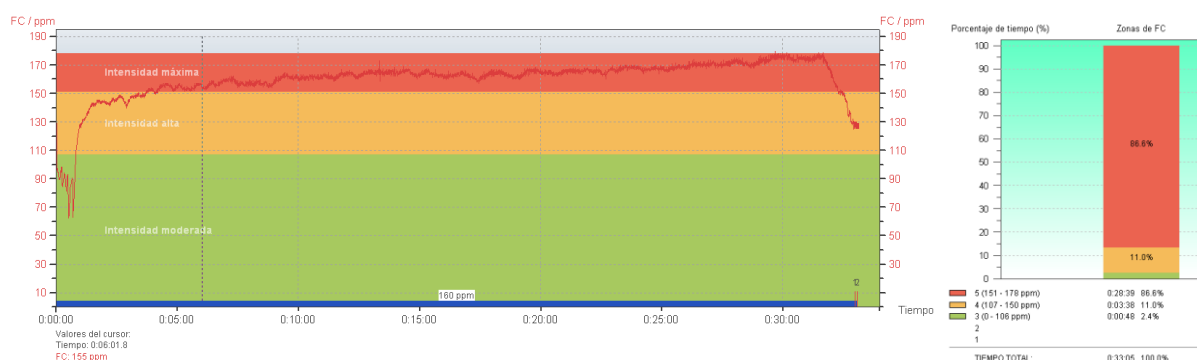


Gráfico 3: Registro de frecuencia cardíaca (software Polar ProTrainer 5) durante la prueba *Pack Test* después del entrenamiento HIIT-WB en P.E.E.I.F.

4.5. Relaciones entre *Pack Test*-Aptitud física-Condición Aeróbica

El análisis correlacional entre la prueba *Pack Test* y el test de esfuerzo ergoespirométrico máximo (Figuras 5,6,7 y 8), muestra una alta y significativa correlación ($r=0,835$; $p<0,01$) entre la mejora en el tiempo del *Pack Test* y el incremento del VO_2 en el umbral anaeróbico (VT_2) (Figura 5, izquierda); e igualmente se ha obtenido también otra alta y significativa correlación ($r=0,790$; $p<0,01$) entre la mejora porcentual del tiempo del *Pack Test* respecto al porcentaje de variación del $\%VO_2$ en el umbral anaeróbico (VT_2) (Figura 5, derecha).

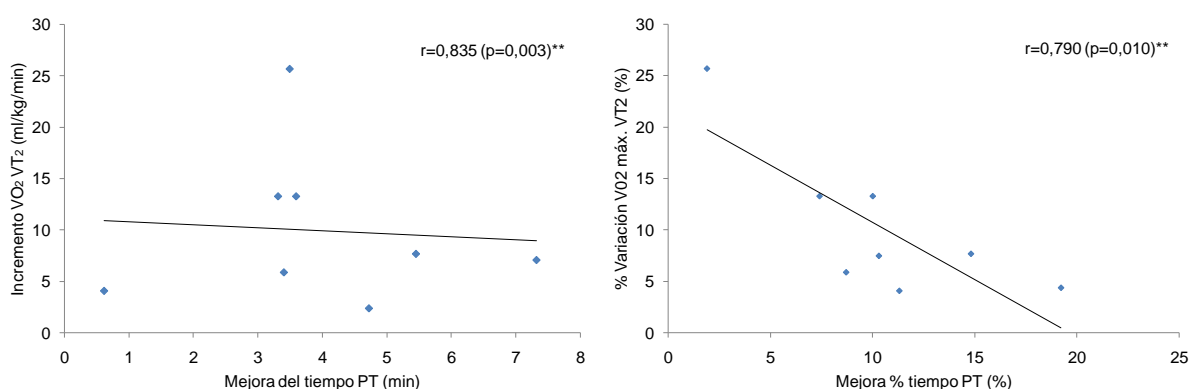


Figura 5: Correlaciones de la mejora del tiempo del *Pack Test* (PT) con el VO_2 max en umbral anaeróbico (VT_2).

Completado el entrenamiento HIIT-WB, el tiempo realizado en el *Pack Test* se correlacionó fuerte y significativamente con la velocidad máxima alcanzada en el test de esfuerzo ergoespirométrico ($r=0,747$; $p<0,05$) (Figura 6), al igual que se correlacionó fuerte y significativamente ($r=-0,683$; $p<0,05$) con la velocidad alcanzada en el VT_2 en el test de esfuerzo ergoespirométrico (Figura 7); además, también se obtuvo una moderada-fuerte correlación ($r=-0,596$; $p>0,05$) entre el tiempo *Pack Test* con el VO_2 max del test de esfuerzo ergoespirométrico final (Figura 8).

Las correlaciones entre la prueba de condición aeróbica (test de esfuerzo ergoespirométrico máximo) con el tiempo de la prueba *Pack Test*, tanto antes como después de intervenir con un entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas, resultaron similares respecto a la velocidad máxima en el test de esfuerzo ergoespirométrico máximo y el tiempo final en la prueba específica *Pack Test*, siendo una correlación fuerte y significativa tanto antes ($r= -0,777$; $p=0,014$), como después ($r= -0,747$; $p=0,021$) del entrenamiento (Figura 6). En cambio, no es significativa la correlación antes del entrenamiento con la velocidad en el umbral anaeróbico (VT_2), pero sí, después del entrenamiento, con una fuerte y significativa correlación ($r= -0,683$; $p=0,043$) (Figura 7). Sin embargo, el tiempo en el *Pack Test* no se

correlaciona con el $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min), ni antes, ni después de la programación de entrenamiento, ya que éste tampoco se modifica significativamente con el entrenamiento (Figura 8).

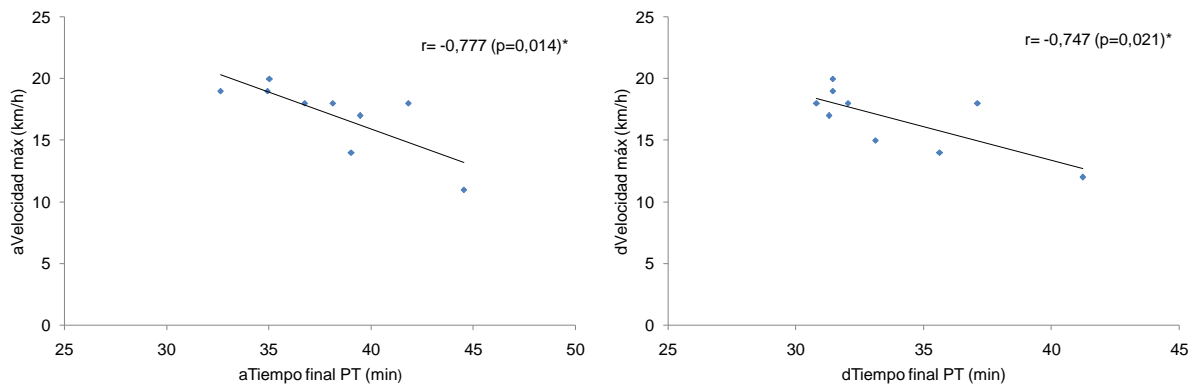


Figura 6: Correlaciones de la mejora del tiempo del Pack Test (PT) con la Velocidad máx. en test de esfuerzo ergoespirométrico máximo. Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

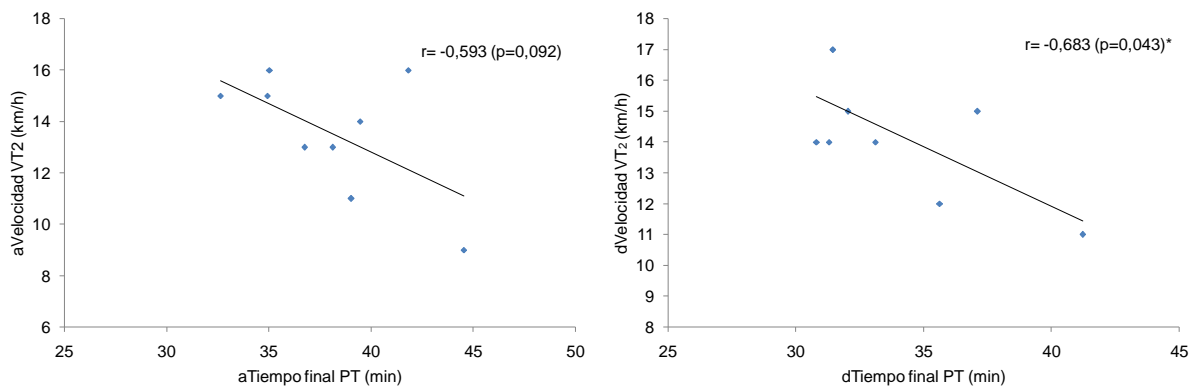


Figura 7: Correlaciones de la mejora del tiempo del Pack Test (PT) con la Velocidad en VT_2 en test de esfuerzo ergoespirométrico máximo. Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

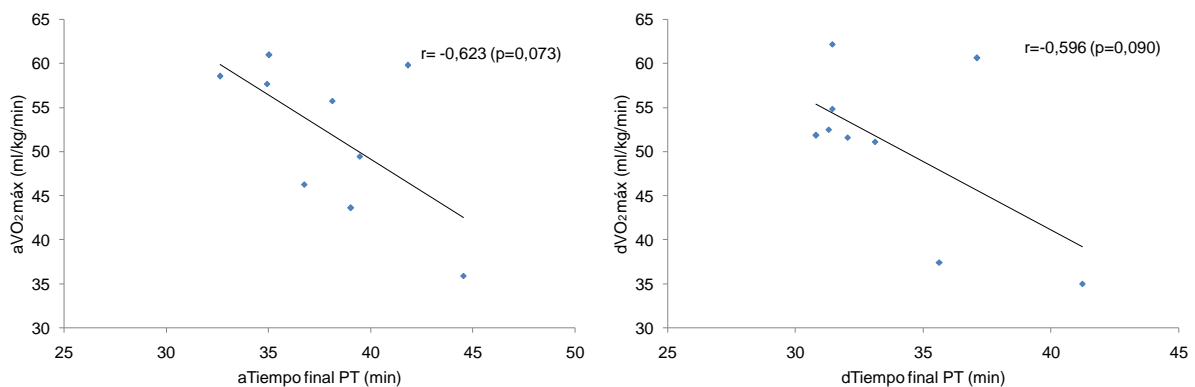


Figura 8: Correlaciones de la mejora del tiempo del Pack Test (PT) y el $VO_2\text{max}$ determinado en el test de esfuerzo ergoespirométrico máximo. Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

4.5.2. Análisis Correlacional Pack Test vs Pruebas Aptitud Físicas

Las correlaciones entre el tiempo en Pack Test (PT) y las diferentes pruebas de condición física, obtenidas tanto antes como después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas, nos muestra una correlación fuerte y significativa ($r=0,681$; $p<0,05$) con la prueba del Flamenco después del entrenamiento (no antes) (Figura 9), al igual que acontece fuerte y significativamente ($r=-0,682$; $p<0,05$) entre el tiempo final del Pack Test con la fuerza de agarre de la mano izquierda (dinamometría)

(Figura 10). En cambio, no se apreciaron correlaciones significativas con la prueba *Push Up* (Figura 11), ni con la altura salto (CMJ) (Figura 12), ni con el test de plancha isométrica (Figura 13).

