



**UNIVERSIDAD DE OVIEDO**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA FUNCIONAL  
(ÁREA DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA)**

## **DEMANDA FISIOLÓGICA EN MÚSICOS PROFESIONALES**

**Tesis presentada por CLAUDIA IÑESTA MENA  
para optar al grado de Doctor por la Universidad de Oviedo.**

**Dirigida por el Dr. NICOLÁS TERRADOS CEPEDA  
Oviedo, 2006**



## AGRADECIMIENTOS

A todos los músicos que nos revelaron su partitura interior:

Andreas, Julio, Miguel Angel, Alberto, Erica, las dos Anas, Jorge, Manuel, Miguel, Alexander M, Joshua, Vicente M, Dani, Peter, Eva, Roberto, Juan, Nacho, Juan Pedro, Paco R, Rafa, Lucía, Claudia, Olga, Teresa, Francisco J, Elena G, Raquel, José M<sup>a</sup>, Elena M, Gaurav, Tapan, Javi, Christian, Aritz, Manuel R, Joan, Vicente G, Miguel Angel N, Elena F, Meni, Oleg, Vicente A, Sandrine, Gala, Pablo, Jose Luis, Fernando, Aida, Manuel C, Gaiané, Miguel P, Urko, Francisco B, Miriam, Alexander O, Galina Lali e Ilemí.

A Pilar Cuesta,  
Charo Cortina,  
Daniel García.

A Nicolás Terrados.

A mi familia.



# ÍNDICE

Introducción.....	3
1- Generalidades.....	3
1.1- Músico.....	3
1.2- Instrumentos musicales.....	6
1.2.1- Clasificación general de los instrumentos musicales.....	6
1.2.2- Instrumentos de viento: Tipos de embocaduras.....	7
2- Capacidad de trabajo físico.....	11
2.1- Estimación de la carga de trabajo físico.....	12
3- Fisiología de la frecuencia cardíaca.....	17
3.1- Factores que modifican la frecuencia cardíaca.....	19
3.1.1- Condiciones ambientales.....	19
3.1.2- Condicionantes fisiológicos.....	21
3.1.3- Factores relacionados con el ejercicio.....	22
3.1.4- Variación de la frecuencia cardíaca por estímulo de los barorreflejos.....	26
3.1.5- Factores psicológicos.....	27
3.2- Variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	28
3.2.1- Valoración de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	29
3.2.2- Influencia del ejercicio sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	32
3.2.3- Resumen de la fisiología de la variabilidad de la frecuencia cardíaca.....	34
3.3- Frecuencia cardíaca y gasto energético.....	35
4- Monitorización de la frecuencia cardíaca.....	39
4.1- Historia de los monitores de frecuencia cardíaca.....	39
4.2- Precisión de los monitores de frecuencia cardíaca.....	40
4.3- Aplicaciones de los monitores de frecuencia cardíaca.....	40
4.3.1- Monitorización de la intensidad de ejercicio.....	40
4.3.2- Detectar / prevenir el sobreentrenamiento.....	40
4.3.3- Estimación del consumo máximo de oxígeno y del gasto energético.....	41
4.4- Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca.....	44
4.4.1- Tabla de los coeficientes de penosidad según los Criterios de Frimat.....	46

4.4.2- Ejemplos de curvas de registro continuo de la frecuencia cardíaca.....	49
5- Carga de trabajo físico y gasto energético en músicos.....	55
Objetivos.....	59
Sujetos y métodos.....	63
1- Diseño experimental.....	63
2- Sujetos.....	65
2.1- Músicos de viento.....	66
2.2- Músicos de cuerda.....	68
2.3- Piano.....	70
2.4- Percusión.....	71
2.5- Músicos de música clásica del Norte de la India.....	72
3- Test de esfuerzo.....	73
4- Manejo de los pulsómetros.....	75
5- Análisis estadístico.....	79
Ejemplos de curvas de registro continuo de la frecuencia cardíaca en músicos.....	83
Resultados.....	109
1- Músicos de viento.....	111
2- Músicos de cuerda.....	121
3- Piano.....	131
4- Percusión.....	135
4.1- Aplicación de los Criterios de Frimat, para el cálculo de los coeficientes de penosidad durante el trabajo de dos percusionistas.....	137
5- Músicos del Norte de la India.....	138
6- Resultados del test de esfuerzo.....	140
Discusión.....	145
Conclusiones.....	152
Recomendaciones prácticas.....	153
Bibliografía.....	157
Anexo.....	165

## **INTRODUCCIÓN**



# INTRODUCCIÓN

## 1- GENERALIDADES

A los 96 años el gran violoncellista Pablo Casals refería al fotógrafo Fritz Henle lo siguiente: *“Por descontado no existe un sucedáneo del trabajo. Constantemente practico como lo he hecho durante toda mi vida. Se me ha dicho que toco el violoncelo con la facilidad de un pájaro cuando vuela. Ignoro cuál es el esfuerzo del pájaro cuando aprende a volar, pero sé perfectamente el esfuerzo que exige mi violoncelo. Eso que parece facilidad no es más que el resultado de un gran esfuerzo”* (Henle, 1975).

### 1.1-MÚSICO

Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2001): “Persona que conoce el arte de la música o la ejerce especialmente como instrumentista o compositor”.

Según el Diccionario de uso del Español, María Moliner (1998):

Músico: 1 adj. De (la) música. 2 n. “Persona que compone música o toca algún instrumento”.

Profesional: “Se aplica al que vive de cierta actividad a la que se dedica habitualmente”.

En nuestro trabajo nos referiremos al músico profesional como instrumentista.

La capacidad de esfuerzo y dedicación del futuro músico profesional empieza a desarrollarse desde la infancia. Si la entrada en las escuelas de música oficiales es a los 8 años, lo habitual entre músicos de alto nivel es haberse iniciado en su instrumento hacia los 5 años o incluso antes. Cuando empiezan la escuela deben acostumbrarse a compaginar sus tareas escolares con su formación musical. En España la formación musical no está incluida en la educación básica, y los padres deben llevar a sus hijos, en horario extraescolar, primero a las escuelas elementales y más tarde a los conservatorios. La formación corre en paralelo y las exigencias crecen exponencialmente. Probablemente al final del bachillerato la capacidad de trabajo y concentración de un estudiante de música sea muy superior a la de sus compañeros y en parte comparable a la de los deportistas o los bailarines de élite. A esta edad están en condiciones de elegir su futuro profesional. La música no es el camino más fácil ni más seguro, si se deciden por ella tendrán que afrontar un reto físico e intelectual que se sabe dónde empieza pero no dónde acaba.

Orozco y Solé, en su libro "Tecnopatías del músico" (1996), refieren que "cuando un médico tenga a un músico profesional como paciente, debe evitar el error de considerar que éste tiene un trabajo cómodo, descansado, y libre de las tensiones competitivas que sufren el resto de ciudadanos no artistas. Es habitual atender en consulta a músicos que entre clases, ensayos y actuaciones, dedican más de catorce horas al día a una actividad laboral desarrollada en una atmósfera de estrés similar a la del más agresivo de los ejecutivos".

La jornada laboral de un músico profesional es difícil de describir porque depende del tipo de actividad dominante: docencia, trabajo orquestal, solista, miembro de un grupo de cámara... Todas estas facetas pueden estar superpuestas y el músico debe organizar su tiempo para el estudio personal, las clases, los ensayos y los conciertos, en jornadas interminables que pueden incluir gran número de viajes, muchas veces intercontinentales.

Centrándonos en un músico que trabaje en la Orquesta Sinfónica del Principado de Asturias (OSPA), su jornada comprende:

- Una media de cinco horas de ensayo, en jornada partida, cada día, con conciertos públicos los jueves y los viernes en dos puntos distintos de la región. El programa cambia cada semana a lo largo de la temporada, que va de noviembre a junio. De agosto a octubre la orquesta participa en festivales o realiza giras dentro y fuera del país.
- La mayoría de sus miembros lleva a cabo funciones docentes en conservatorios y centros de música y/o imparten clases magistrales.
- Algunos de sus miembros participan en grupos de cámara. Esto implica tiempo adicional de estudio y ensayos, aparte de los conciertos con la formación.
- En el caso especial de los instrumentos de caña doble: oboes, fagotes y corno inglés deben dedicar un tiempo a la elaboración y preparación de las cañas que han de utilizar.

Cualquier profesión que se desempeña durante muchas horas, día a día, durante años, va modelando al que la realiza y dibujando un perfil de habilidades y riesgos que caracterizan a cada profesional (Elbert, 1996; Orozco y Solé, 1996).

Conocer los componentes físicos y fisiológicos subyacentes a una actividad profesional es el elemento clave para la prevención y tratamiento de las alteraciones que puedan derivarse del desempeño de dicha actividad.

Los fisiólogos del trabajo y del deporte intentan cuantificar, de manera cada vez más exacta la carga física de las distintas ocupaciones laborales y deportivas (Fletcher y col., 1995). El objetivo es llegar a conseguir el equilibrio entre la carga del trabajo y la capacidad para desempeñarlo, evitando, en la medida de lo posible, alteraciones físicas y/o psicológicas (Åstrand y Rodahl, 1985).

Es de nuevo el Dr Orozco quien afirma: “Hoy ya nadie puede dudar que muchos de los logros en el deporte, la exploración de los fondos marinos o del espacio, han sido posibles gracias a la interrelación de los profesionales de estos medios con los de otros campos de la ciencia, especialmente la Medicina. Se logrará también un avance en lo musical si se favorece un nuevo binomio. La interrelación Música–Medicina facilitará la protección de la salud del músico y su rendimiento interpretativo, mejorando en definitiva el resultado artístico”.

El conocimiento de la demanda física que requiere la actividad de un músico profesional se ve dificultado por la gran variedad de instrumentos musicales existentes. Cada instrumento requiere distintas habilidades por parte del instrumentista y la utilización predominante de determinados grupos musculares. Incluso para tocar un mismo instrumento existen diversas técnicas o "escuelas" que demandan usos musculares diferentes.

El interés de los músicos por la biomecánica de las cadenas musculares y articulaciones que utilizan al tocar y por los problemas que se derivan de su mal uso, las llamadas tecnopatías, hacen que sean estos temas, junto con los problemas psicológicos, los que acaparen mayor atención por parte de los investigadores. Los aspectos cardiológicos y la demanda física global del trabajo de los instrumentistas están poco estudiados. Además se desconoce la demanda fisiológica que requieren los ensayos y las actuaciones en directo.

Como en cualquier trabajo o deporte se persigue el mejor resultado con el menor esfuerzo. La cantidad de esfuerzo, o demanda física o circulatoria que supone estar tocando un instrumento musical no está muy clara. Así pues, falta el primer eslabón de la cadena de conocimientos necesarios para entrar en el campo de la medicina preventiva aplicada a la profesión musical.

Antes de avanzar definamos qué es un instrumento musical y hagamos una breve clasificación de los mismos.

## 1.2- INSTRUMENTOS MUSICALES

(Michels, 1989)

Son todos aquellos generadores de sonido que sirven a la concreción de ideas y órdenes musicales.

Los instrumentos musicales mecánicos y su modo de ejecución dependen del cuerpo humano y de sus dos posibilidades fundamentales, *el movimiento de los miembros* y *la emisión del soplo*.

### 1.2.1- CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS INSTRUMENTOS MUSICALES

El principio de la clasificación es primariamente el modo de producción del sonido y en segundo lugar el modo de ejecución y la construcción.

Los instrumentos musicales mecánicos forman cuatro grandes grupos a los que se les suma más recientemente un quinto grupo de instrumentos **electrófonos**.

**A- Idiófonos o autorresonadores.** Instrumentos de percusión sin parche. El sonido se produce por la oscilación o vibración de todo el instrumento al ser golpeado, frotado...

Pertenecen a este grupo, por ejemplo, las CASTAÑUELAS, CLAVES, matracas, TRIÁNGULO, crótalos, PLATOS, SONAJAS, y los instrumentos de láminas afinadas: VIBRÁFONO, MARIMBA, XILÓFONO, litófono...etc.

**B- Membranófonos.** En los que el sonido se produce por vibración de una membrana más o menos tensa de pergamino, piel, o material plástico. Esta vibración se obtiene por percusión, fricción, o corrientes de aire.

Son ejemplos de este grupo los TIMBALES SINFÓNICOS, CAJA, tambores, congas, bongos, tabla hindú, zambombas, mirlitón, cuicas...etc

**C- Cordófonos.** Instrumentos con cuerdas que vibran. Los modos de ejecución de los cordófonos son:

- Fricción por medio de *arco* (VIOLÍN, VIOLA, VIOLONCELLO, CONTRABAJO, rabel, sarangi...) o *rueda* (zanfona)

- Punteo, con los dedos (guitarra, ARPA, laúd, sitar hindú, sarod...; *pizzicato* de los instrumentos de cuerda frotada) o de manera mecánica (como en el CLAVE o clavicordio).

- Percusión de la cuerda,

a) con varillas o láminas duras (*plectro* o *púa*), por ejemplo: bandurrias, laúd y guitarras utilizan púas. Salterio y *santoor* son cítaras que se percuten con láminas duras en forma de palillo.

b) con macillos. Un mecanismo de teclado lanza el macillo contra la cuerda: PIANO.

**D- Aerófonos.** En los que la generación del sonido se produce por vibración del aire dentro de un tubo hueco.

Estos instrumentos se agrupan en familias dependiendo del material en que están contruidos, madera o metal, y del tipo de embocadura por medio de la cual se insufla el aire.

- *Viento-metal:* grupo al que pertenecen por ejemplo TROMPA, TROMPETA, TUBA, TROMBÓN, SAXOFONES...
- *Viento-madera:* que incluye a FLAUTAS, FLAUTÍN, OBOE, CORNO INGLÉS, CLARINETES, FAGOT, CONTRAFAGOT.

También pertenecen a este grupo los aerófonos de teclado, como el ÓRGANO y el armonio.

En una Orquesta Sinfónica encontramos, habitualmente los instrumentos anteriormente señalados con mayúsculas,

#### 1.2.2- INSTRUMENTOS DE VIENTO: TIPOS DE EMBOCADURAS

En un estudio de Howard y Lovrovich (1989) sobre los problemas orofaciales de los músicos de viento, se hace referencia a una clasificación de los instrumentos de viento en cuatro grupos **según la forma de la embocadura:**

- Clase A, con embocadura en forma de copa que se aplica sobre los labios, y que agruparía a TROMPETA, CORNETA, TROMPA, TROMBÓN, TUBA, y diversas variantes de éstos.
- Clase B, que incluiría a SAXOFONES y CLARINETES, cuya embocadura la forman una única caña sujeta sobre una abertura lateral, plana y rectangular, del tubo sonoro. El sonido se produce haciendo vibrar la lengüeta de caña dentro de la boca.
- Clase C, constituidos por instrumentos cuya embocadura la forman dos cañas juntas que dejan entre sí una pequeña abertura en forma de ojal, colocadas en el extremo superior del tubo, en línea con el mismo. Se incluyen: OBOE, FAGOT, CONTRAFAGOT y CORNO INGLÉS, principalmente.
- Clase D, instrumentos con una abertura en el extremo del mismo que hace las veces de embocadura, ayudada por una determinada posición de los labios. Incluye las FLAUTAS y FLAUTINES o *píccolos*.



*“...Desde el comienzo de los tiempos, toda la música, salvo la vocal, se ha producido por medio de máquinas. ¿Qué son una flauta, una trompeta o, mejor aún, un violín, sino complejos instrumentos capaces de emitir sonidos si los maneja un “técnico”? Ciertamente que, entre el ejecutante y el instrumento se crea una relación casi orgánica, hasta el punto de que el violinista “piensa” y “siente” a través de su violín, hace del violín un miembro propio, carne de su propia carne...”*

Umberto Eco (*Apocalípticos e Integrados*, 1995)



## 2- CAPACIDAD DE TRABAJO FÍSICO

Según Åstrand (1985), la capacidad para realizar un trabajo físico depende básicamente de la capacidad de las células musculares para transformar la energía química que se obtiene de los alimentos en energía mecánica para el trabajo muscular. Resalta la importancia del estado nutricional y de salud para el correcto funcionamiento de los distintos aparatos y sistemas del organismo, ocupando un lugar central la ventilación pulmonar, el gasto cardíaco y la extracción de oxígeno, junto con los mecanismos nerviosos y hormonales que los regulan.