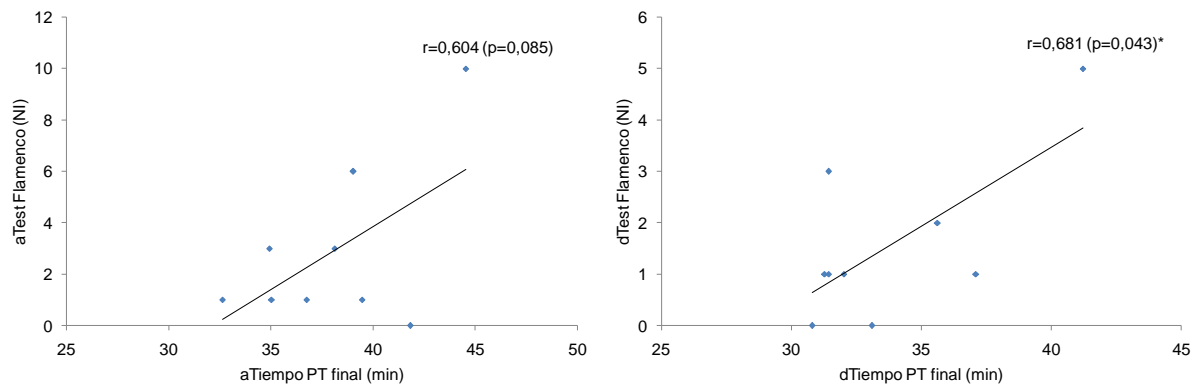


Figura 9: Correlaciones entre el tiempo realizado en la prueba del Pack Test (PT) y el equilibrio estático (test Flamenco). Dónde NI=Número de Intentos; a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

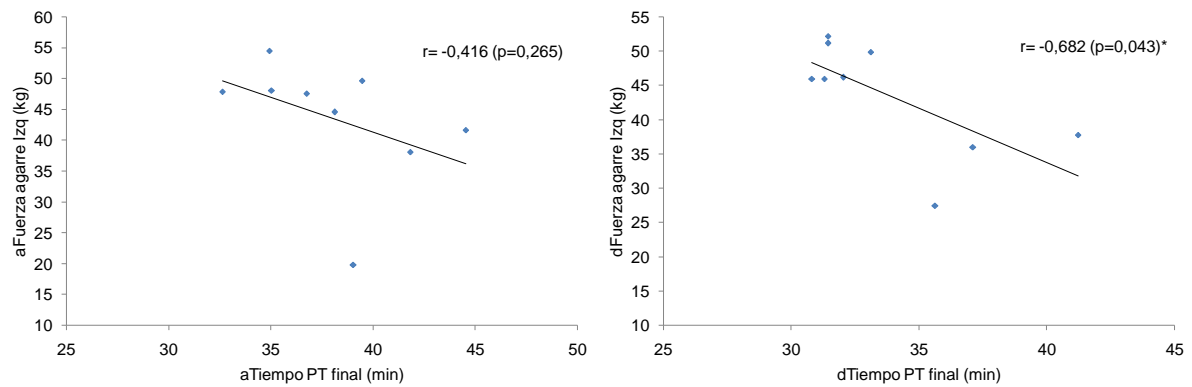


Figura 10: Correlaciones entre el tiempo realizado en la prueba del Pack Test (PT) y la fuerza de agarre en la mano izquierda (Dinamometría). Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

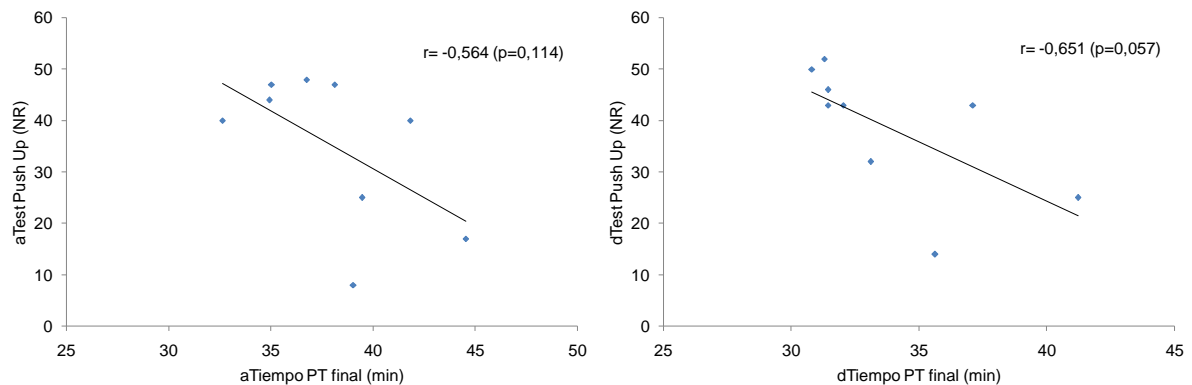


Figura 11: Correlaciones entre el tiempo realizado en la prueba del Pack Test (PT) y la fuerza resistencia del tren superior (test Push Up). Dónde NR=Número de Repeticiones; a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

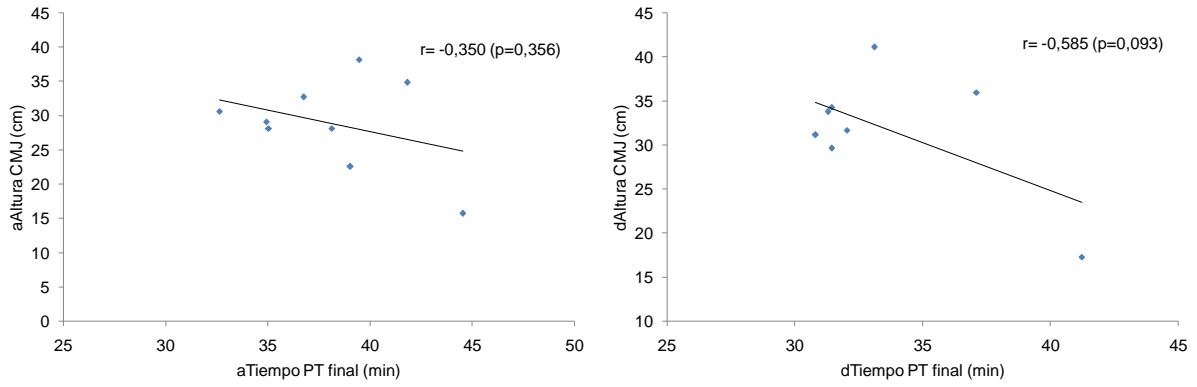


Figura 12: Correlaciones entre el tiempo realizado en la prueba del Pack Test (PT) y la potencia del tren inferior (test CMJ). Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

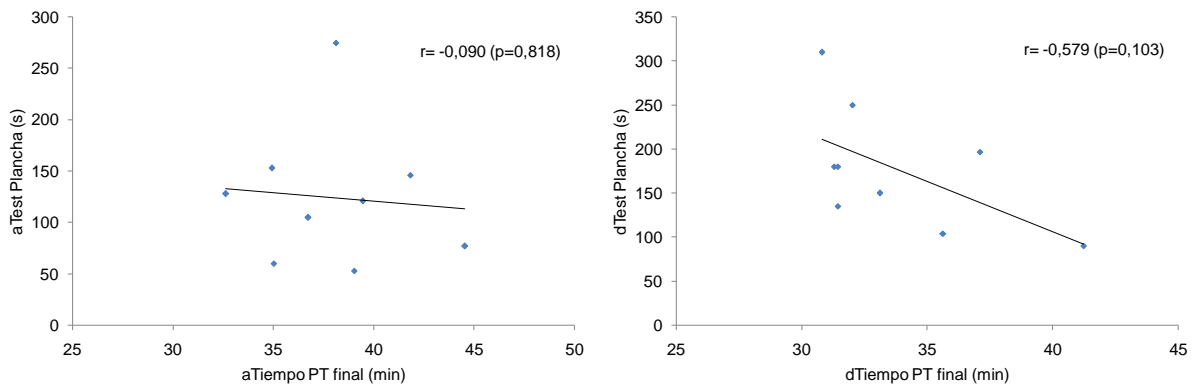


Figura 13: Correlaciones entre el tiempo realizado en la prueba del Pack Test (PT) y la fuerza resistencia del Core (test Plancha). Dónde a=Antes y d=Después del entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas.

5. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo era analizar la influencia de un entrenamiento HIIT-WB calisténico funcional durante 8 semanas en P.E.E.I.F. ya entrenado, en su condición aeróbica y otros componentes relevantes de su condición física (fuerza, flexibilidad y equilibrio), y específicamente, en la realización de su prueba física de selección *Pack Test*. Secundariamente, ante una mejora en la realización del *Pack Test*, analizar cuál de los componentes de la condición física influye más en dicha mejora. Este entrenamiento ha logrado una mejora muy relevante (5 min) en el tiempo de realización del *Pack Test*, sin que haya modificaciones en el peso corporal ni en la capacidad aeróbica, pero sí en la resistencia aeróbica, al igual que en la totalidad de las pruebas de fuerza, flexibilidad y equilibrio. Esta mejora en el *Pack Test* está relacionada, o más influida, por la mejora en la resistencia aeróbica del P.E.E.I.F., más que en las pruebas de fuerza analizadas (resistencia lumbar, abdominal y tren superior).

5.1. Características Antropométricas y de Composición corporal

El P.E.E.I.F. que constituye la muestra, son jóvenes (29,8 años de media), experimentados en su labor y en el entrenamiento, ya que a parte de la programación pautada, realizan entrenamiento por su cuenta en diferentes modalidades (Judo, *CrossFit*, Carreras por montaña,...). Ello conlleva que tengan un IMC de 24,8, un %Grasa en torno al 14%, un %Masa Libre de Grasa en torno al 85%, y un %Agua corporal >60%, lo que denota una excelente composición corporal propia de sujetos o deportistas entrenados. Tras la programación de 8 semanas de entrenamiento HIIT-WB los sujetos mostraron un aumento en el porcentaje graso de un 15,8%, así mismo, se redujeron el porcentaje de masa libre de grasa y de agua en un 2,5% y 2,7% respectivamente. Estos cambios no produjeron variación en cuanto al peso medio de los sujetos que se mantuvo estable. El valor de IMC de 24,9, cerca del valor 25, considerado de inicio de sobrepeso en la población adulta, es un valor que más bien está relacionado con la alta contribución de la masa muscular y masa libre de grasa en sujetos entrenados. De hecho, Infante et al. (2012), en un estudio con Densitometría, establecen que en los deportistas su IMC alto está sobreestimado por un aumento de la masa muscular, como parece suceder en nuestra muestra. Michaelides et al., (2008), en 38 bomberos de estructura, indicaron asociaciones positivas significativas entre las variables %Grasa y frecuencia cardíaca en reposo (RHR) y el tiempo para completar una tarea de incendio simulado, lo que indica que los valores más altos se asociaron con un rendimiento bajo de la prueba. Los resultados sugieren que el exceso de grasa corporal ejerce un estrés adicional sobre el cuerpo y, en consecuencia, disminuye la eficiencia laboral de los bomberos. Estos resultados están de acuerdo con Rhea et al. (2004) que demostraron relaciones positivas entre %Grasa y el tiempo total de ejecución de pruebas específicas en bomberos de estructura. Ambos estudios mostraron la misma relación positiva significativa entre %Grasa y el rendimiento del tiempo total, lo que respalda el concepto de que los porcentajes altos de grasa corporal están asociados con un rendimiento bajo. En el caso del estudio de Michaelides et al (2008), los sujetos presentaban de media un 21,78% de grasa corporal; en nuestro caso, tras finalizar la programación de 8 semanas de HIIT-WB, el porcentaje de grasa medio era de 15,8%, denotando así que, a pesar de haber aumentado su porcentaje graso, el P.E.E.I.F. muestra una gran condición física.

Una limitación de este trabajo ha sido no controlar ni hacer recomendaciones en los hábitos alimentarios. En futuros trabajos, atendiendo a estos resultados, se hace necesario recomendar el seguimiento dietético al iniciar nuevos programas de entrenamiento ya que los sujetos, ante un mayor gasto calórico, y un posible cansancio mayor producido por el entrenamiento, podrían aumentar su ingesta alimenticia, no adecuada ni proporcionada (Martínez-Roldán, Veiga-Herrerros, López de Andrés, Cobo-Sanz & Carbajal-Azcona 2005). También hay que considerar que la bioimpedanciometría es un método estimativo de la composición corporal, y que aunque hay estudios que muestran que no difiere con la Densitometría (Boileau & Horswill, 2000), ésta sería el estándar de referencia para medir la masa muscular (Buckinx et al., 2018). Además, para asegurar la validez de la bioimpedanciometría, se dieron recomendaciones y requisitos con los que debían presentarse para hacerla, y ello no ha

podido ser constatado por el evaluador que se haya cumplido, debiendo de fiarse del sujeto (en este sentido sabemos que alguno se ha presentado habiendo entrenado 12h antes). No obstante, el que hayan podido obtener mejoras significativas en *Pack Test* y pruebas de condición física con una mayor % graso, da más valor aún a los efectos logrados con el entrenamiento.

5.2. Condición Física

Se muestran unos incrementos importantes y significativos en la fuerza resistencia lumbar (55,5% $p < 0,001$), abdominal (42,8%, $p < 0,001$), y del tren superior (10%, $p < 0,01$). Estos datos concuerdan con los obtenidos por McRae et al., (2012), donde se realizó un entrenamiento HIIT de cuerpo entero, con un protocolo similar al seguido en nuestro estudio, donde se realizaron intervalos de 20" activos y 10" descanso, y en el que se instruyó a los sujetos para realizar tantas repeticiones como fuese posible de los ejercicios pautados (*burpees*, saltos, escaladores o empujes en cuclillas), produciendo todos los ejercicios una media de respuestas superior al 80% de FCmax. Se obtuvieron mejoras, tras 4 semanas de intervención, entrenando 4 días a la semana, en mujeres recreacionalmente activas, que aumentaron un 8% el VO_2 max, y un 40% la resistencia muscular en extensiones de pierna, un 207% en press banca, un 64% en abdominales, un 135% en flexiones de brazos, y un 75%; en extensiones lumbares. Aun siendo poco tiempo se producen unas mejoras considerables, este hecho puede deberse al nivel inicial de los sujetos, ya que en el estudio de Gist et al., 2015, aplicando un HIIT de cuerpo entero "calisténico" de 4 semanas en cadetes militares del ejército griego, utilizando los *burpees* como único ejercicio, no se observaron mejoras en cuanto a la condición aeróbica ni en la resistencia muscular. Los autores asocian estos resultados al buen nivel de condición aeróbica que poseían los cadetes antes de iniciar la programación ($53,2 \pm 5,6$ ml/Kg/min), el poco volumen empleado en las 12 sesiones cerca del esfuerzo máximo (sólo 33 min) y los descansos prolongados.

En una encuesta llevada a cabo con 625 bomberos hombres estadounidenses, el 32,3% indicaron que realizaban entrenamiento de alta intensidad (HIT), resultando en más del doble de probabilidades para cumplir con las recomendaciones de buena forma física frente a los que no realizaban HIT (Jahnke et al., 2015). Esto apoya el implemento de este tipo de entrenamiento en el P.E.E.I.F., ya que poseen unas características laborales similares, intercalando períodos largos de trabajo de baja intensidad donde principalmente harán uso del metabolismo aeróbico, con actividad corta y de alta intensidad, en la que primará el metabolismo anaeróbico. En este sentido, el entrenamiento HIIT con ejercicios calisténicos y/o funcionales puede considerarse un método efectivo y seguro para mejorar la condición física y la composición corporal, además de poder aplicarlo en diferentes poblaciones y edades (Machado et al., 2017).

A nuestro conocer, no hay estudios que apliquen este método de entrenamiento en bomberos forestales (HIIT tradicional o con ejercicios calisténicos). En cuanto a programaciones de entrenamiento en el P.E.E.I.F., el estudio de López-Satué (2009) con 1345 P.E.E.I.F. obtuvo mejoras en la condición física en relación con la salud (VO_2), en la potencia máxima del tren superior y la fuerza explosiva del tren inferior con independencia de la edad, años de experiencia en el sector y género. Se implementó un programa de entrenamiento (5 sesiones/semana durante 4 meses), orientado al desarrollo de la resistencia aeróbica con marchas (2x30 min) e intervalos (6x6 min)(60-75% FC-reserva), la fuerza resistencia con pesas (40-55% RM) y la flexibilidad (estiramiento estático FNP). Teniendo en cuenta la incertidumbre del horario laboral, así como el poco material del que disponen estos profesionales en sus bases de operaciones, es más factible realizar un entrenamiento tipo HIIT en el que los sujetos empleen su peso como lastre o algún material adicional como *kettlebell*, incluyendo un entrenamiento de fuerza y acondicionamiento basado en circuitos pudiendo aumentar el estrés en los sistemas de energía aeróbica y anaeróbica que se utilizan al realizar tareas de lucha contra incendios (Abel, Mortara, & Pettitt, 2011).

En cuanto a las mejoras obtenidas en el test de equilibrio Flamenco (48%), entendemos que son debidas a una mayor estabilización del *Core*, ya que durante la programación se incluyeron varios ejercicios donde debía utilizarse la faja abdominal como estabilizadora y transmisora de fuerzas como en el *Farmer Walk*, Olas con soga, o zancadas alternas con salto. Sato & Mokha (2009) evaluaron la efectividad de un programa de entrenamiento del *Core* de 6 semanas (4 veces por semana, con 5 tipos de ejercicios de 2 a 3 series de 10 a 15 Rep.) sobre parámetros cinemáticos (fuerzas de reacción), equilibrio del tren inferior y de rendimiento de carrera en 5.000 metros en corredores entrenados, y observaron mejoras significativas mayores en el rendimiento de la carrera y test de equilibrio en el grupo de entrenamiento del *Core*. Kibler, Press & Sciascia (2006), en referencia a patrones dinámicos, definen la estabilidad central como la capacidad de control de la posición y movimiento del tronco sobre la pelvis para permitir una óptima producción, transferencia, y control de la fuerza a los segmentos distales. Esta mejor estabilización y transmisión de fuerzas parece relacionarse con un incremento en el rendimiento deportivo (Snarr & Esco, 2014).

5.3. Condición Aeróbica

No se apreciaron cambios en cuanto a los valores máximos de los sujetos (VO_2 relativo y absoluto, velocidad alcanzada, FC, RPE, RQ, VE y pulso de O_2 percepción de esfuerzo, cociente respiratorio, ventilación y pulso de oxígeno), por lo que no mejoró el indicador de capacidad aeróbica.

En cambio, sí que mejoraron los indicadores de resistencia aeróbica, pues se observaron incrementos en el umbral anaeróbico (VT_2), importantes y significativos. La velocidad en el umbral se incrementó un 5,1% (13,6 a 14,3 km/h), la FC también aumentó, un 2,1% las pulsaciones por minuto (ppm), y un 3,7% el porcentaje de la FC. El consumo de oxígeno se incrementó un 7,4% (VO_2 relativo) y 6,2% (VO_2 absoluto). En un estudio reciente (Schaun et al., 2018) se compararon 3 métodos de entrenamiento: intervalo de alta intensidad basado en ergómetro tradicional (HIIT-T: 8 ciclos de 20" al 130% del VO_{2max}), entrenamiento continuo de intensidad moderada (MICT: 30' al 90-95% FC asociada a VT_2) y HIIT de cuerpo entero (HIIT-WB: 8 ciclos de 20":10" realizando: *burpees, mountain climbers, squat, hip thrusts y jumping jacks*), durante 16 semanas. Todos los grupos mejoraron el VO_{2max} , vVO_{2max} , el tiempo hasta el agotamiento (T_{max}), VT_2 , la velocidad asociada con VT_2 (vVT_2) y el tiempo para alcanzar VT_2 (tVT_2) significativamente. Concluyendo que HIIT-WB puede ser tan eficaz como el HIIT tradicional y, al mismo tiempo, eficiente en el tiempo en comparación con MICT para mejorar los resultados relacionados con la salud. En nuestro estudio no se vieron diferencias en cuanto al VO_{2max} , lo cual puede deberse a la duración de la programación, 16 semanas frente a 8 semanas en nuestro caso. Además, nuestros sujetos estaban ya de partida bien entrenados y presentaban una capacidad aeróbica inicial buena ($52 \pm 8,2$ ml/kg/min) en proporción a su edad media 29,8 años.

En bomberos de estructura se han comparado las intensidades aeróbica y anaeróbica de un entrenamiento basado en circuitos (2 series de 12 ejercicios de principales grupos musculares a una intensidad media de 79% FCmax) con los datos fisiológicos previamente informados en los bomberos que realizan tareas de supresión de incendios y de rescate, resultando un menor estrés cardiovascular pero un estrés anaeróbico similar en comparación con la realización de tareas de lucha contra incendios. Por lo tanto, los bomberos deben complementar los programas de circuito de baja intensidad con entrenamiento cardiovascular y de resistencia de alta intensidad (Abel, Mortara & Pettitt, 2011).

El cociente respiratorio (RQ), la ventilación (VE) y el pulso de oxígeno (VO_2/FC) en el VT_1 aumentaron un 11,1%, un 26,5% y un 6,4% respectivamente. El cambio porcentual mayor se apreció en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) aumentando un 37% (pasó de 2,7 a 3,7). El RQ y la Ventilación aumentan en consecuencia al incremento del consumo de oxígeno. Se deberá eliminar más CO_2 , por una parte, la correspondiente a la vía aeróbica, y por otra parte, la correspondiente a la amortiguación

de los hidrogeniones producidos por la obtención de energía por la vía oxidativa (Allison & Burdiat, 2010).