Las funciones anteriores se ven influidas por factores somáticos, psicológicos, ambientales y la naturaleza del trabajo que se realiza, como se resume en el siguiente esquema:

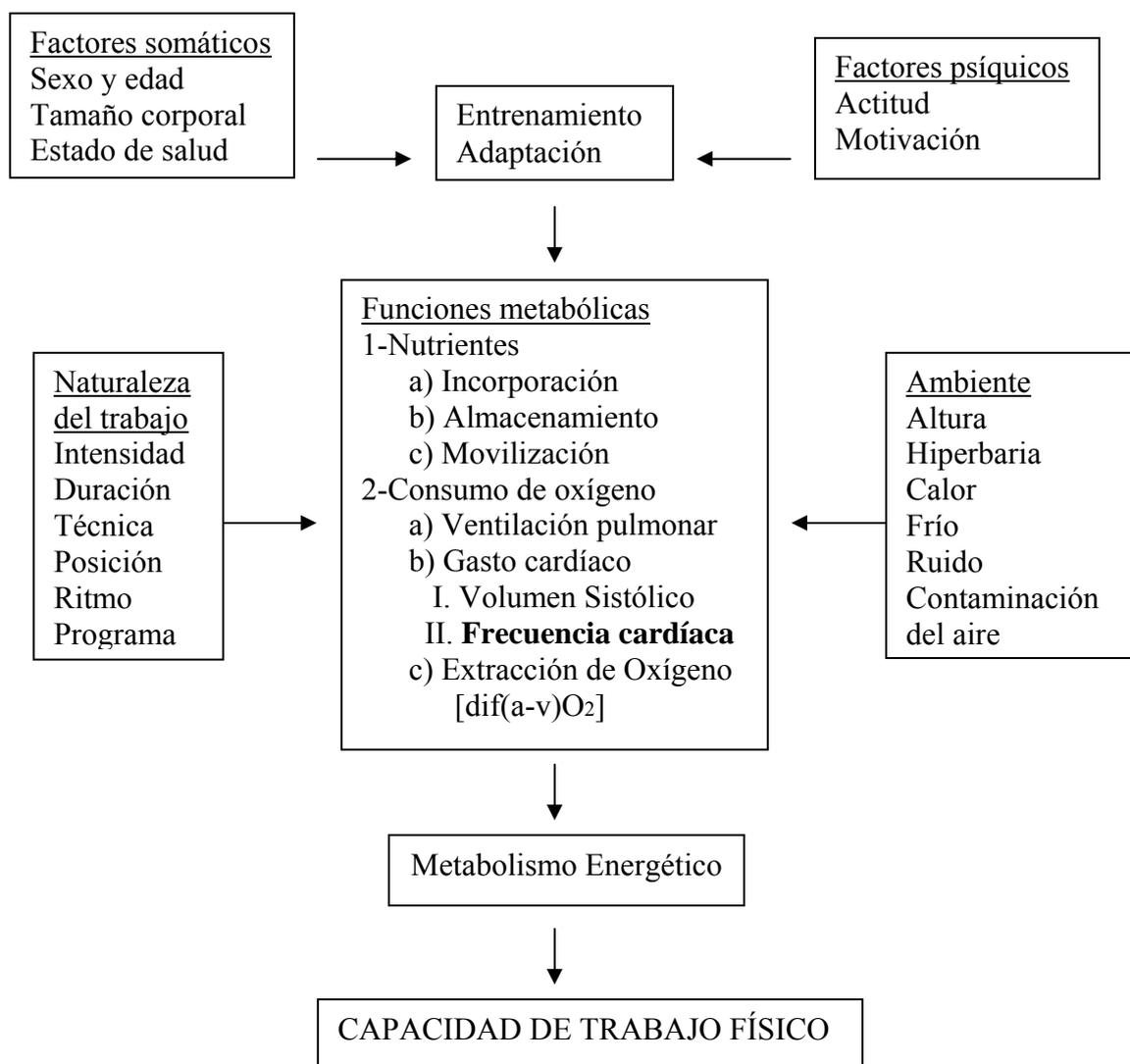


Figura 1: Factores que afectan a la capacidad de trabajo físico (Adaptado de Åstrand y Rodahl, 1985).

En el esquema de la Figura 1 se ilustran las circunstancias que rodean al rendimiento en cualquier actividad. Podría ser válido, por tanto, para la actividad musical. Sin embargo, los músicos, son unos de los grupos profesionales menos estudiados en este aspecto, y en quienes los factores técnicos y psicológicos del desempeño parecen recibir mayor atención.

## 2.1- ESTIMACIÓN DE LA CARGA DE TRABAJO FÍSICO

Toda actividad entraña un aumento del gasto energético y la puesta en marcha de mecanismos de compensación que permiten el ajuste de ciertas funciones.

El ejercicio físico conlleva un aumento de las necesidades de oxígeno (O<sub>2</sub>) sobre todo en aquellos grupos musculares en los que el incremento del trabajo es mayor (Terrados, 1992a; Fuertes, 1995). Por tanto se puede estimar la carga de trabajo físico midiendo el consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>) durante la actividad realizada.

Frente al aumento de las necesidades de oxígeno condicionado por el ejercicio, el organismo responde incrementando su aporte, especialmente a expensas de modificar los dos parámetros que condicionan, según el principio de Fick, el VO<sub>2</sub>: el *gasto cardíaco* (GC) o *volumen minuto* (Vm) y la *diferencia arteriovenosa de O<sub>2</sub>* (dif(a-v)O<sub>2</sub>) (Cortina y Martínez, 1970; Åstrand y Rodahl, 1985; Fuertes, 1995).

$$VO_2 = GC \times \text{dif}(a-v)O_2$$

Al comienzo del ejercicio o cuando éste se incrementa, aumenta rápidamente la toma de O<sub>2</sub> por los pulmones. Tras pocos minutos el VO<sub>2</sub> permanece relativamente estable (estado estable) para cada intensidad de ejercicio. Durante el estado estable la frecuencia cardíaca (FC), el gasto cardíaco, la presión sanguínea y la ventilación pulmonar se mantienen a niveles relativamente constantes. A medida que el ejercicio aumenta y la carga se incrementa, el tiempo necesario para alcanzar el estado estable se prolongará progresivamente (Fletcher y col., 1995).

El MÁXIMO CONSUMO DE O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>máx) es la cantidad más alta de O<sub>2</sub> que una persona puede llegar a utilizar mientras realiza un ejercicio dinámico que implica la mayor parte de su masa muscular (Fletcher y col., 1995).

El  $VO_2$ máx representa la cantidad de  $O_2$  transportado y utilizado en el metabolismo celular. Se suele expresar en unidades que son múltiplos del requerimiento de  $O_2$  en reposo, que equivale aproximadamente a 3,5 ml de  $O_2$  por Kilo de peso corporal por minuto.

$$1 \text{ MET (o equivalente metabólico basal)} = 3,5 \text{ ml } O_2 / \text{Kg} / \text{min}$$

El  $VO_2$ máx está significativamente relacionado con la edad, el sexo, el grado de entrenamiento o hábito de ejercicio, la herencia y el estado de salud cardiovascular (Fletcher y col., 1995).

El corazón funciona, en último término, para proporcionar el oxígeno necesario a toda la economía (Cortina y Martínez, 1970). La respuesta cardíaca al aumento de la demanda de  $O_2$  es el aumento del GC.

El GASTO CARDÍACO (GC) se define como la cantidad de sangre que el corazón bombea a la circulación general o sistémica en un minuto. Esta cantidad de sangre es prácticamente igual a la que envía al circuito pulmonar, más aproximadamente un 1% que aporta a las arterias bronquiales. El GC no es constante, varía de un individuo a otro, y en el mismo individuo según las necesidades, incluso de forma importante (Romero y Marín, 1995).

El GC depende de la FC, o número de latidos por minuto, y del volumen de eyección ( $V_e$ ) o volumen sistólico (VS), esto es, la cantidad de sangre que el corazón bombea a la circulación con cada latido (Åstrand y Rodahl, 1985; Fuertes, 1995; Romero y Marín, 1995).

$$GC = V_e \times FC$$

I- El VOLUMEN DE EYECCIÓN ( $V_e$ ) o VOLUMEN SISTÓLICO (VS) depende de dos grupos de factores (Cortina y Martínez, 1970):

A- Los que afectan al LLENADO VENTRICULAR:

- a)- Área valvular.
- b)- Tiempo de llenado.
- c)- Presión venosa.
- d)- Aceptación ventricular.
- e)- Función de la aurícula.

B- Los que afectan a la EYECCIÓN VENTRICULAR:

a)- Contractilidad cardíaca:

-Intrínseca o heterométrica, esto es, la potencia contráctil, que es proporcional, dentro de ciertos límites, a la distensión a que la fibra es sometida (*Ley de Starling*) o volumen ventricular previo a la contracción.

-Extrínseca u homométrica: variaciones del tono simpático modifican la potencia contráctil del músculo cardíaco independientemente de los cambios de la longitud de la fibra.

b)- Tamaño de la cavidad ventricular.

c)- Área de la válvula sigmoidea.

d)- Impedancia del flujo o resistencias del lecho vascular.

Por las grandes diferencias interindividuales en cada uno de estos factores el volumen de eyección no es igual en todos los individuos. Aumenta proporcionalmente al grado de entrenamiento, siendo muy elevado en el atleta.

En los individuos no entrenados, sólo se produce un pequeño aumento del volumen sistólico durante la transición entre el reposo y el ejercicio. En estos sujetos, el mayor aumento del gasto cardíaco se obtiene por una aceleración de la frecuencia cardíaca (McArdle y col., 1995).

II- La FRECUENCIA CARDÍACA aumenta linealmente con el Vm o GC hasta un cierto límite; a partir de éste el aumento de la FC puede hacer disminuir el tiempo de llenado y, como consecuencia, el Ve.

En el corazón sano la FC puede aumentar ampliamente sin que se comprometa el llenado, sobre todo en individuos entrenados (Cortina y Martínez, 1970).

El aumento de la FC es el factor que de forma más importante contribuye al aumento del gasto cardíaco durante el esfuerzo. No representa ningún problema en el sujeto normal, aunque puede resultar peligroso para personas con corazón enfermo. Ese aumento de FC aumentará el VO<sub>2</sub> del músculo cardíaco, que deberá ver incrementado su aporte con un mayor flujo coronario. Si este aumento de flujo no se produce, porque las arterias estén parcial o totalmente obstruidas, el desequilibrio resultante entre oferta y demanda de O<sub>2</sub> puede traducirse en un episodio anginoso o en un infarto de miocardio (Romero y Marín, 1995).

La taquicardia es una respuesta refleja al ejercicio que tiene lugar, en un principio, por supresión vagal y, a partir de cierta intensidad, cuando la FC se aproxima a los 100 latidos por minuto (lpm), por estimulación simpática (Rowell y O'Leary, 1990).

El estímulo simpático dilata las arteriolas de los músculos activos, con lo que aumenta en ellos el flujo sanguíneo, y produce vasoconstricción en el área esplácnica y la piel, que reciben una menor proporción del flujo cardíaco. La constricción de las venas, junto con la acción de bombeo de los músculos que trabajan y los movimientos respiratorios forzados, facilitan el retorno venoso al corazón y posibilitan el aumento del GC (Åstrand y Rodahl, 1985).

El aumento del retorno venoso y el estímulo simpático aumentan la contractilidad cardíaca, intrínseca y extrínseca, dando lugar a una sístole más efectiva, con mayor vaciado sistólico, que aumenta el Ve; además la aceptación ventricular aumenta, por una capacidad de relajación incrementada por parte del ventrículo. Estas dos circunstancias producen una mayor diferencia de presión aurículo ventricular al comienzo de la diástole. Se da así un efecto de succión rápida que acelera el llenado ventricular, lo que junto al aumento en la presión auricular, que también contribuye a ese llenado, hacen que durante el ejercicio, a pesar del acortamiento de la diástole, por la taquicardia, el gasto no caiga sino que aumente considerablemente, sobre todo en el corazón sano y entrenado (Cortina y Martínez, 1970; Romero y Marín, 1995).

III-LA DIFERENCIA ARTERIOVENOSA DE  $O_2$  ( $dif(a-v)O_2$ ) está muy aumentada durante el ejercicio, sobre todo en los atletas, cuyos músculos activos tienen mayor capacidad de extraer el oxígeno de la sangre para la producción de energía. Además, el aumento de temperatura del músculo en ejercicio, junto con la mayor producción de  $CO_2$ , ácido láctico y el descenso del pH, desplazan la curva de disociación de la hemoglobina hacia la derecha, disminuyendo su afinidad por el  $O_2$ , con lo que se favorece la cesión del mismo al músculo (Åstrand y Rodahl, 1985).

Con el aumento en el VS, la FC y la  $dif(a-v)O_2$ , el gasto cardíaco en el individuo bien entrenado puede llegar a 30 litros / minuto durante el esfuerzo intenso (Åstrand y Rodahl, 1985).

## FACTORES QUE CONDICIONAN EL CONSUMO DE O<sub>2</sub>

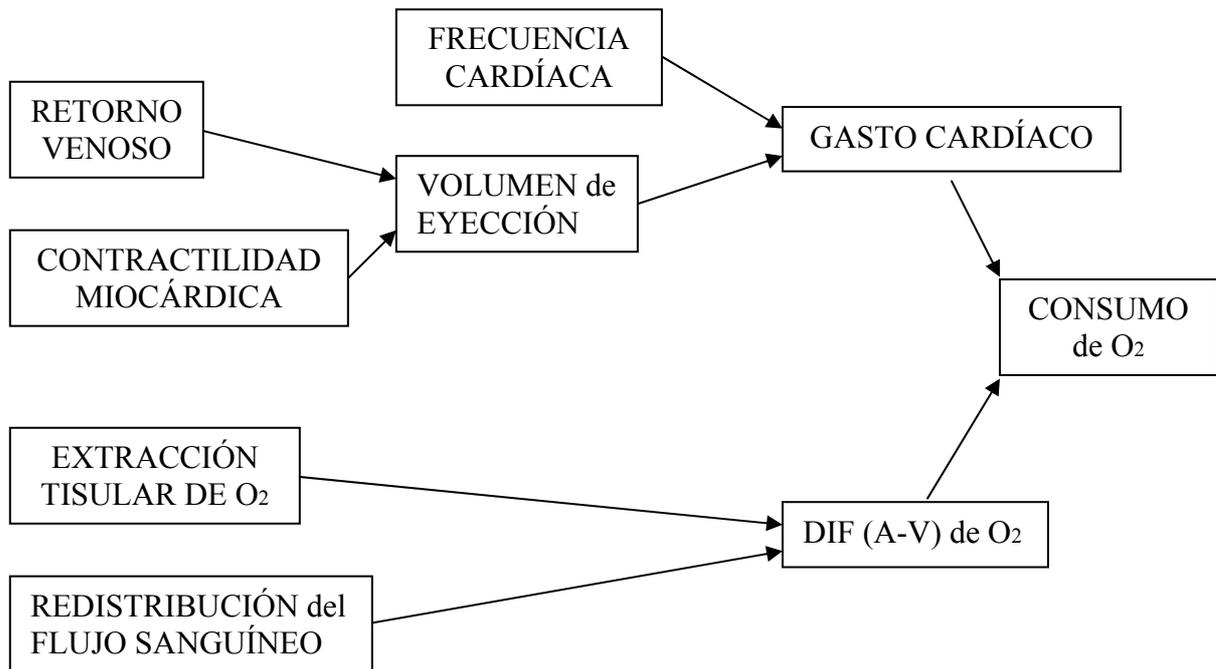


Figura 2: Factores que modifican el consumo de oxígeno (Modificado de Fuertes, 1995).

Dado que el GC equivale al producto del VS por la FC, encontramos que el VO<sub>2</sub> está directamente relacionado con la FC (Fletcher y col., 1995).

Se puede afirmar que para cada persona se da una relación lineal entre el oxígeno que consume haciendo un determinado trabajo y la FC que alcanza durante la realización del mismo (McArdle y col., 1995).

Las personas que realizan un determinado trabajo no tienen, necesariamente, las mismas condiciones físicas; por tanto, aquellas cuyo consumo de oxígeno sea más alto en relación a su FC máxima (FCMax), se agotarán menos a una determinada carga; al tener más energía disponible, serán más “capaces” (Åstrand y Rodahl, 1985). Esto tiene gran importancia en el mundo laboral y deportivo.

Se podrá estimar la carga de trabajo físico midiendo el consumo de oxígeno mientras se realiza ese trabajo, o bien de manera indirecta registrando la FC durante el tiempo que dura la actividad (Åstrand y Rodahl, 1985).