5.3.1. Capacidad Aeróbica ($VO_2\text{max}$)

Tanto el $VO_2\text{max}$ absoluto (L/min), como el relativo (ml/kg/min), no se ven afectados por la programación de 8 semanas de entrenamiento HIIT-WB (>85%FCmax). Al ser la muestra compuesta por sujetos entrenados no es fácil lograr adaptaciones en cuanto al consumo de oxígeno, ya que sabemos, que este indicador de la capacidad funcional de los individuos, posee una gran influencia genética (en torno al 70%), de edad (decrece en torno a un 10% cada década a partir de los 25 años), composición corporal (mayor masa muscular se asocia a mayor $VO_2\text{max}$) y según el grado de entrenamiento, se debe tener en cuenta, que los ya entrenados experimentan menor mejora relativa ya que la capacidad de adaptación del organismo al entrenamiento es limitada (Vaquero, 2006; p. 409-10). El objetivo del entrenamiento no era aumentar los valores de consumo máximo de oxígeno por lo que no se llevó a los sujetos a intensidades supramáximas (>100%), se trabajó a una intensidad alta (>85% FCmax) lográndose las mayores adaptaciones en este umbral. En un estudio que se llevó a cabo con una muestra de personal entrenado de US Navy SEAL (48 ± 5 ml/Kg/min), se apreció como un entrenamiento supramaximal (SMX), con 3 a 5 sprints de esfuerzo máximo distribuidos en 30 minutos de ejercicio de baja intensidad (105 W), no consiguió mejoras en su potencia aeróbica máxima tras 3 semanas de entrenamiento, aunque si mejoraron en cuanto al tiempo hasta el agotamiento (18,1 a 19,3 minutos). En este caso, a pesar de ser un entrenamiento por encima del $VO_2\text{max}$, no se consiguen mejoras en este parámetro, pudiendo asociarlo al nivel de condición física inicial de los sujetos, o al relativamente corto período de entrenamiento (solo 3 semanas), cuando normalmente suelen recomendarse períodos mínimos de 8-12 semanas (Hendrickson et al., 2010).

5.3.2. Resistencia Aeróbica (Umbral Anaeróbico- VT_2).

Se incrementó el VO_2 del VT_2 , tanto relativo como absoluto, y se incrementó la FC y velocidad alcanzadas para este umbral (VT_2). Tras la programación de entrenamiento se observó un desplazamiento hacia la derecha tanto del umbral anaeróbico (VT_2), como del umbral aeróbico (VT_1). Estos datos concuerdan con lo remarcado por Vaquero (2006; p. 438), sobre que el entrenamiento a intensidades superiores al umbral láctico parece ser más efectivo en la mejora de la transición aeróbica-anaeróbica, o lo que es lo mismo, desplazar este umbral hacia la derecha. Este mismo autor hace referencia a un meta análisis que incluyó 85 grupos experimentales de 34 estudios concluyendo que el entrenamiento a una intensidad cercana al umbral anaeróbico mejorará el VT_2 en sujetos sedentarios, necesitando una intensidad mayor en sujetos entrenados.

En personas sedentarias, la fase de transición aeróbica-anaeróbica se sitúa en torno al 50-60% del $VO_2\text{max}$ mientras que en personas entrenadas en resistencia estos valores aparecen entre el 80-90% del $VO_2\text{max}$ (Pallarés & Morán-Navarro, 2012), sin ser necesario un aumento en el valor de $VO_2\text{max}$, ya que ambos parámetros están influenciados por distintos mecanismos. En cuanto a la fase de transición aeróbica-anaeróbica de nuestra muestra, puede apreciarse un incremento porcentual del 8% tras la programación de 8 semanas de entrenamiento HIIT-WB (del 80,4% antes, al 88,4% del $VO_2\text{max}$ después), mostrando una clara mejora en este sentido, además del buen nivel de condición física de los sujetos. También puede apreciarse en los resultados, las mejoras en cuanto al VO_2 del VT_1 y VT_2 (14,5% y 7,4% respectivamente en el VO_2 relativo, y 17,4% y 6,2% el absoluto), sin repercutir de forma significativa en los valores del $VO_2\text{max}$ absoluto o relativo ($p>0,05$).

La literatura científica de las últimas décadas han mostrado que el umbral anaeróbico (VT_2) está relacionado estrechamente con el rendimiento físico y/o deportivo, siendo mejor predictor del rendimiento en pruebas de larga distancia que el $VO_2\text{max}$ (Vaquero, 2006; p.439). Teniendo en cuenta que la duración del *Pack Test* tiene un máximo de 45 min (Sharkey, 1999), puede entenderse, según lo mencionado anteriormente por Vaquero, y por los datos obtenidos de este estudio, que el entrenamiento destinado a la mejora del umbral anaeróbico puede resultar en una mejora asociada

en el rendimiento de la prueba *Pack Test*, sin necesitar para ello un incremento en el consumo máximo de oxígeno ($VO_2\text{max}$).

El haber realizado una programación de entrenamiento donde gran parte de la sesión se permanecía entorno al 85% FCmax, o umbral anaeróbico, determinado en el test de esfuerzo ergoespirométrico inicial, ha provocado mejoras en la capacidad de producción y amortiguación de los niveles ácidos (particularmente ácido láctico), así como un desarrollo específico de las enzimas propias de los procesos anaerobios con predominio de los hidratos de carbono (Feriche & Delgado, 2010), permitiendo a los sujetos mantener una intensidad más elevada en el PT realizado tras la programación de 8 semanas.

5.4. Relaciones entre *Pack Test*-Aptitud física-Condición Aeróbica

El entrenamiento HIIT-WB logró en 8 semanas una mejora en el tiempo del *Pack Test* de un 13% menor, pasando de 38 a 33 min, para lo cual se produjeron unos incrementos: RPE (53,6%), FC (8,8%) y %FCmax (10%). Este hecho, como mencionamos anteriormente, puede ser debido a la mejora del umbral anaeróbico (VT_2), permitiendo una mayor intensidad en el esfuerzo por parte de los sujetos (Schaun et al., 2018). Según Vaquero (2006; p. 436), el $VO_2\text{max}$, expresado como la máxima capacidad del organismo para captar, transportar y consumir oxígeno, es importante en ejercicios que llevan al agotamiento en 3-10 minutos, en cambio en trabajos de mediana (10-30 min) y de larga duración (> 30 min), este valor es insuficiente para evaluar la capacidad de resistencia.

Varios autores (DeLorenzo-Green & Sharkey 1995, Sharkey & Rothwell 1996, Vivometrics Government Services 2007) asocian el tiempo de *Pack Test* con medidas de aptitud cardiorrespiratoria ($VO_2\text{max}$), aunque en nuestro estudio se ha observado una relación con el tiempo final en el *Pack Test*, estando más relacionado con el VO_2 del VT_2 , la velocidad máxima alcanzada en el test de esfuerzo ergoespirométrico final y la velocidad alcanzada en el VT_2 ; por lo que puede que haya que considerar estos valores del umbral anaeróbico con cierta relevancia en cuanto a la realización y mejora de esta prueba específica del P.E.E.I.F.

En el vuelta por vuelta, analizando el antes y el después del *Pack Test*, se observan diferencias significativas importantes en la RPE y tiempo, de forma que sistemáticamente necesitan menos tiempo en cada vuelta y la realizan percibiendo mayor esfuerzo (percibido como duro en las últimas vueltas antes del entrenamiento, y como muy duro después). En cambio, en la FC, no difiere apenas en las 7 primeras vueltas, pero sí en las últimas (significativamente mayor FC en las vueltas 8 y 11).

En el análisis del antes y del después del vuelta por vuelta, se apreciaron diferencias entre las vueltas 11 y 12 con las vueltas de la 1 a la 4 respecto al RPE, FC y %FC. En cambio, en cuanto al tiempo por vuelta, no se observan diferencias entre las vueltas, es decir, que logran mantener su máximo ritmo posible, manteniéndose estable durante toda la prueba. Esto mismo ocurre en el *Pack Test* después, observándose diferencias entre las dos últimas vueltas respecto de las 7 primeras en cuanto a RPE, FC y %FC, pero no en cuanto al tiempo vuelta por vuelta, como sucedió en la prueba inicial. Los sujetos mantienen su ritmo estable durante toda la prueba, pero en este caso (después), las adaptaciones producidas por el entrenamiento parece que permiten al sujeto mantenerse durante más tiempo a una intensidad mayor respecto a la prueba *Pack Test* inicial, lo que asociamos a un mayor incremento en su resistencia aeróbica (VT_2).

5.4.1. Correlaciones *Pack Test*-Aptitud física

El tiempo final del *Pack Test* de después del entrenamiento HIIT-WB se correlacionó fuerte y significativamente con la fuerza de agarre de la mano izquierda (dinamometría) en las pruebas físicas finales. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Phillips et al. (2011) en su estudio llevado a cabo con 38 bomberos forestales australianos (20 bomberos de agencias de gestión de tierras (LMFF) y 18

bomberos voluntarios (VFF)); en el que estudiaron las características físicas y los componentes de estado físico que se correlacionaron significativamente con el rendimiento del *Pack Test*. Se obtuvieron correlaciones significativas fuertes entre el tiempo de finalización del LMFF en el *Pack Test* con su resistencia media del agarre; en cuanto a la fuerza de agarre, en su caso, se correlacionó el tiempo final *Pack Test* con la fuerza de agarre de la mano derecha. En cada caso, un aumento en estas variables se asoció con un tiempo de finalización de *Pack Test* más rápido (Phillips et al., 2011). Estos resultados están de acuerdo con investigaciones anteriores de Knapik, Bahrke, Staab, Reynolds, Vogel & O'Connor (1990), donde se concluyó que la fuerza de agarre isométrica y de la parte alta del torso, son los mejores predictores del rendimiento del transporte de carga.

En este estudio de Phillips et al. (2011) también se obtuvieron correlaciones moderadas entre el tiempo de finalización del *Pack Test* con el test *Push Up*, con la Plancha isométrica y con el salto horizontal. En cambio, en nuestro estudio no hemos obtenido correlación significativa con la prueba *Push Up* (post) ni con la plancha isométrica, ni con la altura del salto CMJ, posiblemente asociado al pequeño tamaño muestral del que se dispuso ($n=9$). A pesar de que el *Pack Test* se considere una prueba predominantemente del miembro inferior, se ha comprobado que una mayor fuerza en la parte superior del cuerpo (Test *Push Up*) permitía a las personas mantener una postura de marcha más favorable desde el punto de vista biomecánico (Pandorf, Harman, Frykman, Patton, Mello & Nindl 2002). Esta idea se ha podido apreciar también en militares del ejército de EE.UU., donde un rendimiento de carrera de 3,2 km (cargando 44,7 kg) se mejoró con el entrenamiento de resistencia del tren superior y sin entrenamiento de resistencia del tren inferior (Kraemer et al., 2004). En este sentido, según Williams & Rayson, (2006) se pone de relieve la necesidad de la incorporación de tareas de transporte de carga en cualquier régimen de entrenamiento, en preparación para una prueba u ocupación de transporte de carga como es el *Pack Test*. Del mismo modo, el fortalecimiento del *Core*, parece ser indispensable a la hora de mejorar el rendimiento de este tipo de pruebas, ya que se ha demostrado que durante el transporte de carga hay una activación fásica de los músculos abdominales que sirve para aumentar la presión interabdominal, la cual se incrementa al aumentar la velocidad de la marcha y la carga transportada (Grillner, Nilsson, & Thorstensson, 1978). Esto puede deberse en parte a un aumento en el ángulo del tronco que normalmente ocurre durante el transporte de carga pesada (Kinoshita, 1985) y puede servir para aliviar la presión sobre la columna vertebral (Ikeda & McGill, 2012).