### 3- FISIOLÓGÍA DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

El corazón podría mantener su propio ritmo gracias a la actividad de despolarización y repolarización espontánea de determinados grupos de células que, al transmitir el impulso al resto del tejido miocárdico, funcionan como marcapasos cardíaco. El principal marcapasos cardíaco es el **nódulo sinusal**, que toma el mando por su mayor frecuencia de descarga (Romero y Marín, 1995).

Esta actividad cardíaca intrínseca, que parte del nódulo sinusal, tiene poca importancia práctica, pues el corazón está profusamente innervado. Las influencias neurales se superponen sobre la actividad intrínseca cardíaca (McArdle y col., 1995).

La frecuencia cardíaca está controlada primordialmente por la innervación del corazón, incrementándola la estimulación simpática (adrenérgica) y haciéndola decrecer la parasimpática (colinérgica) (Ganong, 1974). La modulación simpática es mediada vía neurógena y humoral, mientras que las influencias parasimpáticas llegan exclusivamente vía nerviosa (De Meersman, 1993).

La **regulación autonómica** parte del Centro Cardiovascular o Cardiorregulador (Ganong, 1974; Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995).

El **Centro Cardiovascular o Cardiorregulador** es un área grande, difusa, de la Formación Reticular.

La **Formación Reticular** está situada en el tronco cerebral y se extiende hasta el Diencefalo. Las interacciones de la Formación Reticular y de otras estructuras encefálicas (sistema límbico, ganglios de la base, tálamo, córtex motor y sensitivo, hipotálamo) son particularmente numerosas y variadas, así como las aferencias que allí llegan. Es estación obligada de impulsos de todas las cualidades sensoriales. Por tanto su acción se ejerce tanto sobre las funciones de la vida vegetativa (respiración, circulación,...) como sobre las de la vida de relación. Influye sobre los centros inferiores que regulan la postura y el movimiento y los superiores que mantienen la vigilancia, y participa en el control y el procesamiento de la información sensorial dirigida hacia el cerebro, contribuyendo al mantenimiento de la atención, del aprendizaje y de la memoria (Ganong, 1974; McArdle y col., 1995).

Al estar el Centro Cardiovascular formando parte de la Formación Reticular, cualquier estímulo procedente tanto de áreas superiores, como del Sistema Nervioso Periférico (SNP), se transformará en una señal que a su vez influirá sobre la actividad cardíaca.

Cualquier variación en el estado emocional de la persona (ansiedad, miedo, euforia...) afectará su respuesta cardiovascular, modificará la FC (Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995). Esto constituye la principal objeción para la utilización de la FC como medida de la actividad física (Oka, 1998). La FC puede variar notablemente, como consecuencia de la tensión emocional, en un individuo que está en reposo o sometido a una carga constante de trabajo liviano (Åstrand y Rodahl, 1985).

La FC aumenta linealmente en función de la elevación de la carga de trabajo físico, siempre que no se produzca un cambio fundamental en el estado emocional del sujeto (Åstrand y Rodahl, 1985).

En las paredes del corazón y de los vasos sanguíneos existen receptores de estiramiento, los **barorreceptores**. Los impulsos generados en ellos inhiben la descarga tónica de los nervios vasoconstrictores (simpáticos) y estimulan el centro cardioinhibitorio produciendo vasodilatación, caída de la presión arterial, bradicardia (efecto bloqueado por parasimpaticólisis con atropina) y disminución del gasto cardíaco (Ganong, 1974).

**El barorreflejo** es el ajuste cardiovascular derivado del estímulo de los barorreceptores, sensibles a cambios en la presión sanguínea.

En reposo se observa una actividad cíclica del circuito barorreflejo, los llamados ritmos de 10 segundos en la FC. Son el resultado del feedback negativo en los barorreflejos y se acompañan de fluctuaciones periódicas en la presión sanguínea (ondas de Mayer). Estas fluctuaciones están aumentadas cuando el tono simpático está aumentado y decrecen con el bloqueo simpático o parasimpático (Van Ravenswaaij y col., 1993).

**La termorregulación** o ajustes termorreguladores del flujo sanguíneo periférico, produce también fluctuaciones periódicas de la FC (aparte de la debida a la respiración y a los barorreflejos), que dan lugar a ciclos de muy baja frecuencia, menos de 3 en un minuto (Van Ravenswaaij y col., 1993).

**Variaciones circadianas:** Son fluctuaciones periódicas de la FC de una frecuencia de oscilación mucho menor, de alrededor de un día, varían con la edad, el sexo y el horario de la actividad física (Yamasaki y col., 1996). Según Diez Noguera (2005) la variación circadiana de la FC es del orden del 15% entre los valores más bajos y los más altos, que se registran durante la tarde.

### **3.1- FACTORES QUE MODIFICAN LA FRECUENCIA CARDÍACA**

Cualquier situación que altere el estado estable de reposo producirá variaciones de la FC no periódicas. Se producirán ajustes autonómicos en función de los requisitos circulatorios del nuevo estado.

#### 3.1.1- CONDICIONES AMBIENTALES

##### **- Temperatura**

- Por cada grado centígrado que aumente la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca aumenta de 10 a 15 latidos por minuto.

El frío, por el contrario, produce bradicardia, tanto más marcada cuanto mayor es la hipotermia (Romero y Marín, 1995).

Es muy importante tener en cuenta la temperatura y otras condiciones ambientales durante el ejercicio, así:

- A mayor temperatura, más pulsaciones para una misma carga de trabajo (Åstrand y Rodahl 1985; Brenner y col., 1997).
- Temperaturas bajas son favorables para trabajos prolongados y temperaturas un poco más altas lo serían para esfuerzos intensos y de corta duración (Terrados y Maughan, 1995).
- Temperaturas bajas aceleran la recuperación (Terrados y Maughan, 1995).

##### **Humedad relativa del aire**

Al aumentar la humedad, aumenta también la frecuencia cardíaca como medida de regulación térmica (Ganong, 1974; Åstrand y Rodahl, 1985).

##### **Presión atmosférica**

En situación de **altura** la presión parcial de oxígeno es menor. El efecto primario de la hipoxia sobre la FC es el de un incremento de la misma ya a nivel basal. Esto se cree que es debido a un aumento de las catecolaminas circulantes, como resultado de una mayor activación nerviosa sobre las glándulas suprarrenales en condiciones de hipoxia, o a un posible estímulo reflejo periférico para aumentar el gasto cardíaco cuando la diferencia arteriovenosa de O<sub>2</sub> disminuye (Terrados, 1992a; Terrados, 1992b; Engelen, 1996).

Según Ganong (1974) la hipoxia pone en marcha ajustes circulatorios al afectar al centro cardiorregulador por dos mecanismos:

- Captación del estímulo hipóxico por los *quimiorreceptores* de los cuerpos aórticos y carotídeos, que vía aferente alcanzan el área presora bulbar.
- Directamente, las células hipóxicas del centro cardiorregulador aumentan su frecuencia de descarga y producen un aumento de la FC y de la presión arterial, intentando restablecer la oxigenación.

### **Ruido**

Un nivel alto de ruido en el ambiente conlleva una respuesta taquicardizante. El silencio conlleva una respuesta cardíaca inversa (Åstrand y Rodahl, 1985).

NOTA: Aunque la intensidad del sonido producido por la música es más evidente en la música de rock y de banda, también los intérpretes de música clásica están sometidos en ocasiones a intensidades de sonido comparables a las que se perciben en una pista de aterrizaje, esto es, 130 a 140 db, como la registrada por Koang, en un estudio audiométrico en estudiantes de grado superior del conservatorio de Lyon durante la interpretación de la *Symphonie fantastique* de Berlioz en la zona orquestal de los percusionistas. El posible trauma sonoro depende de la obra a interpretar y del tipo de orquestación requerida. Los niveles sonoros dependerán no solo del instrumento que se toque sino de su situación en el conjunto de la orquesta, así los *metales* están sometidos no solo al sonido de su instrumento sino a la cercanía de los percusionistas. Existen en las orquestas mamparas transparentes protectoras que separan a los percusionistas y que aminoran en parte el riesgo sonoro asociado. La conciencia sobre el riesgo de pérdida de audición en músicos cada vez es mayor (Orozco y Solé, 1996; Koang, 2000; Cáceres y García, 2001).

### 3.1.2- CONDICIONANTES FISIOLÓGICOS

#### **Hora del día**

La FC presenta un patrón característico: aumenta tras el despertar, o cuando el individuo empieza a caminar e inicia su actividad, alcanza su máximo (acrofase) entre las 10 y las 12 a.m. y a continuación empieza a disminuir de forma gradual, aunque puede aparecer un segundo pico por la tarde. El valor más bajo se alcanza durante la noche, entre las 3 y las 5 a.m., es decir, 1-2 horas antes del despertar (Tamargo y Delpón, 2005).

**El sueño** y el descanso nocturno se acompañan de una respuesta vagal bradicardizante (Romero y Marín, 1995).

#### **Taquicardia postprandial**

La digestión supone una demanda energética aumentada de un lecho vascular de gran extensión (McArdle y col., 1995; Romero y Marín, 1995).

#### **Edad**

La edad va modificando la FC. En el recién nacido la FC de reposo oscila entre 130 y 150 latidos por minuto; con el crecimiento irá disminuyendo, hasta la adolescencia, en que comenzará a aumentar (Romero y Marín, 1995). La máxima frecuencia de latido, en cambio, cada vez es menor según aumenta la edad (Åstrand y Rodahl, 1985; Terrados, 1993). Los valores medios de la FCMax. se encuentran en el orden de 220 menos la edad del sujeto expresada en años, con una desviación estándar de aproximadamente  $\pm 10$  latidos/minuto en todos los grupos de edades (Åstrand y Rodahl, 1985). Para Fletcher y col. (1995) la reducción de la FCMax. con la edad es de alrededor de 5 a 7 latidos por década. Yamasaki y col. (1996) sugieren que con la edad la función adrenérgica declina más linealmente que la parasimpática debido al descenso en las aferencias simpáticas al corazón y/o la desensibilización de los  $\beta$ -adrenorreceptores.

#### **Sexo**

A igual edad e intensidad de ejercicio, la FC es más alta en las mujeres, debido a su menor masa muscular, y a su menor volumen sistólico (Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995).

### 3.1.3- FACTORES RELACIONADOS CON EL EJERCICIO

#### **Intensidad del ejercicio**

La FC aumenta con la intensidad del ejercicio. La aceleración del corazón empieza en general antes del mismo esfuerzo y continua aumentando de manera lineal y proporcional a la intensidad de éste hasta un límite superior, que se situaría alrededor de un valor equivalente a 220 menos la edad expresada en años, y que se consideraría como la FC máxima teórica del sujeto (FCMT) (Åstrand y Rodahl, 1985; Cousteau, 1989; McArdle y col., 1995).

El incremento en la FC y en el gasto cardíaco es la respuesta inmediata del sistema cardiovascular al ejercicio. Este incremento inicial se debe a supresión vagal. Cuando la intensidad del ejercicio aumenta, la actividad nerviosa simpática (ANS) también aumenta; esto incrementa la concentración plasmática de noradrenalina, lo que conlleva una mayor elevación de la FC y vasoconstricción de los vasos viscerales y de la piel (Rowell y O'Leary, 1990; Fletcher y col., 1995).

La respuesta de la FC al ejercicio depende de numerosos factores, especialmente la edad y el estado de salud (Fletcher y col., 1995). Esta respuesta fisiológica de aumento de la FC con el ejercicio juega un importante papel en el diagnóstico de la enfermedad arterial coronaria (Okin y col., 1996). Se emplea el término *incompetencia cronotrópica* cuando la respuesta de la FC al ejercicio no es la apropiada. Se ha mostrado que pacientes con menor reacción de la FC al ejercicio presentaron un mayor riesgo de eventos cardíacos (Ellestad, 1996).

#### **Momento del ejercicio**

La FC obtenida en estado transitorio de ejercicio será más alta que la obtenida durante el estado estable, para una misma carga (Bernard y col.,1997). Esto es importante tenerlo en cuenta cuando se estiman porcentajes de consumo de oxígeno (%VO<sub>2</sub> máx) a partir de porcentajes de FC de reserva (%FCReserva).

$$\text{FC de reserva} = \text{FCMax.} - \text{FC de reposo}$$

$$\% \text{VO}_2 \text{ máx} = \% \text{FCReserva}$$

La relación %VO<sub>2</sub> máx = %FCReserva, solo es cierta para el ejercicio en estado estable pero no en estado transitorio (Bernard y col.,1997). El error será mayor cuanto menor sea la intensidad del ejercicio.

En el ejercicio de baja intensidad, la actividad oscilatoria del centro cardiorregulador estimula el tono simpático de los vasos periféricos y reduce la actividad parasimpática, por lo que la FC será relativamente mayor (Kamath y col., 1991).

O'Leary (1996) sugiere que la aceleración (disparo transitorio) en la FC podría ser debida al reajuste rápido del barorreflejo arterial, que puede también participar en la inhibición del tono parasimpático.

En el ejercicio de elevada intensidad, la relación FC y VO<sub>2</sub> predice similares VO<sub>2</sub> durante el estado transitorio y el estable (Bernard y col., 1997).

### **Grado de entrenamiento**

A igual intensidad de ejercicio la frecuencia cardíaca es menor cuanto mayor es el grado de entrenamiento del sujeto (Åstrand y Rodahl, 1985; Terrados, 1993; McArdle y col., 1995). El corazón del sujeto entrenado es más eficiente en reposo y en todos los niveles de ejercicio (Fox, 1988).

Mientras la FC de personas no entrenadas se acelera rápidamente al aumentar la intensidad del ejercicio, la FC de los atletas se acelera mucho menos; el gradiente o razón de cambio difiere considerablemente. Por consiguiente un atleta, que tiene una buena respuesta cardiovascular, hará más trabajo y alcanzará un mayor consumo de oxígeno antes de llegar a una frecuencia cardíaca submáxima determinada que una persona sedentaria (McArdle y col., 1995).

A la inversa, tras un periodo de reposo en cama se observa un incremento en la respuesta de la FC al ejercicio (Åstrand y Rodahl, 1985; Fletcher y col., 1995). Un estado de salud deficiente, con la pérdida de acondicionamiento que ello implica, también conlleva una respuesta aumentada de la FC (Fletcher y col., 1995).

Åstrand en una revisión de 1987 sobre fisiología del ejercicio refiere “...lo impresionante del hecho de que muchos músicos puedan actuar perfectamente hasta avanzada edad. Arthur Rubinstein interpretaba composiciones muy demandantes de Chopin a la edad de 88 años y Andrés Segovia a los 91 todavía daba conciertos de guitarra clásica. Aparentemente, a través de la práctica, muchas actividades muy demandantes en el plano neuromuscular se pueden mantener hasta edades avanzadas. Sin embargo, detrás de estos logros, hay horas de “entrenamiento” diario”.

En la citada revisión Åstrand expone los siguientes efectos beneficiosos derivados de la actividad física habitual:

- Incremento en el consumo máximo de O<sub>2</sub> y del gasto cardíaco.
- Reducción de la FC para un consumo de O<sub>2</sub> dado.
- Reducción de la presión arterial.
- Reducción del producto de la frecuencia cardíaca por la tensión arterial (FCxTA).
- Mejoría de la eficiencia del músculo cardíaco.
- Mejora de la vascularización miocárdica.
- Tendencia favorable en la incidencia de morbi-mortalidad cardíaca.
- Aumento de la densidad de capilares en el músculo esquelético.
- Incremento en la actividad de enzimas “aeróbicos” en el músculo esquelético.
- Reducción en la producción de lactato a un porcentaje dado del consumo máximo de O<sub>2</sub>.
- Aumento en la capacidad de utilizar ácidos grasos libres como sustrato durante el ejercicio, lo que implica un ahorro de glucógeno.
- Aumento de la resistencia al ejercicio.
- Incremento del metabolismo -sería una desventaja desde un punto de vista nutricional-.
- Evita la obesidad.
- Incremento en la razón HDL / LDL colesterol.
- Mejoría de la estructura y función de ligamentos, tendones y articulaciones.
- Aumento de la fuerza muscular.
- Disminución del esfuerzo percibido a una tasa de trabajo dada.
- Aumento de la liberación de endorfinas.
- Desarrollo de las fibras musculares.
- Aumento de la tolerancia al calor ambiental por el incremento en la tasa de sudoración.
- Disminución de la agregación plaquetaria.
- Prevención de la osteoporosis.
- Mejora de la tolerancia a la glucosa.