Al igual que Phillips et al. (2011), el estudio actual no incluyó una medida de fuerza de la pierna, por lo que la relación entre el salto vertical CMJ y el tiempo de finalización del *Pack Test* puede servir como relación subyacente entre la fuerza de la pierna y el tiempo de finalización del transporte de carga, al observar una correlación moderada, sin llegar a la significación. Rayson et al. (2000) remarca que la asociación entre la resistencia de la pierna y el tiempo de finalización del *Pack Test* no es sorprendente, dado que la parte inferior del cuerpo es la única responsable de la locomoción durante esta prueba. También sostiene que la fuerza puede sustentar el rendimiento del transporte de carga, ya que los músculos más fuertes están incurriendo en un porcentaje menor de la contracción voluntaria máxima para una masa de transporte dada, por lo tanto, se aumenta el tiempo hasta la fatiga.

5.4.2. Correlaciones *Pack Test*-Condición Aeróbica

Se ha observado como la mejora del tiempo de realización del *Pack Test* no muestra correlación significativa con el $VO_2\text{max}$ (ml/kg/min) del test de esfuerzo ergoespirométrico final. Al contrario, en bomberos forestales de América del Norte se han demostrado correlaciones de moderadas a fuertes entre el $VO_2\text{max}$ y su tiempo de finalización del *Pack Test* (Sharkey & Rothwell, 1996; Sharkey et al., 1994), al igual que ocurre en el estudio de Phillips et al., (2011) con bomberos forestales voluntarios australianos (VFF) y bomberos de agencias de gestión de tierras (LMFF), llegando a ser significativa la correlación entre tiempo final *Pack Test* y el VO_2 pico relativo ($r=-0,748$, en VFF) y absoluto ($r=-0,655$, en LMFF). En nuestro caso, esta correlación no llegó a ser significativa, hecho que puede asociarse al

moderado tamaño muestral del que se dispuso para el estudio (n=9), y a que el estímulo de entrenamiento no fue lo suficientemente intenso y/o duradero para inducir esta mejora en P.E.E.I.F., ya de por sí entrenado.

La FC media de la muestra al realizar su prueba específica *Pack Test* pasó de un 79,2% de la frecuencia máxima analizada en el test de esfuerzo ergoespirométrico del antes, a un 87,2% FCmax después del entrenamiento de 8 semanas (10% incremento). Estos datos concuerdan con los valores de FC descritos por Lord et al. (2012) en bomberos voluntarios australianos (81% de media y 92% de la FCmax) al realizar la prueba específica *Pack Test*. En bomberos de EE.UU. se informó una FC media de aproximadamente 144 latidos min^{-1} (aproximadamente 77% FCmax) (Vivometrics, 2007). Al comparar el tiempo de prueba medio, observamos unas claras diferencias con respecto al estudio de Lord et al (2012). En nuestro estudio, los sujetos pasaron de un tiempo medio de 38 min a 33 min, tras el período de 8 semanas de entrenamiento, (reducción del 13% en el tiempo del *Pack Test*); mientras que los bomberos voluntarios australianos lo hacen en un tiempo medio de 42 min. Esta diferencia tan grande puede asociarse a la buena capacidad física y aeróbica previa de nuestra muestra ($\text{VO}_2\text{max}=52\pm 8,2$ ml/kg/min), que como se detalló anteriormente, eran sujetos ya entrenados. En el estudio de Lord et al. (2012) no se muestran los valores medios de los sujetos analizados, pero el tiempo de 42 min fue parecido al obtenido por Phillips et al. (2011) en bomberos de agencias de gestión de tierras (LMFF) 42,2 \pm 2,8 min; y en este estudio, la capacidad aeróbica media de los sujetos era de 43,4 \pm 7,1 ml/kg/min. Teniendo en cuenta que el rendimiento del *Pack Test* se ha asociado con medidas de aptitud cardiorrespiratoria (VO_2max) (DeLorenzo-Green & Sharkey 1995, Sharkey & Rothwell 1996, Vivometrics Government Services 2007), un menor valor en este consumo máximo de oxígeno se asocia invariablemente a una disminución del rendimiento en pruebas de resistencia aeróbica (Chicharro & Mulas, 2007; p. 386).

Aunque no podemos determinar que un mayor VO_2max signifique con ello un mejor tiempo en la prueba de realización del *Pack Test*, ya que en el estudio realizado por Villa et al., (2007) con 150 P.E.E.I.F. españoles analizando el *Pack Test* antes y después de un programa de entrenamiento físico fundamentado en el desarrollo de la capacidad aeróbica a través de la carrera continua, la potenciación de la fuerza-resistencia muscular de grupos musculares específicos y trabajo de flexibilidad 5 días por semana durante 4 meses, determinó unos valores de VO_2max de 56,61 \pm 1,61 (ml/kg/min) medios frente a los obtenidos en nuestro trabajo (VO_2max 50,8 \pm 8,7 ml/kg/min), aunque con una muestra significativamente menor n=9, y tras el programa de entrenamiento realizado, su tiempo de *Pack Test* fue de 39,17 min (mejorando un 5% su tiempo tras el entrenamiento realizado, pasando de 41,75 a 39,17 min) frente a los 33,06 min que realizaron nuestros sujetos tras el programa de entrenamiento HIIT-WB específico de 8 semanas. Como podemos ver, a pesar de tener un VO_2max menor (50,8 \pm 8,7 vs 56,61 \pm 1,61), el tiempo de realización fue 6 min menor en nuestro caso (33,06 vs 39,17 min), por lo que queda claro que esta prueba no solamente depende de este consumo máximo de O_2 , teniendo en cuenta que la media de edad de nuestro estudio fue de 29 años y en el estudio de Villa et al. (2007) era incluso menor (25.8 \pm 0.5). Comparando nuestros datos, y en función a las correlaciones obtenidas en relación al VO_2 del umbral anaeróbico, puede apreciarse una diferencia clara de nuestro trabajo frente al realizado por Villa et al. (2007), ya que el VO_2 del VT_2 de su muestra se determinó al 77,74% de VO_2max en cambio, en la reevaluación de los sujetos de la muestra tras la programación de entrenamiento, su umbral anaeróbico se determinó al 88,4% de VO_2max (10,66% superior en nuestra muestra). En referencia a lo anteriormente expuesto por Pallarés & Morán-Navarro (2012), la fase de transición aeróbica-anaeróbica se sitúa en torno al 80-90% del VO_2max en personas entrenadas en resistencia, por lo que nuestros sujetos, a pesar de un VO_2max menor, presentan una mejor resistencia aeróbica, lo cual les permite realizar el *Pack Test* en un tiempo significativamente menor (6,11 min).

6. CONCLUSIONES Y APLICACIONES PRÁCTICAS

- En P.E.E.I.F. ya entrenado, implementar un entrenamiento HIIT-WB con ejercicios calisténicos y/o funcionales de corta duración y alta intensidad (>85% FCmax) en 8 semanas, ha logrado mejorar muy relevantemente su rendimiento en la prueba selectiva *Pack Test* (PEEIF que tenían de los mejores registros, son capaces de reducir aún en 5 min más el tiempo de la prueba).
- La combinación de ejercicios de alta intensidad, aplicados en modo circuito, con intervalos cortos de recuperación, aunque no mejora la capacidad aeróbica, sí que ha logrado mejorar la resistencia aeróbica o umbral anaeróbico, y los otros componentes de la condición física (fuerza-resistencia muscular, flexibilidad y equilibrio).
- Esta excelente mejora en la prueba *Pack Test* se asocia más con la resistencia aeróbica (VT_2) que la fuerza resistencia muscular, por lo que el entrenamiento en zona de umbral anaeróbico, o superior, inducen, a corto plazo, mejoras en el rendimiento de la prueba selectiva *Pack Test*.

Como aplicación práctica de este trabajo puede decirse que la inclusión de este tipo de entrenamientos (HIIT calisténico y/o funcional) puede resultar una forma válida y fiable de entrenamiento dentro de las bases de trabajo del P.E.E.I.F. debido a sus beneficios en cortos períodos de tiempo de entrenamiento. Además de la mejora de la condición física y aeróbica, un programa de acondicionamiento físico bien diseñado e implementado por un Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, resultaría en una mejora en la salud y seguridad de los bomberos forestales.

7. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Tras el trabajo realizado y la implicación en este proyecto, con la realización de pruebas de valoración y la aplicación de la programación de entrenamiento HIIT-WB de 8 semanas, me surgen en función del mismo y de la literatura al respecto, posibles ideas para investigar en este ámbito:

Valorar diferentes programas de entrenamiento y su duración para la eficiencia en los Equipos de Lucha contra Incendios Forestales (ELIF). Atendiendo al concepto de preparación física, el cual hemos podido comprobar que es esencial, no solo para acceder a los puestos de trabajo, sino también, para el desempeño de su labor con seguridad y garantías. Debido al estrés térmico al que son sometidos, y siguiendo con el punto anterior, se podría investigar como la mejora en la condición física puede aclimatar al trabajo en calor, adecuando la composición corporal, con reducción del porcentaje graso y aumento de la masa libre de grasa.

La prueba específica de selección del P.E.E.I.F. *Pack Test* debería analizarse en función de su realización en condiciones termo neutras y de calor, debido a que normalmente estos cuerpos de extinción de IIFF actúan en ambientes calurosos, aumentando las respuestas fisiológicas del organismo (incrementos en FC, sudoración y percepción de esfuerzo). Siguiendo en esta línea, y teniendo en cuenta las características del equipo de protección individual (EPI) (poca transpirabilidad que hace aumentar la T^a central), se hace necesario el analizar posibles métodos de refrigeración (per-cooling y pre-cooling), que sean viables y aplicables por el P.E.E.I.F.

En este sentido, me gustaría seguir con la línea investigadora para poder realizar una tesis doctoral, aunque por lo que he podido observar, en cuanto a la duración de tiempo y su coste económico, este tipo de trabajos requieren contar con financiación, becas,

Por último, solo me queda agradecer al P.E.E.I.F con el que hemos podido trabajar por su profesionalidad y entrega para la realización de este proyecto; además de a mi compañero Fabio García-Heras, mi tutor del trabajo Dr. Gerardo Villa Vicente, y a la ayuda inestimable de Ana Belén Carballo Leyenda (personal investigador con cargo a proyecto), quienes han hecho posible la realización de este Trabajo Fin de Máster.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports medicine*, 33(7), 517-538.
- Abel, M. G., Mortara, A. J., & Pettitt, R. W. (2011). Evaluation of circuit-training intensity for firefighters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10), 2895-2901.
- Aguilar, J., Calahorra, F., & Moral, J. (2009). La condición física y el entrenamiento: objetivos y principios. *TRANCES Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud*, 1(5), 222-233.
- Aisbett, B., & Nichols, D. (2007). Fighting fatigue whilst fighting bushfire: an overview of factors contributing to firefighter fatigue during bushfire suppression. *Australian Journal of Emergency Management*, 22(3), 31.
- Aisbett, B., Phillips, M., Sargeant, M., Gilbert, B., & Nichols, D. (2007). Fighting with fire: How bushfire suppression can impact on fire fighters' health. *Australian family physician*, 36(12), 994.
- Allison, T., & Burdiat, G. (2010). Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica. *Revista Uruguaya de Cardiología*, 25(1), 17-27.
- Alvero, J., Cabañas, M., Herrero, A., Martínez, L., Moreno, C., Porta, J., & Sillero, M. (2009). Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de Medicina del Deporte*, 26(131), 166-179.
- American College of Sports Medicine (ACSM) (2007). *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio*. Barcelona: Paidotribo.
- Apud, E., Gutiérrez, M., Lagos, S., Maureira, F., Meyer, F., & Espinoza, J. (1999). Manual de ergonomía forestal. Chile: Valverde.
- Apud, E., Meyer, F., & Maureira, F. (2002). *Ergonomía en el combate de incendios forestales*: Universidad de Concepción: Chile.
- Armstrong, L. E., Casa, D. J., Millard-Stafford, M., Moran, D. S., Pyne, S. W., & Roberts, W. O. (2007). Exertional heat illness during training and competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), 556-572.
- Astrand, I. (1960). Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 49(169), 1.
- Astrand, P. O. & Rodahl, K. (1986) *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. New York: McGraw Hill.
- Astrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., & Strømme, S. B. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. 4th ed. Human Kinetics, Champaign 395-431.
- Balsalobre, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of sports sciences*, 33(15), 1574-1579.
- Biering-Sørensen, F. (1984). Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine*, 9(2), 106-119.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and ageing*, 26(1), 15-19.

- Boileau, R. A., & Horswill, C. A. (2000). Body composition in sports: Measurement and applications for weight loss and gain. *Exercise and sport science. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins*, 319-338.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377-381.
- Brooks G. A., Fahey T. D., White T. P., Baldwin K. P. (2004). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Application*. McGraw-Hill: New York.
- Brotherhood, J. R., Budd, G. M., Hendrie, A. L., Jeffery, S. E., Beasley, F. A., Costin, B. P., ... & Dawson, M. P. (1997). Project Aquarius 3. Effects of work rate on the productivity, energy expenditure, and physiological responses of men building fireline with a rakehoe in dry eucalypt forest. *International Journal of Wildland Fire*, 7(2), 87-98.
- Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. *Sports Medicine*, 43(5), 313-338.
- Buckinx, F., Landi, F., Cesari, M., Fielding, R. A., Visser, M., Engelke, K., ... & Bauer, J. (2018). Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle*, 9(2), 269-278.
- Budd, G. M. (2001). How do wildland firefighters cope? Physiological and behavioural temperature regulation in men suppressing Australian summer bushfires with hand tools. *Journal of Thermal Biology*, 26(4-5), 381-386.
- Burgomaster, K. A., Howarth, K. R., Phillips, S. M., Rakobowchuk, M., MacDonald, M. J., McGee, S. L., & Gibala, M. J. (2008). Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. *The Journal of physiology*, 586(1), 151-160.
- Burgomaster, K. A., Hughes, S. C., Heigenhauser, G. J., Bradwell, S. N., & Gibala, M. J. (2005). Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *Journal of applied physiology*, 98(6), 1985-1990.
- Camerino, A. A. (2008). Bomberos: cómo enfocar la seguridad y salud en una profesión de especial riesgo. *Gestión práctica de riesgos laborales: Integración y desarrollo de la gestión de la prevención*, (50), 24-29.
- Carballo-Leyenda, A., B. (2017). *Estrés térmico en el personal especialista en extinción de incendios forestales, variables ambientales e influencia del traje de protección* (Tesis Doctoral). Universidad de León: León.
- Casajús, J. A., Piedrafita, E., & Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 9(35).
- Chicharro, J. L., & Mulas, A. L. (2006). Respuestas y Adaptaciones Musculares al Ejercicio. En J. L. Chicharro (Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 357-403). Madrid: Editorial Panamericana.
- Chico, F. (2007). Selección de personal, formación y adiestramiento. En: M^a José. Rodríguez Ramos, F. Salas Trujillo (coord.), *Prevención de riesgos laborales y ambientales en trabajos de extinción de incendios forestales* (pp. 231-254). Madrid: Tecnos.
- Crandall, C. G., & González-Alonso, J. (2010). Cardiovascular function in the heat-stressed human. *Acta physiologica*, 199(4), 407-423.
- Cuadrado, G., Morante, J. C., Redondo, J. C., & Zarzuela, R. (2005). Valoración de la condición física de la población escolar mediante la batería Eurofit. *Sevilla. Wanceulen*.

- Cuddy, J. S., Ham, J. A., Harger, S. G., Slivka, D. R., & Ruby, B. C. (2008). Effects of an electrolyte additive on hydration and drinking behavior during wildfire suppression. *Wilderness and environmental medicine, 19*(3), 172-180.
- Cuddy, J. S., Sol, J. A., Hailes, W. S., & Ruby, B. C. (2015). Work patterns dictate energy demands and thermal strain during wildland firefighting. *Wilderness and Environmental Medicine 26*, 221–226.
- Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 18*(2), 353-358.
- Davis, S. C., Jankovitz, K. Z., & Rein, S. (2002). Physical fitness and cardiac risk factors of professional firefighters across the career span. *Research quarterly for exercise and sport, 73*(3), 363-370.
- DeLorenzo-Green, T., & Sharkey, B. (1995). Development and validation of a work capacity test for wildland firefighters. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 27*(5), S166.
- Donoghue, A. M., & Bates, G. P. (2000). The Risk of Heat Exhaustion at a Deep Underground Metalliferous Mine in Relation to Body-Mass Index and Predicted $\dot{V}O_{2max}$. *Occupational Medicine, 50*(4), 259-263.
- Eglin, C. M., Coles, S., & Tipton, M. J. (2004). Physiological responses of fire-fighter instructors during training exercises. *Ergonomics, 47*(5), 483-494.
- Ely, B. R., Chevront, S. N., Kenefick, R. W., & Sawka, M. N. (2010). Aerobic performance is degraded, despite modest hypothermia, in hot environments. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 42*(1), 135–141.
- Esparza, F. (1993). *Manual de cineantropometría*. Pamplona: GREC-FEMEDE.
- Fayard, G. M. (2009). Fatal work injuries involving natural disasters, 1992–2006. *Disaster medicine and public health preparedness, 3*(4), 201-209.
- Feriche, B., & Delgado, M. (2010). Evolución y aplicación práctica del umbral anaerobio en el entrenamiento deportivo. Revisión. *European Journal of Human Movement, 2*, 39-53.
- Gálvez, A.J. (2010). Medición y evaluación de la condición física: Batería eurofit. *Efdeportes, 14*(141).
- García-Heras, F. (2018). *Ansiedad, Estrés, y Estados de Ánimo de los Equipos de Lucha Integral contra Incendios Forestales (ELIF)* (Trabajo fin de Grado). Universidad de León, León.
- García-Manso, J. M.; Navarro, M. & Ruiz, J. A. (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte. Evaluación de la condición física*. Madrid: Gymnos.
- Gillen, J. B., & Gibala, M. J. (2013). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism, 39*(3), 409-412.
- Gist, N. H., Freese, E. C., & Cureton, K. J. (2014). Comparison of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(11), 3033-3040
- Gist, N. H., Freese, E. C., Ryan, T. E., & Cureton, K. J. (2015). Effects of low-volume, high-intensity whole-body calisthenics on army ROTC cadets. *Military medicine, 180*(5), 492-498.
- Gnacinski, S. L., Meyer, B. B., Cornell, D. J., Mims, J., Zalewski, K. R., & Ebersole, K. T. (2015). Tactical athletes: an integrated approach to understanding and enhancing the health and performance of firefighters-in-training. *International Journal of Exercise Science, 8*(4), 4.

- González-Alonso, J., Crandall, C. G., & Johnson, J. M. (2008). The cardiovascular challenge of exercising in the heat. *The Journal of physiology*, 586(1), 45-53.
- González-Badillo, J. J., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Vol. 302). Inde.
- Grillner, S., Nilsson, J., & Thorstensson, A. (1978). Intra-abdominal pressure changes during natural movements in man. *Acta Physiologica*, 103(3), 275-283.
- Gumieniak, R. J. (2017). *Establishing a Legally Defensible Physical Employment Standard for Canadian Wildland Fire Fighters* (Tesis Doctoral). Universidad de Toronto, Ontario.
- Gutiérrez, J. (2018). *Pilates y condición física: valoración de un programa de entrenamiento en "Jump Board" de Pilates* (Trabajo fin de Grado). Universidad de León, León.
- Haddock, C. K., Poston, W. S., Heinrich, K. M., Jahnke, S. A., & Jitnarin, N. (2016). The benefits of high-intensity functional training fitness programs for military personnel. *Military medicine*, 181(11-12), 1508-1514.
- Havenith, G., Holmér, I., den Hartog, E. A., & Parsons, K. C. (1999). Clothing evaporative heat resistance proposal for improved representation in standards and models. *The annals of occupational hygiene*, 43(5), 339-346.
- Hawkins, J., Harter, R. A., & Wood, T. M. (2004). Assessment of Pre-Fire Season Physical Fitness Training Among Bureau of Land Management (BLM) Wildland Firefighters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), S307.
- Heil, D. P. (2002). Estimating energy expenditure in wildland fire fighters using a physical activity monitor. *Applied ergonomics*, 33(5), 405-413.
- Hendrickson, N. R., Sharp, M. A., Alemany, J. A., Walker, L. A., Harman, E. A., Spiering, B. A., ... & Nindl, B. C. (2010). Combined resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *European journal of applied physiology*, 109(6), 1197-1208.
- Hopkins, W. G. (2000). A new view of statistics. Internet Society for Sport Science: <http://www.sportsci.org/resource/stats/>.
- Ikeda, D. M., & McGill, S. M. (2012). Can altering motions, postures, and loads provide immediate low back pain relief: a study of 4 cases investigating spine load, posture, and stability? *Spine*, 37(23), 1469-1475.
- Infante, J. R., Reyes, C., Ramos, M., Rayo, J. I., Lorente, R., Serrano, J., ... & Sanchez, R. (2013). The usefulness of densitometry as a method of assessing the nutritional status of athletes. Comparison with body mass index. *Revista Española de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (English Edition)*, 32(5), 281-285.
- Jahnke, S. A., Hyder, M. L., Haddock, C. K., Jitnarin, N., Day, R. S., & Poston, W. S. C. (2015). High-intensity fitness training among a national sample of male career firefighters. *Safety and health at work*, 6(1), 71-74.
- Kenny, G. P., Gagnon, D., Dorman, L. E., Hardcastle, S. G., & Jay, O. (2010). Heat balance and cumulative heat storage during exercise performed in the heat in physically active younger and middle-aged men. *European journal of applied physiology*, 109(1), 81-92.
- Kibler, W. B., Press, J., Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports Medicine*, 36(3), 189-198.
- Kinoshita, H. (1985). Effects of different loads and carrying systems on selected biomechanical parameters describing walking gait. *Ergonomics*, 28(9), 1347-1362.