## **Tipo de ejercicio**

El ejercicio dinámico incrementa más la FC que el ejercicio isométrico o el efectuado contra resistencia (Fletcher y col., 1995).

El ejercicio dinámico isotónico conlleva mayor aumento de la FC que el isocinético. El aumento de la FC durante el ejercicio isométrico es significativamente menor que con los dinámicos (Iellamo y col., 1997).

La FC es mayor cuanto mayor es la masa muscular movilizada.

La masa muscular que hace el ejercicio es el mayor determinante del coste metabólico total del trabajo realizado (Iellamo y col., 1997).

Aunque los valores máximos de FC y ventilación pulmonar son menores durante el ejercicio de brazos, por ser menor la masa muscular movilizada (McArdle y col., 1995), si comparamos el ejercicio que implica todo el cuerpo, como el ciclismo o la carrera, con el ejercicio de un miembro aislado, vemos que dicho ejercicio está asociado con mayores respuestas hemodinámicas en relación al consumo absoluto de O<sub>2</sub>. Así, conseguir un coste metabólico de 6 METS mediante un ejercicio que utilice una gran masa muscular, como la carrera o el ciclismo, requiere un esfuerzo metabólico y fisiológico más bajo que si ese mismo consumo metabólico debe alcanzarse ejercitando un grupo muscular aislado (Iellamo y col., 1997). En este caso el esfuerzo fisiológico será mayor por la menor masa muscular implicada, el mayor componente estático, menor contribución del retorno venoso y el incremento en la conducción neural necesaria para conseguir ese consumo de oxígeno y gasto cardíaco dado (Brown y col., 1994).

Durante el ejercicio de baja intensidad y en estado estable, controlado por una determinada FC diana, Stanley P. Brown y colaboradores (1994) no encontraron diferencias en el VO<sub>2</sub> entre el ejercicio realizado con brazos o con cicloergómetro o tapiz rodante, aunque el VS y el GC fueron menores durante el ejercicio de brazos, posiblemente por un retorno venoso reducido.

## **Postura corporal**

El pulso es similar en posición supina y sentada y aumenta en la posición erguida. El ejercicio en posición horizontal, como la natación, supone menor aumento de FC aunque la carga sea elevada (Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995).

## **Duración del ejercicio**

En el trabajo de larga duración se producirá un aumento de pulsaciones, por aumento de temperatura corporal, aunque la carga sea constante.

El aumento de temperatura corporal es un estímulo importante para la sudoración, como mecanismo refrigerador, pero también puede ocasionar una considerable pérdida de fluidos.

Si se compensan las pérdidas por el sudor con la toma de líquidos, el aumento de FC será menor y mayor la resistencia al ejercicio prolongado (Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995; Terrados y Maughan, 1995).

### 3.1.4- VARIACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA POR ESTÍMULO DE LOS BARORREFLEJOS

Intervienen en el control de las variaciones de la FC y de la TA que ocurren:

#### a) Con los **cambios de postura**:

Influyen en el retorno venoso.

Ponerse de pie desde una posición sentada, por ejemplo, conlleva estancamiento de la sangre en la mitad inferior del cuerpo, con reducción transitoria del retorno venoso y disminución de la tensión ejercida sobre los barorreceptores, que transmiten menos impulsos nerviosos al Sistema Nervioso Central (SNC); disminuye, por tanto, la transmisión nerviosa al centro cardioinhibidor parasimpático y se produce un aumento de la FC (Åstrand y Rodahl, 1985).

Si se aumenta el retorno venoso por contracciones de las piernas, el ritmo cardíaco volverá a disminuir (Åstrand y Rodahl, 1985).

#### b) Durante la **maniobra de Valsalva** (expiración forzada contra glotis cerrada):

La presión sanguínea sube al iniciarse la expiración forzada porque el incremento en la presión intratorácica se agrega a la presión de la sangre en la aorta. Luego cae debido a que la elevada presión intratorácica comprime las venas disminuyendo el retorno venoso y el gasto cardíaco ( $GC = VS \times FC$ ). Esta caída inhibe a los barorreceptores dando lugar a taquicardia y elevación de las resistencias periféricas. Cuando se abre la glotis y la presión intratorácica regresa a la normalidad, el GC se restablece, pero los vasos periféricos están en constricción. En ese momento la presión sube por encima de lo normal, estimulando a los barorreceptores, que producirán bradicardia y caída de la presión a niveles normales (Ganong, 1974).

### 3.1.5- FACTORES PSICOLÓGICOS

#### **Carga mental del trabajo**

La carga mental está determinada por la cantidad y el tipo de información que debe tratarse en un puesto de trabajo.

Las tareas sometidas a **evaluación social** suponen un aumento de respuesta cardiovascular en función de la dificultad de las mismas o de la percepción de dicha dificultad por parte del individuo, si se encuentra o no preparado para afrontarlas con éxito. La respuesta cardiológica es mayor según aumenta el grado de dificultad percibida pero siempre que el reto sea superable, si la dificultad sigue aumentando y la solución al problema no es posible por parte del sujeto su respuesta cardiovascular decae (Wright y col., 1998).

### 3.2- VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La cantidad de fluctuaciones periódicas de la FC alrededor de la FC media es a lo que se llama variabilidad de la FC (VFC) (Van Ravenswaaij y col., 1993).

El estudio de la VFC tiene gran importancia en cardiología.

Se ha utilizado como una manera no invasiva de analizar el tipo de dominancia autonómica o balance simpato-vagal, que refleja a su vez el estado de salud cardiovascular y/o endocrina. Alteraciones neurológicas, cardiovasculares y endocrinas influyen sobre la VFC, al afectar directa o indirectamente a la función autonómica simpática y parasimpática y/o de los quimiorreceptores y barorreceptores (Van Ravenswaaij y col., 1993; Brenner y col., 1997; Woo, 1998).

En condiciones normales de reposo, los mecanismos de control cardiovascular realizan pequeños y frecuentes ajustes en la FC que dan como resultado una serie de fluctuaciones periódicas (Yamamoto y col., 1991).

La **arritmia sinusal respiratoria** es una de las principales fluctuaciones periódicas de la FC, de hecho De Meersman (1993) define la VFC como la periodicidad rítmica de la descarga sinoauricular neural que aparece con las variaciones de la respiración.

En individuos jóvenes sanos, la FC varía con las fases de la respiración.

Durante la inspiración, los impulsos vagales provenientes de los receptores de estiramiento pulmonares inhiben el centro cardioinhibitorio del bulbo raquídeo. La descarga tónica vagal que mantiene baja a la FC decrece y ésta se acelera. Además existe una irradiación de impulsos desde el centro inspiratorio al centro cardioacelerador (Ganong, 1974).

Como vimos anteriormente, otras fluctuaciones periódicas de la FC son las relacionadas con los **barorreflejos** y con la **termorregulación** (Van Ravenswaaij y col., 1993).

### 3.2.1- VALORACIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La VFC se valora examinando las variaciones latido a latido en los intervalos R-R normales del electrocardiograma (ECG).

Las variaciones entre latidos pueden ser evaluadas por medio de medidas del dominio del tiempo o medidas del dominio de la frecuencia.

#### **Medidas del dominio del tiempo:**

Según la Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996), con estos métodos se determinan la FC en cualquier punto en el tiempo (FC instantánea) o los intervalos entre complejos normales sucesivos. En un registro continuo de ECG se detecta cada complejo QRS, y se determinan los llamados intervalos normales (NN), que son todos los intervalos entre complejos QRS adyacentes que provienen de la despolarización del nodo sinusal.

Las variables del dominio del tiempo más simples de obtener incluyen el intervalo medio NN, la FC media, la diferencia entre el intervalo NN más largo y más corto, la diferencia entre la FC nocturna y diurna, etc. Otras medidas del dominio del tiempo utilizadas son las variaciones en la FC instantánea secundarias a la respiración, al balanceo, a la maniobra de Valsalva o a la infusión de fenilefrina.

Para valorar las variaciones latido por latido cardíacas se pueden utilizar métodos estadísticos o métodos geométricos.

A partir de una serie de FC instantáneas o intervalos del ciclo cardíaco, en particular los registrados en períodos largos, tradicionalmente 24 horas, se pueden calcular medidas estadísticas complejas con diversos usos clínicos. Durante un período determinado de registro, la desviación estándar de los intervalos R-R normales (SDNN) refleja todos los componentes cíclicos responsables de la variabilidad en dicho periodo de registro.

Las series de intervalos NN sucesivos pueden convertirse mediante cálculos simples en patrones geométricos, valorándose la variabilidad sobre la base de las propiedades geométricas y/o gráficas del patrón resultante.

El “scatterogram”, gráfica de dispersión o representación de Poincaré, es un análisis vectorial bidimensional cuantitativo derivado de la combinación de sucesivos incrementos de la FC calculándolos como pares. Cada incremento se muestra, junto con el siguiente, como un punto en un sistema de coordenadas, donde el eje horizontal indica el incremento precedente, y el

eje vertical el actual, respectivamente. La escala de medida del intervalo RR es opcional, ya en unidades de tiempo (ms), o de FC (lpm). Los cálculos son expresados como un índice de dispersión.

El trazado sugiere una elipse dibujada sobre el área cubierta por los puntos, cuyo centro coincide con el punto central de las marcas o intervalo RR medio, y cuyo tamaño resulta de la variación respiratoria de la FC: cuanto más relajada y profunda sea la respiración, la elipse resultante será mayor (*Polar® Precision Performance Software. User's Manual*).

Tulppo y colaboradores (1996) mostraron que un análisis cuantitativo latido a latido de la VFC puede revelar patrones de la dinámica de la FC durante el ejercicio que no son fácilmente detectados por las medidas convencionales de la VFC (análisis del dominio del tiempo y de la frecuencia o espectral).

El diámetro corto de la elipse resultante de la representación de los datos, SD1, refleja la desviación estándar de la variabilidad del intervalo RR latido a latido instantáneo, y el diámetro largo o SD2 la desviación estándar de la variabilidad del intervalo RR de largo término continuo.

Según estos autores los cambios latido por latido instantáneos en los intervalos RR están mediados por la actividad eferente vagal, debido a que los efectos vagales sobre el nodo sinusal se desarrollan más rápidamente que los efectos mediados por el simpático.

Encontraron que SD1 se reducía con dosis incrementales de atropina, por lo que deducen que dicho índice cuantifica la modulación vagal de la FC.

El incremento en la FC media tras la supresión vagal refleja principalmente el incremento continuo de la actividad simpática en el curso del ejercicio, aunque ninguna medida de la FC por sí sola puede definir el punto de supresión vagal.

El diámetro largo, SD2, disminuyó y la razón SD1/SD2 se incrementó durante el ejercicio después de un bloqueo completo parasimpático, lo que sugiere que la activación simpática produce una reducción progresiva de las oscilaciones de FC de largo período. Observaron un cambio abrupto ascendente en la razón SD1/SD2 durante los últimos minutos del ejercicio, cuando las catecolaminas circulantes se incrementan (Tulppo y col., 1996).

### **Medidas del dominio de la frecuencia:**

El **análisis espectral del registro electrocardiográfico** es el método más usado para valorar la VFC. Consiste en un proceso matemático que transforma las series de la secuencia de intervalos RR en una suma de funciones sinusoidales de diferentes amplitudes y frecuencias (van Ravenswaaij y col., 1993).

Mary A Woo (1998) explica el análisis espectral comparándolo con un prisma que descompone la luz blanca, esto es, los intervalos RR del ECG, en un espectro de colores: una serie de componentes sinusoidales diferentes.

Las fluctuaciones que se obtienen serían las siguientes:

- Un componente de baja frecuencia (de 0.02 a 0.09 Hertzios (Hz) o ciclos/sg), mediado por los sistemas nerviosos simpático y parasimpático, la termorregulación, el tono vasomotor y los sistemas renina-angiotensina.
- Un componente de frecuencia media (0.09-0.15 Hz) que básicamente traduce los cambios barorreflejos de la FC.
- Un componente de alta frecuencia (0.15-0.40 Hz) una banda respiratoria vinculada muy estrechamente a la actividad parasimpática.

Otros autores (Perini y col., 1990; Yamamoto y col.,1991; van Ravenswaaij y col., 1993; Brenner y col., 1997) las refieren como:

- VLF o variaciones de frecuencia muy lenta, y coinciden en que reflejan la influencia de la circulación de neurohormonas, el tono vasomotor termorregulador y otras variaciones lentas en la actividad nerviosa autónoma.
- LF o variaciones de frecuencia lenta, que consideran mediadas conjuntamente por el sistema nervioso simpático y parasimpático. Para algunos sólo actividad simpática.
- HF, o de alta frecuencia, moduladas solamente por el sistema nervioso parasimpático.

Para que los resultados obtenidos puedan ser reproducibles hay que obtener el registro bajo condiciones estandarizadas (van Ravenswaaij y col., 1993). Los diversos componentes del espectro se observan mejor si los sujetos a estudiar permanecen:

- Reclinados en reposo, pues variará con la postura y el movimiento (Perini, 1993).
- A temperatura neutra, pues estarán influidos por la temperatura (Brenner y col.,1997).
- Respirando a un ritmo determinado, utilizando un metrónomo, para no producir variaciones en el componente HF al variar la tasa respiratoria (Brown y col., 1993).

Se ha demostrado que mediante el análisis espectral existe un gran porcentaje de componentes no analizables, o para los que no se encuentra explicación, que constituyen hasta un 80% de la variabilidad total de la FC de un individuo sano en reposo y alcanzan un valor mucho mayor cuando se altera la estabilidad (Yamamoto, 1996). Pueden reflejar el estado de los mecanismos reguladores cardiovasculares.

Habría que saber analizar ese "ruido inarmónico" o componente "fractal" cuando se pretende valorar condiciones de estados no estables o transitorios, o el ejercicio en situación real.

De momento los orígenes fisiológicos de los componentes fractales no están completamente explicados.

La actividad parasimpática influye especialmente en el comportamiento del intervalo RR, al responder mucho más deprisa que la rama simpática, por lo que se considera que la VFC refleja básicamente la influencia parasimpática (Woo, 1998).

Una VFC elevada está asociada a una actividad parasimpática aumentada y un tono simpático relativamente bajo. El tono parasimpático elevado está asociado a un estado cardioprotector, y, por tanto deseable. El tono simpático elevado está asociado a un umbral de fibrilación disminuido, arritmias ventriculares aumentadas y un riesgo de mortalidad aumentado (Woo, 1998).

### 3.2.2- INFLUENCIA DEL EJERCICIO SOBRE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La intensidad del ejercicio por encima del nivel en el que no existe modulación vagal de la FC, con aumento de la activación simpática neurohormonal, puede conllevar un riesgo incrementado de vulnerabilidad cardíaca (Tulppo y col., 1998).

Por otra parte, el ejercicio aeróbico habitual parece jugar un papel importante en el mantenimiento de la VFC, que se ha visto aumentada en hombres activos al compararlos con sedentarios de la misma edad y peso (De Meersman, 1993).

El ejercicio aeróbico habitual se asocia a un cambio favorable hacia la dominancia parasimpática. Dada la relación recíproca entre las dos ramas del sistema nervioso autónomo, un aumento de la influencia parasimpática podría dar lugar a una atenuación de la influencia simpática (De Meersman, 1993).

El ejercicio aeróbico a largo plazo se podría considerar como terapia cardioprotectora no farmacológica (De Meersman, 1993; Tulppo y col., 1998).

Tulppo y colaboradores (1998) apoyan el efecto beneficioso del buen acondicionamiento aeróbico sobre la función cardiovascular autonómica, con independencia de la edad, y sugieren que el entrenamiento confiere protección frente a la muerte súbita, al aumentar la función autonómica vagal sobre el sistema cardiovascular.

Lazoglu y colaboradores (1996) comparan deportistas con ejercitación sobre todo aeróbica (ciclistas), con otros con entrenamiento isométrico (halterofilicos) y con un grupo control sedentario, para valorar el efecto de los distintos tipos de ejercicio sobre la VFC de 24 horas de reposo relativo.

Las características basales de los tres grupos fueron similares. Se observó una correlación significativa entre el VO<sub>2</sub> máx (significativamente mayor en los ciclistas) y la desviación estándar del intervalo RR, pero no había correlación entre VO<sub>2</sub> máx. y los índices del análisis espectral.

Sugieren que excepto en el acondicionamiento aeróbico, los efectos del entrenamiento no afectaron la FC ni la VFC durante actividades de la vida cotidiana. Concluyen que cuando se efectúa un análisis de la VFC es necesario considerar el grado de actividad crónica del individuo, más que el tipo de ejercicio que realiza normalmente.

Perini y colaboradores (1990) encuentran que la potencia total de la variabilidad del intervalo RR disminuía 10, 100 y 500 veces respectivamente, a intensidades de ejercicio de 50, 100 y 150W en comparación con el reposo.

Yamamoto y colaboradores (1991) observan que con el aumento en la intensidad del ejercicio el componente de alta frecuencia de la variabilidad, indicador de actividad del Sistema Nervioso Parasimpático (SNPS), desciende progresivamente desde el reposo a una tasa de trabajo equivalente al 60% del umbral respiratorio y el indicador de actividad del Sistema Nervioso Simpático (SNS) se incrementa sólo cuando la intensidad del ejercicio excede el umbral ventilatorio.

Mediante el análisis cuantitativo latido a latido de los intervalos RR se demostró también que no existe modulación vagal de la FC cuando se sobrepasa el umbral ventilatorio (Tulppo y col., 1996).

Así pues la variabilidad disminuye con el aumento en la intensidad de ejercicio.

### 3.2.3- RESUMEN DE LA FISIOLÓGIA DE LA VARIABILIDAD DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

La fisiología de la VFC puede resumirse gráficamente en el siguiente esquema, adaptado de van Ravenswaaij y colaboradores (1993):

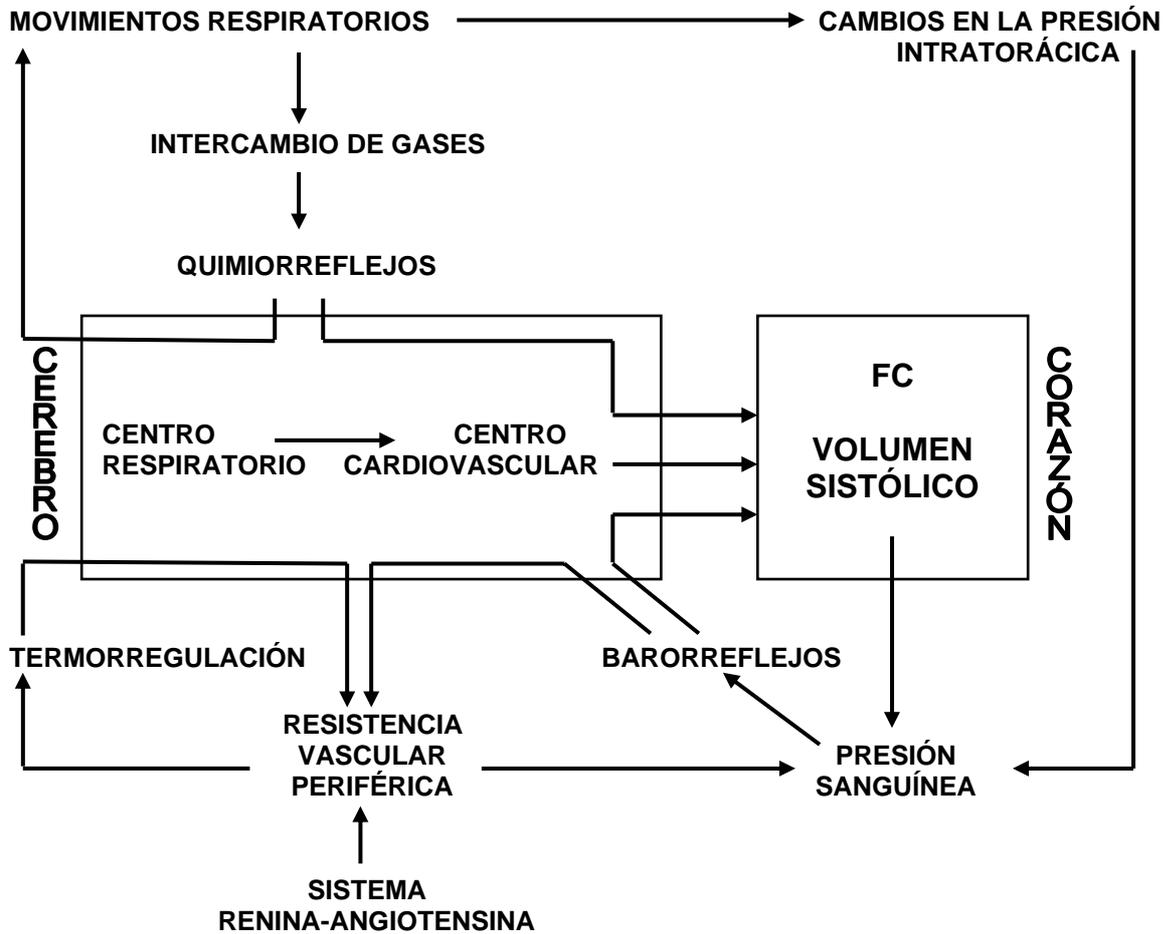


Figura 3: Esquema de los mecanismos de control cardiovascular responsables de las principales fluctuaciones periódicas de la FC.

### 3.3- FRECUENCIA CARDÍACA Y GASTO ENERGÉTICO

Existen varias maneras de calcular el Gasto Energético (GE) en humanos, desde la autovaloración mediante cuestionarios, al uso de podómetros o actómetros, calorimetría directa o indirecta y la técnica del agua doblemente marcada. Estos métodos no son prácticos por su alto coste y por interferir con la actividad realizada (McArdle y col., 1995).

Medir el consumo de oxígeno es la manera más exacta de determinar la carga metabólica del trabajo, pero los aparatos para medirlo pueden impedir la realización normal del mismo. Aunque los espirómetros portátiles han supuesto un gran avance, por permitir una gran libertad de movimientos al sujeto, existen actividades, como por ejemplo la musical, en las que su utilización es imposible, sobre todo en el caso de los músicos de viento.

La FC se puede utilizar para estimar el GE de la actividad física gracias a la asociación entre el aumento de la FC y del gasto de energía según aumenta la intensidad del esfuerzo o la duración del mismo (Ganong, 1974; Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995). Sin embargo esta estimación puede llegar a ser bastante inexacta en algunos individuos, ya que algunos autores refieren que existe un gran error individual debido a la relación no lineal de la FC y del consumo de oxígeno durante la actividad física diaria (Oka, 1998).

Durante el ejercicio intermitente la relación FC-GE puede no ser lineal (Achten y Jeukendrup, 2003):

- A bajos niveles de consumo la pendiente de la relación es casi plana, ligeros movimientos pueden incrementar la FC, mientras el GE, o sea el  $VO_2$  permanece casi igual.
- Por otra parte la FC responde de una forma relativamente lenta a los cambios en la tasa de trabajo. Por tanto, un incremento brusco en el nivel de trabajo podría no reflejarse inmediatamente en la FC como sí lo haría tras una adaptación al mismo de 3 a 5 minutos (estado estable).
- De manera similar, cuando la tasa de trabajo disminuye, la FC permanecerá elevada por algún tiempo y sólo gradualmente cambiará a la FC observada durante condiciones estables para esa tasa de trabajo inferior.

Ya hemos visto cómo multitud de factores diferentes de la actividad física pueden influir en la FC, como estrés emocional, temperatura ambiente, fármacos, tipo de contracción muscular,

hora del día... Según R. K. Oka (1998): "La medida de la FC por sí sola no proporciona una buena estimación de la actividad física. Una alternativa es el uso del porcentaje del tiempo en niveles específicos de FC durante la actividad, y el uso de la diferencia entre la FC en reposo y el promedio de la FC diaria".

No obstante, otros estudios habían confirmado la validez de la FC como indicador de GE e intensidad de trabajo físico, a pesar de todos los factores que puedan afectar la respuesta cardíaca durante el ejercicio (Boulay, 1995).

En 2003 Hiilloskorpi y col. estudian la relación entre FC y VO<sub>2</sub> para la estimación del GE en actividades de bajo y elevado nivel de intensidad, encontrando que dicha relación es lineal a todos los niveles de ejercicio. Señalan que la precisión de la estimación aumenta con las ecuaciones de predicción que utilizan la FC de reserva y la FC neta (FC de actividad - FC de reposo) y que incluyen las variables de sexo y peso corporal. Resaltan que los hallazgos de su estudio apoyan la validez del registro de la FC como método de valoración del gasto energético en situación de campo.

El registro de la FC se ha utilizado como medida estándar en la validación de cuestionarios y entrevistas estructuradas para valorar la actividad física diaria en grupos de niños y adolescentes (Sallis y col., 1993). Dichos autores consideraban que aunque la FC no es el método perfecto para medir la actividad física, sí se relaciona fuertemente con el consumo de oxígeno y resulta más práctica su determinación en un grupo que la medida de este último parámetro. La FC, además, puede verse afectada por variables psicológicas, pero éstas no producirían las elevaciones extremas y prolongadas de la FC que acompañan a las tandas de actividad física moderada a vigorosa. Frecuencias de 140 lpm y 160 lpm corresponden, según los autores, al 68% y 77% del VO<sub>2</sub> máx, para un niño de 13 años, lo que equivaldría a una actividad física "dura" y "muy dura".

Es importante recordar que la estimación de GE a partir de la FC es específica para cada deporte o actividad. Aunque la energía para cada actuación es generada por las mismas reacciones metabólicas, dichas reacciones están aisladas dentro de los músculos específicos activados por el ejercicio. Cada prueba requiere diferentes componentes neurológicos o de destreza que tienden a causar más variación (McArdle y col., 1995).

Åstrand subraya que el registro de la FC en vinculación con una carga de trabajo se debe efectuar durante el trabajo (Åstrand y Rodahl, 1985).

Para Åstrand, la experiencia subjetiva de una persona en cuanto a una carga particular de trabajo, o a un ritmo de trabajo, está relacionada más estrechamente con la FC que con el consumo de oxígeno durante la realización de la actividad, pues el pulso en el trabajo, además de la carga real del mismo, refleja factores emocionales, calor, tamaño de los grupos musculares que participan... (Åstrand y Rodahl, 1985).

Medir la FC resulta fácil y accesible, sobre todo con los pulsómetros actuales, que son muy cómodos, no interfiriendo con prácticamente ninguna actividad, por lo que se han convertido en una herramienta muy útil en la valoración de la carga física laboral (Solé, 1991; Montoliu y col.,1995) y en el control de los deportistas (Gorrotxategui y Algarra, 1996; O'Toole y col., 1998; Fernández-García y col., 2000).



## **4- MONITORIZACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA**

Los monitores de FC (MFC) han pasado de ser grandes aparatos utilizables solo en laboratorios, hacia 1900, a tener un tamaño de reloj de pulsera en los últimos años. En la actualidad la mayoría de los atletas lo utilizan de manera regular para monitorizar su entrenamiento y planificar la intensidad del mismo, por la precisión de las medidas recogidas y su capacidad de almacenaje de datos (Achten y Jeukendrup, 2003).

### **4.1- HISTORIA DE LOS MONITORES DE FRECUENCIA CARDÍACA**

Durante siglos la valoración de la FC consistía en aplicar el oído directamente sobre el pecho del paciente. Hace 200 años René Laennec inventó el estetoscopio, lo que hizo posible escuchar más precisamente el latido cardíaco. Al comienzo del siglo XX (1903) el fisiólogo holandés Willem Einthoven desarrolló el primer electrocardiógrafo. Con un ECG es posible registrar gráficamente la actividad eléctrica del corazón. Poco después se desarrolló el monitor Holter, un electrocardiógrafo portátil capaz de grabar continuamente el ECG de un individuo durante 24 horas. Sin embargo la caja de control del Holter es relativamente grande y los cables necesarios para grabar el ECG hacen que este monitor no sea apropiado para registrar la actividad cardíaca durante el ejercicio en todas las condiciones.

En la década de los 80 apareció el primer MFC sin cables, consistente en un transmisor que puede llevarse aplicado al pecho mediante electrodos desechables o un cinturón elástico y un receptor, con el tamaño de un reloj de pulsera, que el sujeto porta en la muñeca.

El desarrollo de este monitor relativamente pequeño dio como resultado la utilización en aumento de los MFC por los atletas. Como consecuencia, la medida objetiva de la FC ha reemplazado a la más subjetiva percepción del esfuerzo como indicador de la intensidad del ejercicio.

En los 20 años siguientes al desarrollo del primer monitor, los MFC han aumentado su capacidad de memoria. Esto permite el almacenamiento de datos de FC de varias sesiones de ejercicio que pueden después ser “descargados” a un ordenador, posibilitando así el análisis del entrenamiento, carrera o test de ejercicio. Además, recientemente los MFC pueden ir equipados con un registro de consumo de calorías, valoración del consumo máximo de oxígeno ( $V_{O_2}$  máx) o el cálculo de la VFC (Achten y Jeukendrup, 2003).

## **4.2- PRECISIÓN DE LOS MONITORES DE FRECUENCIA CARDÍACA**

Según la revisión de Achten y Jeukendrup (2003), los monitores de FC más fiables son aquellos que llevan los electrodos en el pecho, entre los cuales se encuentran los Polar Sport Tester, con un error menor de un latido por minuto cuando se compara con registros de ECG. Dichos monitores se consideran válidos y fiables durante condiciones de estrés físico y mental. Además, las medidas obtenidas de VFC se han mostrado así mismo válidas y fiables.

## **4.3- APLICACIONES DE LOS MONITORES DE FRECUENCIA CARDÍACA**

### **4.3.1- MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE EJERCICIO**

Es la aplicación más importante de la monitorización de la FC. La FC muestra una relación casi lineal con el  $VO_2$  a intensidades submáximas y por tanto estima con precisión la intensidad del ejercicio (Åstrand y Rodahl, 1985).

Sin embargo, como ya se ha dicho, hay que tener en cuenta que la relación entre FC y  $VO_2$  es individual, y para estimaciones más exactas de la intensidad del ejercicio la relación debe ser determinada para cada individuo.

Midiendo  $VO_2$  y FC concurrentemente sobre una variedad de intensidades en un laboratorio, obtendremos la FC correspondiente a cada intensidad de ejercicio, o lo que es lo mismo los porcentajes de FCMax de cada individuo en relación al  $\%VO_{2m\acute{a}x}$  alcanzado por dicho individuo.

La monitorización de la FC permitirá posteriormente predecir la intensidad del ejercicio en el campo, siempre que las condiciones del ejercicio sean las mismas (McArdle y col., 1995).

La FC, por tanto, nos permitiría clasificar el ejercicio en términos de intensidad relativa y establecer así un protocolo de entrenamiento individualizado.

### **4.3.2- DETECTAR / PREVENIR EL SOBREENTRENAMIENTO**

El sobreentrenamiento en atletas se produce por estrés o agotamiento de larga duración, debido al desequilibrio entre el entrenamiento y otros estresores externos y la recuperación. El síntoma cardinal del sobreentrenamiento o su forma menos grave, la sobrecarga, es el descenso en los resultados durante la actuación. Algunos síntomas adicionales serían la fatiga precoz, cambios en el estado de ánimo, calambres musculares y trastornos del sueño.

Hasta ahora no se ha determinado ningún marcador único de sobreentrenamiento. Sin embargo, los cambios en el Sistema Nervioso Autónomo (SNA) debidos al sobreentrenamiento pueden reflejarse en cambios en la FC y la VFC, que podrían detectarse precozmente con la monitorización (Achten y Jeukendrup, 2003).

La monitorización de la FC es muy útil en la detección precoz del sobreentrenamiento, especialmente en combinación con curvas de lactato y cuestionarios. Durante el sobreentrenamiento la FC máxima, así como las submáximas, pueden estar descendidas, mientras las de reposo y especialmente las del sueño pueden estar aumentadas (Jeukendrup y Van Diemen, 1998).

#### 4.3.3- ESTIMACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO Y GASTO ENERGÉTICO

Como se ha dicho anteriormente, tanto el  $VO_2$  como la FC se incrementan linealmente con el aumento en la intensidad de ejercicio hasta casi el ejercicio máximo.

Se ha sugerido que el acondicionamiento aeróbico de un individuo se refleja en la pendiente de la curva FC- $VO_{2m\acute{a}x}$ . El entrenamiento de resistencia reducirá la FC tanto en reposo como durante el ejercicio submáximo para un  $VO_2$  dado (McArdle y col., 1995). Al mejorar el acondicionamiento cardiovascular se reduce gradualmente la FC para un mismo nivel de ejercicio o  $VO_2$ . Para seguir mejorando hay que ajustar la progresión de la intensidad del ejercicio con las mejoras conseguidas mediante el entrenamiento; habrá que aumentar la carga de trabajo utilizando como guía una determinada FC preestablecida (McArdle y col., 1995).