- Kiss, P., De Meester, M., Maes, C., De Vriese, S., Kruse, A., & Braeckman, L. (2014). Cardiorespiratory fitness in a representative sample of Belgian firefighters. *Occupational Medicine*, 64(8), 589-594.
- Knapik, J. J., Reynolds, K. L., & Harman, E. (2004). Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military medicine*, 169(1), 45-56.
- Knapik, J., Bahrke, M., Staab, J., Reynolds, K., Vogel, J., & O'Connor, J. (1990). *Frequency of Loaded Road March Training and Performance on a Loaded Road March. Technical Report T13-90*. Natick, MA: U.S. Army Research Institute of Environmental Medicine.
- Kraemer, W. J., Vescovi, J. D., Volek, J. S., Nindl, B. C., Newton, R. U., Patton, J. F., ... & Häkkinen, K. (2004). Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the Army physical fitness test. *Military medicine*, 169(12), 994-999.
- Lagos, S., Orellana, A., & Apud, E. (2009). Evaluación fisiológica de postulantes a brigadistas forestales como proceso preventivo en seguridad y salud ocupacional. *Ciencia y enfermería*, 15(1), 89-97.
- Larsen, B., Snow, R., Williams-Bell, M., & Aisbett, B. (2015). Simulated firefighting task performance and physiology under very hot conditions. *Frontiers in physiology*, 6, 322.
- Lawson, L. K., Crown, E. M., Ackerman, M. Y., & Douglas Dale, J. (2004). Moisture effects in heat transfer through clothing systems for wildland firefighters. *International Journal of occupational safety and ergonomics*, 10(3), 227-238.
- Leger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂máx. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 49(1), 1-12.
- Lopategui, E. (2013). Prescripción de ejercicio - delineamientos más recientes: American College of Sports Medicine (ACSM)-2014. *Saludmed.com: Ciencias del Movimiento Humano y de la Salud*.
- López-Satué, J. (2009). *Influencia de la Condición Física en Relación con la Salud y el Rendimiento del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (PEEIF)* (Tesis Doctoral). Universidad de León, León.
- López-Satué, J., Villa, J.G., Rodríguez, J., García, J., Moreno, S., Ávila, C., & Pernía, R. (2007). Estudio de los factores condicionantes del rendimiento físico del Personal Especialista en la Extinción de Incendios Forestales: pruebas de aptitud física de selección de personal. Wilfire, Sevilla, España.
- Lord, C., Netto, K., Petersen, A., Nichols, D., Drain, J., Phillips, M., & Aisbett, B. (2012). Validating 'fit for duty' tests for Australian volunteer fire fighters suppressing bushfires. *Applied ergonomics*, 43(1), 191-197.
- Lovelace, B. A. (2012). *Evaluation of Physical Fitness Tests and the Usefulness of an Internal Crew Questionnaire to Predict Job Readiness in Hotshots* (Tesis Doctoral). Universidad de Montana: Missoula.
- Lucia, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a España: which is harder? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(5), 872-878.
- Machado, A. F., Baker, J. S., Junior, F., Aylton, J., & Bocalini, D. S. (2017). High-intensity interval training using whole-body exercises: training recommendations and methodological overview. *Clinical physiology and functional imaging*. [Epub ahead of print].
- Martínez Roldán, C., Veiga Herreros, P., López de Andrés, A., Cobo Sanz, J., & Carbajal Azcona, A. (2005). Evaluación del estado nutricional de un grupo de estudiantes universitarios

mediante parámetros dietéticos y de composición corporal. *Nutrición Hospitalaria*, 20(3), 197-203

- McFadyen, P., Wenger, H. A., Pethick, W., & Sleivert, G. G. (1996). The Influence of Fitness on the Physiological cost of Wildland Firefighting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), 199.
- McLennan, J. (2004). *Profiles of Australia's volunteer firefighters*. Bushfire Cooperative Research Centre Report N° 3: Universidad de La Trobe: Melbourne.
- McLellan, T. M., & Selkirk, G. A. (2004). Heat stress while wearing long pants or shorts under firefighting protective clothing. *Ergonomics*, 47(1), 75-90.
- Michaelides, M. A., Parpa, K. M., Thompson, J., & Brown, B. (2008). Predicting Performance on a Firefighter's Ability Test from Fitness Parameters. *Research quarterly for exercise and sport*, 79(4), 468-475.
- Mier, C. M., & Gibson, A. L. (2004). Evaluation of a treadmill test for predicting the aerobic capacity of firefighters. *Occupational Medicine*, 54(6), 373-378.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM). Los incendios forestales en España decenio 2001-2010. [Informe técnico anual]. 2012. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/estadisticas/incendiosforestales2001-2010finalmod1_tcm30-132603.pdf
- Miñarro, P. Á., Sainz de Baranda, P., Yuste, J. L., & Rodríguez, P. L. (2008). Validez del test sit-and-reach unilateral como criterio de extensibilidad isquiosural. Comparación con otros protocolos. *Cultura, ciencia y deporte*, 3(8).
- Mountain, S. J., Sawka, M. N., Cadarette, B. S., Quigley, M. D., & McKay, J. M. (1994). Physiological tolerance to uncompensable heat stress: effects of exercise intensity, protective clothing, and climate. *Journal of Applied Physiology*, 77, 216-222.
- Naclerio, F., Barriopedro, M.I., y Rodríguez, G. (2008). Control de la intensidad en los entrenamientos de fuerza por medio de la percepción subjetiva del esfuerzo. *Kronos*, 8(15), 59-66.
- Netto, K., Lord, C., Petersen, A., Janssen, J., Nichols, D., & Aisbett, B. (2013). Muscle activation during the Pack Hike test and a critical wildfire fighting task. *Applied ergonomics*, 44(2), 274-277.
- Nogueira, E. C., Porto, L. G. G., Nogueira, R. M., Martins, W. R., Fonseca, R. M., Lunardi, C. C., & de Oliveira, R. J. (2016). Body composition is strongly associated with cardiorespiratory fitness in a large Brazilian military firefighter cohort: the Brazilian firefighters study. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 33-38.
- Nybo, L., Rasmussen, P., & Sawka, M. N. (2014). Performance in the heat —physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Comprehensive Physiology*, 4, 657-689.
- Pallarés, J. G. & Morán-Navarro, R. (2012). Propuesta metodológica para el entrenamiento de la resistencia cardiorrespiratoria. *Journal of Sport and Health Research*, 4(2), 119-136.
- Pandorf, C. E., Harman, E. A., Frykman, P. N., Patton, J. F., Mello, R. P., & Nindl, B. C. (2002). Correlates of load carriage and obstacle course performance among women. *Work*, 18(2), 179-189.
- Parker, R., Vitalis, A., Walker, R., Riley, D., & Pearce, H. G. (2017). Measuring wildland fire fighter performance with wearable technology. *Applied ergonomics*, 59, 34-44.

- Perroni, F., Tessitore, A., Lupo, C., Cortis, C., Cignitti, L., & Capranica, L. (2008). Do Italian firefighting recruits have an adequate physical fitness profile for firefighting? *Sport Sciences for Health*, 4(1-2), 27-32.
- Petersen, A., Payne, W., Phillips, M., Netto, K., Nichols, D., & Aisbett, B. (2010). Validity and relevance of the pack hike wildland firefighter work capacity test: a review. *Ergonomics*, 53(10), 1276-1285.
- Peterson, M. D., Dodd, D. J., Alvar, B. A., Rhea, M. R., & Favre, M. (2008). Undulation training for development of hierarchical fitness and improved firefighter job performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(5), 1683-1695.
- Phillips, M., Petersen, A., Abbiss, C. R., Netto, K., Payne, W., Nichols, D., & Aisbett, B. (2011). Pack Hike Test finishing time for Australian firefighters: Pass rates and correlates of performance. *Applied ergonomics*, 42(3), 411-418.
- Porrero, M., Peñas, L. (2000). El personal de extinción. En R. Vélez (coord.), *La defensa contra incendios forestales*. Fundamentos y Experiencias. Mc Graw Hill.
- Quirós, J. R. (2013). Consumo máximo de oxígeno (VO₂max) en bomberos: revisión sistemática de estudios. *MHSalud: Movimiento Humano y Salud*, 10(1), 1.
- Raimundo, A. M., & Figueiredo, A. R. (2009). Personal protective clothing and safety of firefighters near a high intensity fire front. *Fire Safety Journal*, 44(4), 514-521.
- Rehrer, N. J. (2001). Fluid and electrolyte balance in ultra-endurance sport. *Sports Medicine*, 31(10), 701-715.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., & Gray, R. (2004). Physical fitness and job performance of firefighters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 348-352.
- Roberts, M. A., O'dea, J., Boyce, A., & Mannix, E. T. (2002). Fitness levels of firefighter recruits before and after a supervised exercise training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(2), 271-277.
- Rodríguez-Marroyo, J. A., García-López, J., Juneau, C. É., & Villa, J. G. (2007). Workload demands in professional multi-stage cycling races of varying duration. *British journal of sports medicine*, 43(3), 180-185.
- Rodríguez-Marroyo, J. A., López-Satué, J., Pernía, R., Carballo, B., García-López, J., Foster, C., & Villa, J. G. (2012). Physiological work demands of Spanish wildland firefighters during wildfire suppression. *International archives of occupational and environmental health*, 85(2), 221-228.
- Ruby, B. C., Shriver, T. C., Zderic, T. W., Sharkey, B. J., Burks, C., & Tysk, S. (2002). Total energy expenditure during arduous wildfire suppression. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(6), 1048-1054.
- Ruby, B. C., Leadbetter III, G. W., Armstrong, D. W., & Gaskill, S. E. (2003). Wildland firefighter load carriage: effects on transit time and physiological responses during simulated escape to safety zone. *International Journal of Wildland Fire*, 12(1), 111-116.
- Ruddock, A., Robbins, B., Tew, G., Bourke, L., & Purvis, A. (2017). Practical cooling strategies during continuous exercise in hot environments: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 47(3), 517-532.
- Saborit, J. A., Valle, M. D., Montoliú, M., Martínez, P. C., Nistal, P., & González, V. (2010). Relación entre la percepción de la capacidad aeróbica y el VO₂máx en bomberos. *Psicothema*, 22(1).

- Sánchez, A. J. L., Franco, J. M. G., Torres-Luque, G., & Sánchez, M. L. Z. (2013). Análisis de la condición física en bomberos en función de la edad. *Apunts: Medicina de l'Esport*, 48(177), 11-16.
- Sato, K., & Mokha, M. (2009). Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability, and 5000-M performance in runners? *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 133-140.
- Sawka, M. N., Montain, S. J., & Latzka, W. A. (2001). Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 128(4), 679-690.
- Schaun, G. Z., Pinto, S. S., Silva, M. R., Dolinski, D. B., & Alberton, C. L. (2018). Whole-body high-intensity interval training induce similar cardiorespiratory adaptations compared with traditional high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training in healthy men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(10), 2730-2742.
- Sharkey, B. J. (1977). *Fitness and work capacity* (Vol. 315). Department of Agriculture, Forest Service.
- Sharkey, B. J. (1991). *New dimensions in aerobic fitness* (No. 1). Champaign Illinois: Human Kinetics.
- Sharkey, B. (1995). Development and validation of a work capacity test for wildland firefighters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(5), S166.
- Sharkey, B. (1999). Development and validation of a job related work capacity test for wildland firefighters. International Association of Wildland Fire conference, Sydney: Australia. Recuperado de: https://www.fs.fed.us/fire/safety/ref_material/content/wldlnd_ff_health_safety_recomm.pdf
- Sharkey, B. J., & Davis, P. O. (2008). *Hard work: defining physical work performance requirements*. Human Kinetics.
- Sharkey, B., Jukkala, A. H., Putnam, S. E., & Tietz, J. G. (1980). Validation: muscular fitness tests. *United States Forest Service Project Report*, 8051, 2203.
- Sharkey, B., & Rothwell, T. (1996). Validation and Field Evaluation of a Work Capacity Test for Wildland Firefighters 467. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), 79.
- Sell, K. M., & Livingston, B. (2012). Mid-season physical fitness profile of interagency hotshot firefighters. *International journal of wildland fire*, 21(6), 773-777.
- Smith, D. L. (2011). Firefighter fitness: improving performance and preventing injuries and fatalities. *Current sports medicine reports*, 10(3), 167-172.
- Smith, D. L., Manning, T. S., & Petruzzello, S. J. (2001). Effect of strenuous live-fire drills on cardiovascular and psychological responses of recruit firefighters. *Ergonomics*, 44(3), 244-254.
- Smith, D. L., & Petruzzello, S. J. (1998). Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. *Ergonomics*, 41(8), 1141-1154.
- Smith, D. L., Petruzzello, S. J., Kramer, J. M., & Misner, J. E. (1997). The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill. *Ergonomics*, 40(4), 500-510.