#### ESTIMACIÓN DEL $VO_2$ máx.

En los años 50-60 Åstrand desarrolló un nomograma para predecir el  $VO_{2m\acute{a}x}$  basándose en la FC alcanzada en una prueba de esfuerzo de 6 minutos a una intensidad conocida junto con los datos de peso corporal y sexo del sujeto (Åstrand y Rodahl, 1985).

Otro método usado frecuentemente comprende ejercicio a tres intensidades diferentes. Los datos de FC y  $VO_2$  se anotan y se obtiene una línea que, extrapolándose hasta la FC Máxima Teórica (FCMT) del sujeto ( $220 - \text{edad en años}$ ) (Åstrand y Rodahl, 1985), da una estimación del  $VO_2$  máx del sujeto.

Estos métodos de obtención del  $VO_2$  máx asumen la premisa de que la relación entre la FC y el  $VO_2$  es lineal en todo el rango de intensidades de esfuerzo; sin embargo, en algunos sujetos,

esta línea sigue una curva o llega a ser asintótica con las cargas más intensas de trabajo, lo que indica un aumento mayor de lo esperado en el consumo de oxígeno por unidad de aumento en la FC; por tanto una extrapolación basada en la reacción de la FC a cargas submáximas subestimarán el VO<sub>2</sub> máx (Åstrand y Rodahl, 1985; McArdle y col., 1995).

Además, hay que tener en cuenta que la desviación estándar de la predicción de FC máxima para un mismo grupo de edad es de aproximadamente  $\pm 10$  latidos por minuto, en consecuencia cabe la posibilidad de sobreestimar o subestimar a un número considerable de sujetos (Åstrand y Rodahl, 1985).

La variabilidad diaria de la FC puede también causar un error en la estimación del VO<sub>2</sub> máx real (Achten y Jeukendrup, 2003).

Se ha sugerido que el VO<sub>2</sub> máx estimado a partir de la FC submáxima puede desviarse un 10 a un 20% del valor real de la persona. Con frecuencia se subestima a la persona no entrenada (Åstrand y Rodahl, 1985). A pesar de este alto porcentaje los tests son útiles para evaluar a individuos que no pueden realizar un test de esfuerzo máximo (por ej. ancianos), pero hay que tener en cuenta que los métodos de estimación están validados únicamente para una población de individuos sanos, jóvenes o de edad media y mujeres no embarazadas.

Otra objeción a esta estimación viene de la mano de Crisafulli y colaboradores (2005), quienes advierten de algunos fenómenos que disocian las respuestas de FC y VO<sub>2</sub> en situaciones de campo, tales como el llamado “cardiac drift”, fenómeno que aparece cuando la duración del ejercicio excede los 20 minutos y que conlleva una elevación lenta y continua de la FC a pesar de valores estables de VO<sub>2</sub>. Esta disociación también ocurre en el stress por calor, deshidratación, así como en el ejercicio que conlleva una sobreproducción de CO<sub>2</sub>. Dado que la hipercapnia causa taquicardia, cuando un ejercicio se lleva a cabo más allá del umbral de ácido láctico, con acumulación del mismo, el exceso de CO<sub>2</sub> producido perturba la relación FC / VO<sub>2</sub> causando una sobreestimación de la intensidad del ejercicio. En situaciones que implican tandas repetidas de sobreesfuerzo y recuperación hay que ser cautos a la hora de extrapolar valores de VO<sub>2</sub> a partir de los de FC.

## ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

La relación entre FC y VO<sub>2</sub> no solo se usa para predecir el VO<sub>2</sub> máx, también la estimación del GE puede basarse en esta relación.

Como se ha dicho, para cada persona la FC y el VO<sub>2</sub> tienden a estar relacionados de manera lineal durante una gran parte de la gama de trabajos aeróbicos. Si se conoce esta relación precisa, se puede utilizar la FC durante el ejercicio para estimar el VO<sub>2</sub> y posteriormente calcular el GE durante otras formas de actividades similares. Este enfoque se ha utilizado cuando medir directamente el VO<sub>2</sub> durante la actividad no era posible (McArdle y col., 1995).

Así pues, aunque usar la FC para estimar el GE es práctico, presenta el problema de determinar la similitud entre la prueba de laboratorio, para establecer la relación de la FC y el VO<sub>2</sub>, y la actividad específica a la que se aplica.

En resumen, cuando la FC se usa para estimar el VO<sub>2</sub> máx o el GE, se presume una relación lineal entre FC y VO<sub>2</sub>. Aunque esto es cierto para un amplio rango de intensidades, durante intensidades muy altas o muy bajas la relación se vuelve no lineal. Además, cuando se dan cambios rápidos desde baja a elevada intensidad o viceversa, la respuesta de la FC está retrasada. Esto introducirá un pequeño error cuando se utiliza la FC para estimar VO<sub>2</sub> máx o GE. Por tanto se sugiere que la FC sea usada para valorar estos parámetros a nivel de grupo. (Achten y Jeukendrup, 2003).

Contra la visión de que la relación entre FC y GE es casi plana a niveles bajos de GE, Hiilloskorpi y col. (2003) muestran una relación similar durante actividades físicas ligeras y tests de ejercicio incremental sobre tapiz rodante ascendente. Consideran, junto a otros autores, que las curvas FC- VO<sub>2</sub> calibradas individualmente en laboratorio son el método más preciso para predecir el GE en cada sujeto.

#### **4.4- VALORACIÓN DE LA CARGA FÍSICA MEDIANTE LA MONITORIZACIÓN DE LA FC**

Según la Norma Técnica de Prevención del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales número 295, elaborada por Dolores Solé (1991), la medida de la FC nos permite estudiar las reacciones derivadas de:

- Las condiciones de trabajo:
  - Carga física de trabajo tanto dinámica como estática.
  - Carga emocional de trabajo: reacción al ruido, al estrés...
  - Carga térmica.
- Las propias del individuo:
  - Digestión.
  - Estado emocional particular.
  - Ritmo biológico propio.
  - Estado de salud: integridad cardíaca, condición física...

El análisis de la FC nos permite estudiar la carga física desde dos puntos de vista bien diferenciados, aunque complementarios:

##### **Cualitativo**

El estudio del perfil de la FC a lo largo del día, durante las horas de trabajo, nos permite detectar aquellas operaciones en las que la demanda cardíaca es intensa; e incluso compararlas según sea el turno de trabajo (mañana, tarde, noche).

## Cuantitativo

Los valores que se pueden obtener a partir de la monitorización de la FC son:

- FC de reposo (FCR).
- FC media de trabajo (FCM), media de todos los valores obtenidos durante el periodo determinado.
- Costo Cardíaco Absoluto:  $CCA=FCM-FCR$ . Nos permite estudiar la tolerancia individual de un trabajador frente a una tarea determinada. Nos da sólo una idea aproximada de la carga física de un puesto de trabajo.
- Costo Cardíaco Relativo:  $CCR=CCA/FCMT-FCR$ . Este índice nos da una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo. Se utiliza como FCMT (Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica) el valor  $220-\text{edad}$ , con lo que se asume un error de un 5 % con respecto a la real que se determinaría mediante una prueba de esfuerzo.
- Aceleración de la FC:  $\Delta FC=FCMax(t)^* - FCM$ .

\*FCMax (t) = FC máxima alcanzada durante el trabajo

A partir de estos valores podemos categorizar el puesto de trabajo estudiado según la carga física que representa.

La valoración tanto individual como colectiva se realizará utilizando:

- La propuesta de Frimat. Para las fases cortas del ciclo de trabajo.
- La propuesta de Chamoux. Para el estudio global y duraciones de la jornada laboral de ocho horas consecutivas.

4.4.1- Tabla de los coeficientes de penosidad según los criterios de FRIMAT

COEFICIENTE DE PENOSIDAD					
	1	2	4	5	6
<b>FCM</b>	90-94	95-99	100-104	105-109	≥110
<b>ΔFC</b>	20-24	25-29	30-34	35-39	≥40
<b>FCMax(t)</b>	110-119	120-129	130-139	140-149	≥150
<b>CCA</b>	10	15	20	25	≥30
<b>CCR</b>	10%	15%	20%	25%	≥30%

*La determinación del puntaje se efectuará mediante la suma de los coeficientes correspondientes a los cinco parámetros medidos*

Valoración de las puntuaciones

≥25 puntos: extremadamente duro	18 puntos: soportable
24 puntos: muy duro	14 puntos: ligero
22 puntos: duro	12 puntos: muy ligero
20 puntos: penoso	≤10 puntos: carga física mínima

Como valoración de referencia más sencilla se puede utilizar la siguiente clasificación:

<b>Demanda cardíaca</b>	<b>FCM</b>	<b>ΔFC</b>
Importante	>110	>30
Soportable	100 a 110	20 a 30
Aceptable	<100	<20

Conclusiones:

La utilidad de la FC como método de evaluación no es cuestionable; ha sido empleada en aspectos tan diversos como:

- Evaluación de la carga física.
- Evaluación de un puesto de trabajo o de una fase.
- Evaluación de una aptitud.
- Reinserción de incapacitados.
- Evaluación de una intervención.

Åstrand ya había presentado con anterioridad una clasificación de la intensidad del trabajo físico según los siguientes rangos de FC (Åstrand y Rodahl, 1985):

**Clasificación del trabajo físico prolongado en función de la reacción de la FC**

Trabajo liviano.....	hasta 90 lpm
Trabajo moderado.....	90-110 lpm
Trabajo pesado.....	110-130 lpm
Trabajo muy pesado.....	130-150 lpm
Trabajo sumamente pesado.....	150-170 lpm

Estos datos se refieren a individuos normales de 20 a 30 años.

En 1995 Fletcher aconseja utilizar una clasificación que evite la influencia de la edad en la determinación de la intensidad del esfuerzo, que sobrevaloraría a los más jóvenes. Para ello establece los niveles de intensidad en función del porcentaje de frecuencia cardíaca alcanzado, tomando la FCMT (220-edad) como el 100% (Fletcher y col., 1995):

<b><u>Intensidad del esfuerzo</u></b>	<b><u>% de la FCMT</u></b>
Muy ligero.....	<35
Ligero.....	35-59
Moderado.....	60-79
Pesado.....	80-89
Muy pesado.....	≥90

Esta clasificación se basa en 20-60 minutos de entrenamiento de resistencia.

Las recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM, 1998) consideran el uso de la FC para la estimación de la intensidad del entrenamiento como la norma común, y en ellas se describe la relación entre la intensidad relativa del ejercicio y el porcentaje de FCMax, mostrando una clasificación de la intensidad de la actividad física basada en sesiones de 60 minutos de duración, que varía ligeramente respecto a la clasificación previamente señalada:

<b>Intensidad del esfuerzo</b>	<b>% de la FCMT</b>
Muy liviana.....	<35
Liviana.....	35-54
Moderada.....	<b>55-69</b>
Fuerte.....	<b>70-89</b>
Muy fuerte.....	≥90
Máxima.....	100

La estimación indirecta de la carga de trabajo sobre la base de la FC, registrada en forma continua, revela un cuadro general del nivel de actividad global durante todo el día de trabajo. Sería posible separar las diferentes actividades según el comportamiento de la FC.

Comparando la FC del individuo durante su trabajo con la reacción de la FC a cargas de trabajo conocidas y crecientes sobre un ergómetro, se puede convertir la FC en el VO<sub>2</sub> de manera aproximada (Åstrand y Rodahl, 1985).

El registro continuo de la FC permite una recopilación de datos que reflejan la carga de trabajo durante dicho registro. Estos datos se podrán analizar cuantitativamente y de manera visual observando las curvas de FC obtenidas. Esta información ofrece una evaluación amplia y dinámica del esfuerzo circulatorio impuesto por cargas de trabajo de intensidad variable (Åstrand y Rodahl, 1985).

#### 4.4.2- EJEMPLOS DE CURVAS DE REGISTRO CONTINUO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

(Tomadas de Åstrand y Rodahl, 1985)

La primera (Figura 4) muestra el registro cardíaco de un pescador de red de 21 años en diversas fases de su jornada laboral: A- Arreglar y echar la red. B- Sangrar y limpiar el pescado. C- Otras actividades no especificadas. D- Reposo. E- Descarga de la pesca en el muelle. Así mismo se muestra la distribución de la FC y medias de la misma durante las cinco actividades señaladas.

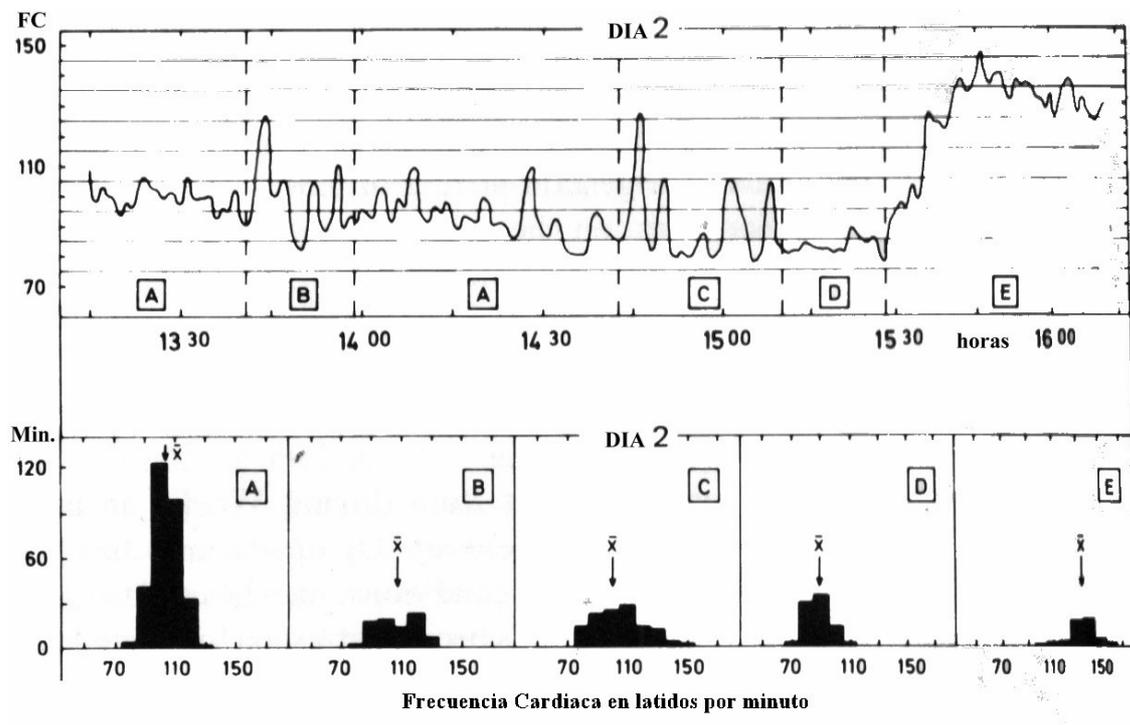


Figura 4: Arriba: Curva de FC del periodo de observación, al que corresponden las siguientes actividades: A-Arreglar y echar la red. B- Sangrar y limpiar el pescado. C- Otras actividades no especificadas. D- Reposo. E- Descarga de la pesca en el muelle.

Abajo: Distribución de la FC y medias de la misma durante las cinco actividades señaladas.

Se observa que la mayor parte del tiempo la FC está entre 85-90 y 110-120 lpm, siendo la media 110 lpm. Teniendo en cuenta la edad del trabajador, esa FC corresponde a un 55,27 % de la FCMT (FC Máxima Teórica). En la última media hora de la jornada laboral, durante la descarga de la pesca, (E), la FC media se sitúa alrededor de 135 lpm, esto es, un 67,83 % de la FCMT.

A continuación (Figura 5) gráfica que representa la curva de FC de un esquiador durante 90 min. de esquí sobre rodillos en una ruta de montaña.

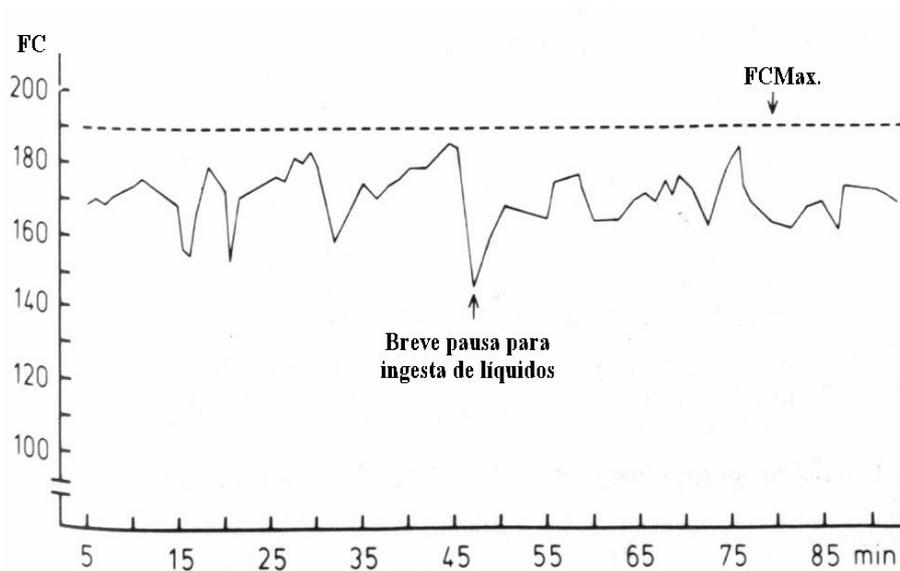


Figura 5: curva de FC de un esquiador durante 90 min. de esquí en una ruta de montaña.

La FCMax. del atleta está marcada con trazo discontinuo a 190 lpm. La curva sitúa la FC media del trayecto en torno a los 170 lpm, lo que supone un 89,47 % de la FCMT.

En la Figura 6 se muestra el registro de FC de un futbolista de alto nivel durante un partido importante. La curva muestra una FC variable que alterna periodos de elevado esfuerzo con breves pausas. La FC media durante los 90 min. del partido fue de 175 lpm que equivale al 92,59 % de la FCMT, lo que se considera un esfuerzo muy pesado.

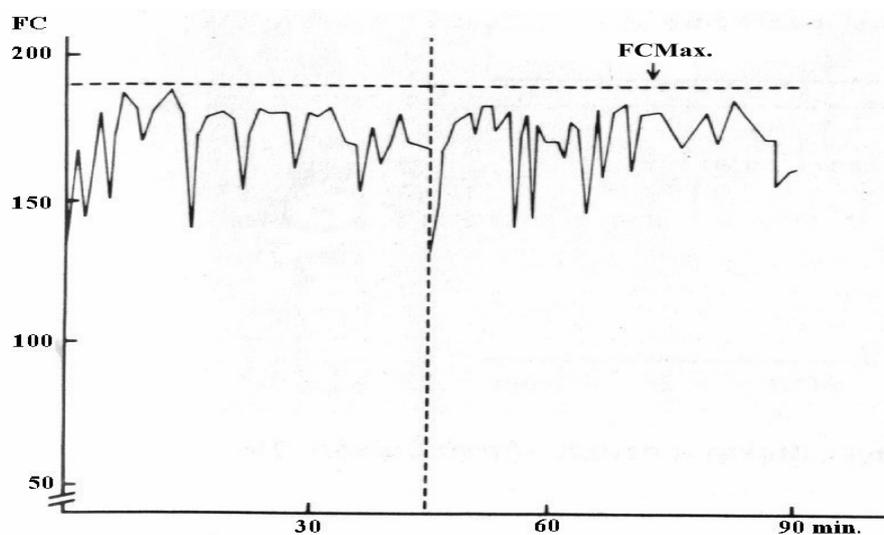


Figura 6: Registro de la FC de un futbolista de alto nivel durante un partido importante.

Las dos gráficas siguientes corresponden a dos jugadores de tenis de mesa de alto nivel durante sendos partidos. En la primera (Figura 7) la FC se mantiene cerca del nivel máximo:

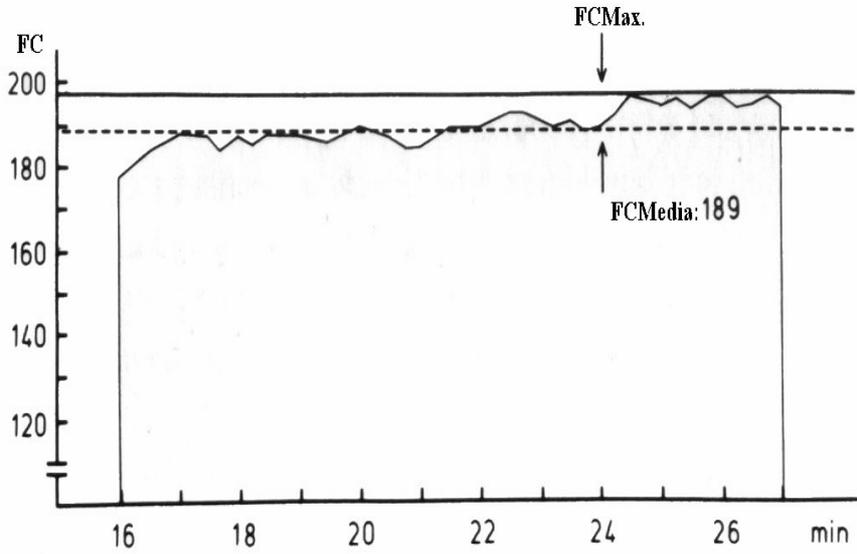


Figura 7: Registro de la FC de un jugador de tenis de mesa durante un partido.

En la segunda (Figura 8), se observa el descenso de la FC según avanza un partido en el que el jugador va perdiendo:

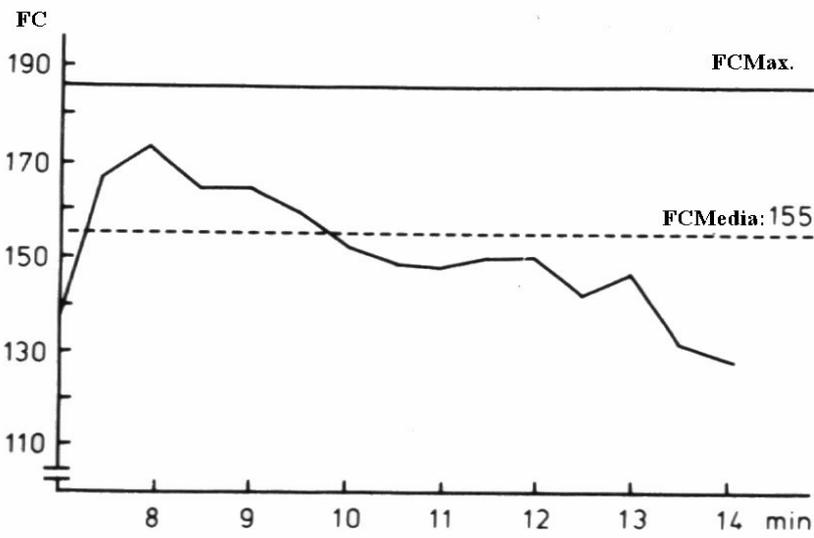


Figura 8: Registro de la FC de un jugador de tenis de mesa que va perdiendo el partido.

Las Figuras 9 y 10 corresponden a las curvas de FC de un destacado jugador de badminton en dos partidos internacionales en dos modalidades: Individual y Dobles.

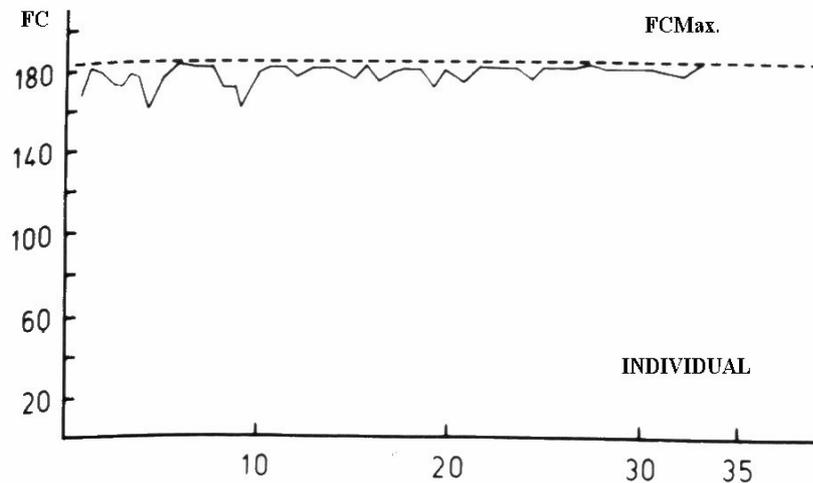


Figura 9: Curva de FC de un jugador de badminton en un partido internacional. Modalidad Individual.

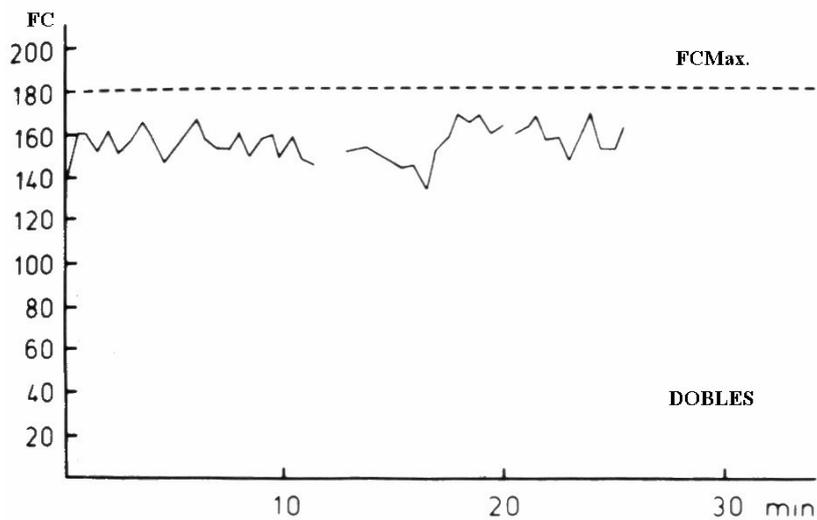


Figura 10: Curva de FC de un jugador de badminton en un partido internacional. Modalidad Dobles.

Los registros efectuados mostraron que durante importantes partidos internacionales los jugadores alcanzaban valores de FC cercanos al máximo en los partidos individuales, mientras que en los dobles la FC era claramente inferior (Åstrand y Rodahl, 1985).

Los ejemplos anteriores representan, según la Clasificación del trabajo físico prolongado en función de la reacción de la FC, referida por Åstrand, trabajos sumamente pesados.

Si se observa la figura 8, el partido continúa pero la FC va disminuyendo a la vez que el jugador pierde interés, según refiere Åstrand en el texto que acompaña la gráfica. Y añade que un gran porcentaje de la FC alcanzada por estos jugadores sobresalientes es debido al gran estado de alerta y concentración que presentan durante el juego.

En resumen, la monitorización de la FC es un método fiable y ampliamente utilizado en el mundo laboral, recreativo y deportivo para la valoración del esfuerzo físico que conlleva cada actividad.



## 5- CARGA DE TRABAJO FÍSICO Y GASTO ENERGÉTICO EN MÚSICOS

Tal como se mencionó en la introducción, el conocimiento actual sobre la carga de trabajo y la demanda energética de la actividad de un músico profesional es muy escaso.

Tanto Åstrand como McArdle ofrecen tablas de gasto energético para diferentes actividades. El listado de Åstrand (Åstrand y Rodahl, 1985) no incluye a músicos. Sí los incluye McArdle dentro de una lista de 173 actividades domésticas, recreativas y deportivas (McArdle y col., 1995). No refieren el método utilizado para la obtención de los datos.

En la tabla que muestra McArdle, la actividad de tocar un instrumento es de las que menos gasto energético conlleva. Por ejemplo, para una persona de 65 kg, *tocar el acordeón* supone un gasto de 2,1 Kcal/min, *tocar la batería* 4,3 Kcal/min y *tocar la trompa* 1,9 Kcal/min, el mismo gasto que *escribir sentado*.

Valores semejantes ofrecen Ainsworth y colaboradores en 1993, en un compendio que enumera más de 500 actividades de acuerdo con sus valores en METS (equivalente metabólico. Según McArdle 1 MET equivale a 1,25 Kcal/min, para un hombre de 65 kg.).

La autora hace su clasificación basándose en tablas previas y diversos cuestionarios. En el caso de los músicos, aclara en el apéndice, “la mayor variación dependerá de la situación en la que se toca (banda de marcha, orquesta, grupo de rock, tocar de pie en el escenario, en una iglesia, actuación o estudio...)”. Dicho compendio no diferencia las diversas situaciones excepto para la “banda de marchas y tocar la guitarra”. El costo en METS va desde 1,8 para tocar el acordeón hasta los 4 que asigna al batería o al músico de banda desfilando (Ainsworth y col., 1993).

En la publicación “Guías de actuación clínica en cardiología dirigidas a la Atención Primaria de la Sociedad Española de Cardiología” (1997), también se muestra una Tabla de consumo energético estimado para diversas actividades (Alijarde y col., 1997). Analizan 33 actividades distintas y sus correspondientes consumos en METS.

En la Guía referida, el consumo más elevado lo tiene *jugar al squash* (12,1 METS), y el menor *escribir* (1,7 METS), seguido de *tocar un instrumento de viento- madera* (1,8 METS). *Tocar la flauta* con 2 METS, es el tercer consumo más pequeño reflejado en la lista.

Dicha Guía se obtiene a partir de un informe especial elaborado por Fletcher y colaboradores (1995), los cuales refieren que las categorías están basadas en la experiencia de su tolerancia, señalando que “si una actividad fuera percibida como de mayor intensidad que la indicada, debería ser juzgada de forma acorde a esta percepción subjetiva”. En dicho estudio no se describe a qué músicos evaluaron, ni a qué nivel de exigencias estaban sometidos, ni de qué edad, ni si coincide, en el caso de los músicos, la tasa de esfuerzo percibido con la demanda circulatoria real durante la actividad.

Según estas Guías la demanda energética requerida para tocar un instrumento es mínima, por lo que sería una actividad supuestamente bien tolerada por un cardiópata que pueda caminar en llano. ¿Es así realmente?.

En 1965 Stadler y Szende publicaron un trabajo, con intenciones pedagógicas, sobre función respiratoria y consumo de oxígeno durante la interpretación de obras para violín de Bach, Paganini y Veracini, observando respiraciones más profundas en Bach, acompañadas de mayor consumo de oxígeno, y menor número de respiraciones y menor consumo de oxígeno en las obras de Paganini y Veracini (Stadler y Szende, 1965).

Son muy pocos los estudios que valoran la demanda física y fisiológica del trabajo del músico profesional a pesar de la necesidad e interés que ello tiene.

## **OBJETIVOS**



## **OBJETIVOS**

Dado que, a pesar del gran número de horas diarias que dedican a su actividad laboral, la carga física y fisiológica del trabajo de los músicos profesionales está muy poco estudiada y considerando que la FC es un indicador válido demostrado de la carga fisiológica del trabajo, los objetivos de este estudio son:

- Cuantificar la frecuencia cardíaca en músicos profesionales durante su trabajo, es decir, durante:
  - Ensayos
  - Conciertos
  
- Comparar las FC obtenidas con la FC máxima teórica de cada sujeto.
  
- Valorar las diferencias de la demanda cardíaca en las diversas situaciones de la actividad laboral de los músicos profesionales.



## **SUJETOS Y MÉTODOS**



# SUJETOS Y MÉTODOS

## 1- DISEÑO EXPERIMENTAL

Colaboraron 62 músicos (profesionales o estudiantes de últimos cursos de carrera) de 16 instrumentos diferentes, que fueron divididos en 5 grupos:

- 1- Músicos de viento
- 2- Músicos de cuerda
- 3- Piano
- 4- Percusión
- 5- Músicos de música clásica del Norte de la India

A los sujetos se les instruyó en la utilización de pulsómetros telemétricos.

Los sujetos utilizaron el pulsómetro telemétrico para grabar su FC durante:

- Sesiones de estudio personal
- Ensayos
- Conciertos públicos

La FC recogida se transfería después a una base de datos para su análisis y correlación con la Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica (FCMT) de cada sujeto.

A un subgrupo de sujetos se les realizó una prueba de esfuerzo en cicloergómetro para valorar su FCMax real y compararla con la FCMT.

Al inicio de este estudio se decidió emplear la fórmula más usada, en ese momento, para el cálculo de la FCMT, esto es,  $220 - \text{edad}$ . A pesar de las dudas metodológicas que se plantearon posteriormente (Robergs y Landwehr, 2002), decidimos mantener dicha fórmula.