- Smith, M. M., Sommer, A. J., Starkoff, B. E., & Devor, S. T. (2013). Crossfit-based high-intensity power training improves maximal aerobic fitness and body composition. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 3159-3172.
- Snarr, R. L., & Esco, M. R. (2014). Electromyographical comparison of plank variations performed with and without instability devices. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3298-3305.
- Tierney, M. T., Lenar, D., Stanforth, P. R., Craig, J. N., & Farrar, R. P. (2010). Prediction of aerobic capacity in firefighters using submaximal treadmill and stairmill protocols. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 757-764.
- Vandersmissen, G. J. M., Verhoogen, R. A. J. R., Van Cauwenbergh, A. F. M., & Godderis, L. (2014). Determinants of maximal oxygen uptake (VO₂ max) in fire fighter testing. *Applied ergonomics*, 45(4), 1063-1066.
- Vaquero, A. (2006). Capacidad funcional Aeróbica y Anaeróbica. En J. L. Chicharro (Ed.), *Fisiología del ejercicio* (pp. 405-541). Madrid: Editorial Panamericana.
- Villa J. G., López, J., Ávila, M., Rodríguez, J. A., Pernía, R., García, J & Mendonça, P. R. (2007). Monitorización de la frecuencia cardiaca en las labores de extinción de incendios forestales, para la prevención de riesgos laborales. *Prevención: Revista técnica de seguridad y salud laborales*, 181, 6-26.
- Villa, J. G., & López-Satué, J. (2007). El Pack Test como herramienta de selección del Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales PEEIF y de valoración de la condición física en relación con la Salud. Recuperado de: <https://www.prevencionintegral.com/en/canal-orp/papers/orp-2007/pack-test-como-herramienta-seleccion-del-personal-especialista-en>
- Villa, J. G.; López-Satué, J., García-López, J., Mendonça P. R.; Pernía, R. (2007). El entrenamiento físico como método de prevención de riesgos laborales en el Personal Especialista en Extinción de Incendios Forestales (P.E.E.I.F.). 5º Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales Santiago de Chile.
- Villa, J. G., Pernía, R., Rodríguez Marroyo, J. A., López-Satué, J., Ávila, M. C., García-López, J., ... & Carballo, B. (2009). Intensidad de esfuerzo realizado en la extinción de incendios forestales. *Archivos de medicina del deporte*, 346-353.
- Vincent, G. E., Aisbett, B., Larsen, B., Ridgers, N. D., Snow, R., & Ferguson, S. A. (2017). The Impact of Heat Exposure and Sleep Restriction on Firefighters' Work Performance and Physiology during Simulated Wildfire Suppression. *International Journal of environmental research and public health*, 14(2), 180.
- Vivometrics Government Services. (2007). *A Detailed Physiologic Analysis of the Wildland Firefighter Pack Test*. Vivometrics Government Services, Ventura.
- Wagner, P. D. (2000). New ideas on limitations to VO₂max. *Exercise and sport sciences reviews*, 28(1), 10-14.
- Webb, H. E., McMin, D. R., Garten, R. S., Beckman, J. L., Kamimori, G. H., & Acevedo, E. O. (2010). Cardiorespiratory responses of firefighters to a computerized fire strategies and tactics drill during physical activity. *Applied ergonomics*, 41(3), 376-381.
- Wegesser, T. C., Pinkerton, K. E., & Last, J. A. (2009). California wildfires of 2008: coarse and fine particulate matter toxicity. *Environmental health perspectives*, 117(6), 893.
- Wendt, D., Van Loon, L. J., & Lichtenbelt, W. D. M. (2007). Thermoregulation during exercise in the heat. *Sports Medicine*, 37(8), 669-682.

- Williams, A. G., & Rayson, M. P. (2006). Can simple anthropometric and physical performance tests track training-induced changes in load-carriage ability? *Military medicine*, 171(8), 742-748.
- Wilmore, J. & Costill, D. (2007) Fisiología del esfuerzo y del deporte. PAIDOTRIBO, España.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Informe de Consentimiento Informado.

INFORME DE CONSENTIMIENTO PARA EL ESTUDIO "INFLUENCIA DE LA CONDICIÓN FÍSICA DEL PERSONAL ESPECIALISTA EN EXTINCIÓN DE INCENDIOS FORESTALES EN LA REALIZACIÓN DE SU PRUEBA ESPECÍFICA "PACK-TEST".

LEA: la siguiente información para estar seguro/a que comprende perfectamente el objetivo de esta investigación y su intervención en la misma, rellene y firme en caso de estar de acuerdo a participar en la misma:

De manera resumida, el primer estudio pretende realizar e implementar una programación de ejercicio físico de alta intensidad dentro de las Bases Helitransportadas de CyL. A la vez que se integra el trabajo de preparación práctica junto el de preparación física dentro de la jornada laboral. En cuanto al segundo estudio, se pretende estudiar el posible efecto de la aplicación del precooling (enfriamiento) en el P.E.E.I.F. durante la realización de una prueba de esfuerzo hasta la fatiga volitiva, a fin de demostrar su eficacia y validez dentro de este ámbito laboral.

PROCEDIMIENTOS: para realizar este estudio se realizarán varias pruebas, entre las cuales estarán una valoración antropométrica por medio de una bioimpedancia eléctrica, y una serie de pruebas para valorar la condición física (Prueba de esfuerzo en tapiz, *Pack Test*, potencia y altura en salto vertical, test de flexibilidad, test de equilibrio, test de fuerza- resistencia del miembro inferior y de la musculatura flexora y extensora del tronco).

BENEFICIOS: Los resultados serán de carácter e interés científico y se le facilitarán al sujeto siempre y cuando éste no se haya negado a recibir los resultados del estudio, con el objetivo de que le sean de provecho a la hora de mejorar aspectos que favorezcan, directa o indirectamente, su rendimiento deportivo.

GASTOS: Los gastos serán totalmente asumidos por las partes implicadas en el estudio y, como participante voluntario en las mismas, no tiene ninguna responsabilidad en este hecho.

CONFIDENCIALIDAD: Se garantiza la confidencialidad, con las medidas de seguridad exigidas en la legislación vigente, en el tratamiento de los datos de los participantes. Los resultados obtenidos podrán ser consultados por los investigadores del estudio y ser publicados en revistas científicas sin que consten los datos personales de los participantes.

CONSENTIMIENTO: Después de haber leído y comprendido el objetivo del estudio, así como de haber resuelto las dudas que pudieran existir, doy mi conformidad para participar en él.

En caso de que el participante sea menor de edad, deberán aparecer los datos del mismo, así como el consentimiento firmado de su tutor/es legal/es.

NOMBRE Y APELLIDOS:

Participante:

Responsable que informa:

Sr./a.....

Sr./a.....

EN.....A De De 2018.

ANEXO 2: Escala Subjetiva de Percepción del Esfuerzo (Escala Borg 0-10).

	Escala de Borg	
0	Reposo	
1	Muy muy Suave	
2	Muy Suave	
3	Suave	
4	Algo Duro	
5	Duro	
6	Más Duro	
7	Muy Duro	
8	Muy muy Duro	
9	Máximo	
10	Extremadamente Máximo	

ANEXO 3: Escala de Percepción Subjetiva de Recuperación (TQR).

Puntuación de recuperación (TQR)	
6	
7	Muy, muy poco recuperado
8	
9	Muy poco recuperado
10	
11	Poco recuperado
12	
13	Moderadamente recuperado
14	
15	Bien recuperado
16	
17	Muy bien recuperado
18	
19	Muy, muy bien recuperado
20	Excepcionalmente recuperado

ANEXO 4: Ejemplo de planilla de sesión.

SESIÓN Nº 1									
SUJETOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FCmax	189	197	205	180	180	194	185	176	176
85% FCmax	160	167	174	153	153	165	157	150	150
<p>- Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sesión de familiarización con los ejercicios planteados para las sesiones HIIT-WB - Trabajar por encima del 85% de la FCmax <p>- Ratio de trabajo: 1:2 → 20" activos/ 40" descanso</p> <p>- Nº de estaciones: 8</p> <p>- Nº de circuitos: 2</p> <p>- Tiempo de trabajo: 20"</p> <p>- Descanso entre estaciones: 40"</p> <p>- Descanso entre circuitos: 2 min.</p>									
CALENTAMIENTO: (15 min)									
<p>MOVILIDAD: Desde la cabeza hasta los pies.</p> <p>ACTIVACIÓN: Escapular, torácica, pélvica, isquiotibial, glúteo, cuádriceps, Core.</p> <p>CALENTAMIENTO ESPECÍFICO: Se buscará que los sujetos se adecuen a las características de la sesión, de los siguientes ejercicios se cogerán un mínimo de 6 para llevar a los sujetos a unas 110-130 pulsaciones por minuto. Con el mismo ratio de trabajo que el objetivo de la sesión.</p>									
<ul style="list-style-type: none"> - SKKIPING - JUMPING JACKS - SENTADILAS - PELVIC CURL CON PIERNA EXTENDIDA - ZANCADA CON SALTO - ESPANTAPÁJAROS 					<ul style="list-style-type: none"> - MOUNTAIN CLIMBER - PUSH UP CON MOVILIDAD DE COLUMNA. - CMJ - SKKIPING + DIRECTOS - COMBA - SALTOS EN EXTENSION + AGRUPADOS 				
SESIÓN: (20 min)									
Estación 1: BURPEES					Estación 6: BATEFUEGOS LADO NO DOMINANTE				
Estación 2: JUMPING JACKS + BATEFUEGOS					Estación 7: ESCALADOR				
Estación 3: PLANCHA TOCANDO MANO CONTRARIA					Estación 8: SKIPPING				
Estación 4: BATEFUEGOS LADO DOMINANTE					Estación 9:				
Estación 5: CMJ					Estación 10:				
VUELTA A LA CALMA (10min)									
<p>Se va a buscar que los sujetos recuperen y vuelvan a las condiciones de antes del inicio de la sesión.</p>									
<ul style="list-style-type: none"> - MOVIMIENTOS DE DESCARGA - APLICACIÓN DE FOAM ROLLER. 					<ul style="list-style-type: none"> - ESTIRAMIENTOS DINÁMICOS - APLICACIÓN DE PUNTOS GATILLO 				