Todos los registros realizados (509) se analizaron individualmente descartando los que tenían errores de grabación o interferencias, seleccionando sólo los correctos (452). Las pérdidas fueron debidas a olvidos de conexión, interferencias entre pulsómetros, excesiva distancia sensor- receptor, o manejo incorrecto del aparato.

El número de registros se refiere al número de ellos válidos para su análisis.

En el **Anexo** se incluye un listado de los autores y las obras musicales en las que los músicos se monitorizaron, especificando el instrumentista participante.



## 2- SUJETOS

Han participado en el estudio 62 músicos, 20 mujeres y 42 hombres, de 15 a 71 años, todos voluntarios, a los que se les explicó el estudio y dieron su consentimiento informado.

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de la Universidad de Oviedo.

Todos eran profesionales o estudiantes de últimos cursos de grado medio y superior de los conservatorios de la región, con clara proyección profesional.

La mayoría de los registros se realizaron entre 1999 y 2002.

### **INSTRUMENTOS CON LOS QUE PARTICIPARON, SUJETOS Y REGISTROS ANALIZABLES EN SITUACIÓN DE ENSAYO Y DE CONCIERTO**

INSTRUMENTOS	SUJETOS	REGISTROS	ENSAYO	CONCIERTO
ARPA	1	1	1	
CLARINETE	10	99	48	51
CONTRABAJO	2	10	3	7
FAGOT	1	19	2	17
FLAUTA	4	37	15	22
OBOE	3	17	7	10
PERCUSIÓN	2	19		19
PIANO	10	89	43	46
SITAR	1	2		2
TABLA	1	3		3
TROMBÓN	2	3	2	1
TROMPA	2	12	2	10
TROMPETA	3	22	3	19
VIOLA	5	17	6	11
VIOLÍN	10	82	34	48
VIOLONCHELO	5	20	11	9
Total	62	452	177	275

Como se mencionó anteriormente, para este estudio se dividieron los sujetos en cinco grupos.

## 2.1- MÚSICOS DE VIENTO

Del total de músicos de viento (21 hombres y 4 mujeres):

- 15 forman o han formado parte de la plantilla de músicos de la Orquesta Sinfónica del Principado de Asturias (OSPA) o de la Orquesta Sinfónica Ciudad de Oviedo (OSCO).
- 4 son profesores de los conservatorios de Oviedo o Gijón.
- 1 es un flautista de música *folk*.
- 5 eran estudiantes de cursos superiores en el momento del estudio (actualmente son profesores con titulación superior).

Instrumentos	Sujetos	Registros	Ensayos	Conciertos
CLARINETE	10	99	48	51
FAGOT	1	19	2	17
FLAUTA	4	37	15	22
OBOE	3	17	7	10
TROMBÓN	2	3	2	1
TROMPA	2	12	2	10
TROMPETA	3	22	3	19
Total	25	209	79	130

### Características de los sujetos

Instrumento	Sujetos	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)
CLARINETES	1	32	76,5	1,85
	2	27	70	1,70
	3	27	80	1,85
	4	35	85	1,78
	5, mujer	22	53	1,66
	6, mujer	27	47	1,57
	7	20	77	1,77
	8	17	78	1,76
	9, mujer	23	60	1,73
	10	20	60	1,65
FAGOT	1	34	67	1,74
FLAUTA	1	29	75	1,89
	2	31	68	1,68
	3, mujer	25	51	1,59
	4	22	80,3	1,74
OBOE	1	32	80,2	1,66
	2	18	67	1,78
	3	24	69	1,77
TROMBÓN	1	37	70	1,76
	2	37	105,1	1,73
TROMPA	1	18	68	1,85
	2	36	81,1	1,84
TROMPETA	1	33	68	1,63
	2	29	95	1,76
	3	28	83	1,73
Total	25 sujetos			
Media		27,32	72,56	1,73
Desv. Standard		6,26	13,08	0,08

## 2.2- MÚSICOS DE CUERDA

De los 22 sujetos (14 hombres y 8 mujeres):

- 10 pertenecen a la OSPA.
- 1 se registró mientras tocaba como chelista copríncipal en la orquesta “Los Virtuoso de Moscú”.
- 1 es profesora del conservatorio superior de Oviedo.
- 10 eran estudiantes de los cursos superiores durante el estudio, y son profesores con titulación superior en el momento actual.

Instrumento	Sujetos	Registros	Ensayos	Conciertos
CONTRABAJO	2	10	3	7
VIOLA	5	17	6	11
VIOLÍN	10	82	34	48
VIOLONCELLO	5	20	11	9
Total	22	129	54	75

Se incluye en este apartado al ARPA

Instrumento	Sujeto	Registros	Edad	Peso	Talla
ARPA	1	1	36	52	1,56

Un único registro de la arpista de la OSPA durante la prueba acústica de un concierto como solista, (no válido el registro durante el concierto).

### Características de los sujetos

Instrumento	Sujetos	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)
CONTRABAJO	1	53	85	1,78
	2	47	75	1,80
VIOLONCELLO	1	50	60	1,68
	2, mujer	42	68	1,69
	3, mujer	19	56	1,61
	4, mujer	18	55	1,60
	5, mujer	20	65	1,64
VIOLA	1, mujer	16	59	1,68
	2	24	82	1,85
	3	52	78	1,65
	4	29	69,5	1,70
	5	33	60	1,62
VIOLÍN	1, mujer	18	52	1,60
	2	20	67	1,78
	3	34	75	1,60
	4	30	80,3	1,83
	5, mujer	19	53	1,63
	6	22	51	1,73
	7, mujer	71	73	1,67
	8	22	70	1,75
	9	26	69	1,76
	10	37	75	1,74
Total	22 sujetos			
Media		31,9	67,17	1,69
Desv. Standard		14,84	10,24	0,07

### 2.3- PIANO

Participaron 10 pianistas (7 mujeres y 3 hombres) de los cuales:

- 1 es pianista de la OSPA.
- 2 son profesores del conservatorio superior de Oviedo.
- 1 es profesor del conservatorio profesional de Gijón.
- 6 son estudiantes de los últimos cursos o recién graduados.

Instrumento	Sujetos	Registros	Ensayos	Conciertos
PIANO	10	89	43	46

#### Características de los sujetos

Sujetos	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)
1	21	60	1,65
2, mujer	20	50	1,64
3, mujer	19	55	1,60
4, mujer	45	53	1,62
5, mujer	41	63	1,62
6	43	85	1,65
7, mujer	19	45	1,56
8, mujer	21	49	1,60
9	41	70	1,67
10, mujer	20	61,5	1,74
Media	29	59,15	1,63
Desv. Standard	11,69	11,780	0,048

## 2.4- PERCUSIÓN

Los dos percusionistas participantes en el estudio pertenecen a la OSPA.

Instrumento	Sujetos	Registros	Ensayos	Conciertos
PERCUSIÓN	2	19	-	19

### Características de los sujetos

Sujetos	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)
1	35	83,4	1,85
2	39	67	1,71
Media	37	75,2	1,78

## 2.5- MÚSICOS DE MÚSICA CLÁSICA DEL NORTE DE LA INDIA

Así mismo se monitorizaron dos músicos de raza hindú que ofrecieron conciertos de música clásica típica del norte de la India. Los dos son concertistas de ámbito internacional.

Instrumento	Sujetos	Registros	Ensayos	Conciertos
SITAR	1	2	-	2
TABLA	1	3	-	3

### Características de los sujetos

Sujetos	Edad	Peso	Talla
SITAR	35	75	1,70
TABLA	32	65	1,69
Media	33,5	70	1,69

### 3- TEST DE ESFUERZO

A un grupo de 15 sujetos, todos voluntarios, se les realizó un examen médico que incluyó historia clínica, exploración física, peso, talla, tensión arterial, electrocardiograma, espirometría y un test de esfuerzo progresivo en cicloergómetro, hasta la extenuación. La descripción de los sujetos participantes se muestra a continuación. Los resultados del test se encuentran dentro del apartado RESULTADOS en la TABLA 20.

#### Características de los sujetos que participaron en el test de esfuerzo

Sujetos	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (m)
CLARINETE 1	33	76,5	1,85
CLARINETE 4	35	85	1,78
CLARINETE 10	20	60	1,65
FAGOT	34	67	1,74
FLAUTA 4	22	80,3	1,74
OBOE 2	33	80,2	1,66
OBOE 3	27	69	1,77
TROMBÓN 2	39	105,1	1,73
TROMPA 2	36	81,1	1,85
TROMPETA 2	30	95	1,76
PERCUSIÓN 1	36	83,4	1,85
PIANO 3 (mujer)	19	55	1,60
PIANO 5 (mujer)	43	63,1	1,62
VIOLA 4	31	69,5	1,70
VIOLÍN 4	30	80,3	1,83
Media	31,2	76,7	1,74
Desv. Standard	6,8	13,23	0,08



#### **4- MANEJO DE LOS PULSÓMETROS**

A los individuos se les enseñó el manejo del pulsómetro y se les permitió que se lo llevaran a casa para familiarizarse con él. Deberían ponerlo en marcha antes de empezar el estudio o salir al escenario, guardárselo en el bolsillo fuera de su vista, y apagarlo al terminar el ensayo o actuación.

Se les pidió que registraran su frecuencia cardíaca en las diversas situaciones de su actividad profesional, esto es:

Durante el estudio personal.

Durante los ensayos:

Como solistas.

Como miembros de grupos de cámara.

Como miembros de orquestas.

Durante las actuaciones públicas. En este apartado se incluían además exámenes, concursos y pruebas de selección para orquestas. Así mismo:

Como solistas.

Como miembros de grupos de cámara.

Como miembros de orquestas.

A los músicos de la Orquesta Sinfónica del Principado de Asturias se les pidió que registraran su frecuencia cardíaca:

Durante el ensayo general por la mañana.

Durante el concierto público, ese mismo día por la noche.

Durante la repetición del mismo concierto, en otro teatro de la región, con el mismo director, al día siguiente a la misma hora.

Esto mismo se les pidió a solistas y/o grupos de cámara con varias actuaciones con un mismo programa, con el fin de valorar la respuesta cardíaca ante una demanda semejante.

Se muestran ejemplos de curvas de registro cardíaco en músicos en las páginas 83 a 105.

Se registraron la FC con pulsómetros Sport Tester PE4000 (Polar®, Finland). El pulsómetro se programó para obtener la FC con un intervalo de 5 segundos.

Los datos recogidos se transfirieron a un ordenador y mediante el software Polar Advantage Interface System, se obtenía, de manera gráfica, el comportamiento de la FC en cada circunstancia registrada, así como los valores de FC máxima, mínima y media y el día y la hora del registro realizado.

No se registró de manera objetiva la temperatura ambiente en cada circunstancia en concreto. En el Reglamento de régimen interno de la Joven Orquesta Sinfónica Ciudad de Oviedo, en su artículo 25, sobre seguridad e higiene en el trabajo y medidas de prevención de riesgos, se puede leer: “...La temperatura mínima en lugares de ensayos, conciertos, camerinos o lugares destinados a los alumnos/as será de 16°. La carencia de este requisito podrá dar lugar a la suspensión del concierto....” Se asume que dicha norma ha sido respetada.

La participación de los músicos en el estudio ha sido muy variada, desde aquellos que decidieron registrarse en una sola ocasión, hasta los que permitieron un seguimiento continuado durante las distintas facetas de su actividad como músico, como son:

- Estudio personal y clases.
- Ensayos y conciertos con orquesta, dentro de todo un rango de responsabilidades: solista, principal, coprincipal, segundo.
- Ensayos y conciertos interpretando Música de Cámara.
- Estudio, ensayo y conciertos como solistas.
- Exámenes, Concursos y Pruebas de Selección para Orquestas.



En las imágenes uno de los músicos muestra el pulsómetro con el que registrará su frecuencia cardíaca durante un concierto público con orquesta.





## 5- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El objetivo del análisis estadístico fue comprobar si existía variación significativa en los valores de los porcentajes de la FCMT de la FCM y la FCMax (variables dependientes) en relación a las distintas situaciones de la actividad del músico.

Como paso previo, se comprobó, mediante el test de Shapiro-Wilk, si las variables dependientes se ajustaban a una distribución normal. La muestra se obtuvo con los registros de los conciertos de viento y cuerda juntos. Los %FCMT, tanto para los valores de FC media como máxima mostraron distribuciones que difirieron significativamente de una distribución normal (Figura 11). Debido a esto se optó por la utilización de Tests no paramétricos para los análisis de contraste de hipótesis.

Los registros de piezas musicales diferentes pertenecientes al mismo músico no pueden considerarse como muestras estadísticamente independientes (*pooling falacy*, Hulbert, 1984; Martin y Bateson, 1993). Por tanto, en el análisis consideramos como unidades de muestreo a los músicos individuales y no a las obras musicales, para evitar la pseudorreplicación (Hulbert, 1984; Martin y Bateson, 1993). Para ello agrupamos todas las obras interpretadas por cada músico y consideramos el valor promedio de las variables obtenidas (FC máxima y media y sus correspondientes porcentajes de la FCMT).

Las actividades de interés a comparar fueron la situación de ENSAYO frente a la de CONCIERTO, para la misma obra tocada por el mismo individuo, y la de CONCIERTO 1 frente a CONCIERTO 2, cuando un mismo individuo se registraba en dos conciertos repetidos con el mismo programa musical. Las comparaciones se realizaron mediante el *Test de Wilcoxon* para muestras emparejadas.

Así mismo se utilizó el test de Wilcoxon para comparar la FCMax real con la FCMT en el subgrupo de 15 sujetos a los que se les realizó el test de esfuerzo.

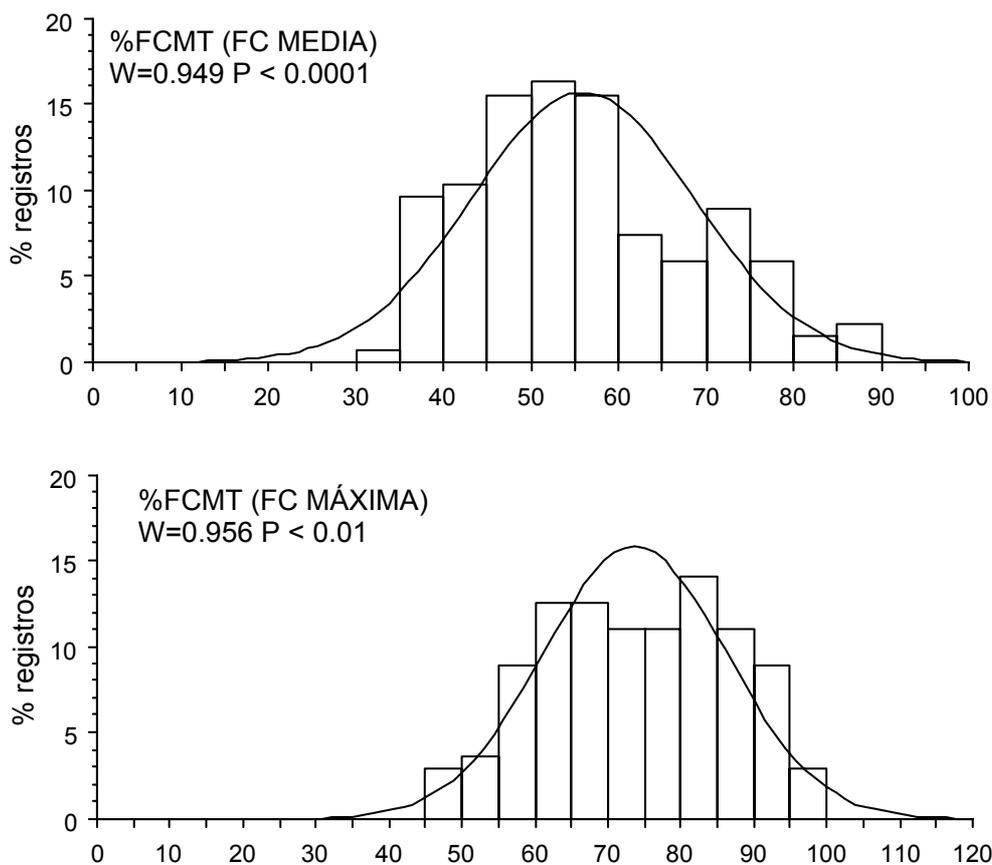


Figura 11: Histograma de distribución de los valores de los %FCMT de la FCM, arriba y de la FCMax, abajo. Se muestra también la línea teórica de distribución normal y el resultado del test de *Shapiro-Wilk*.

El análisis estadístico de los datos se realizó con los siguientes programas:

Stat View 4 (1995), Abacus Concept Inc. Berkeley, California

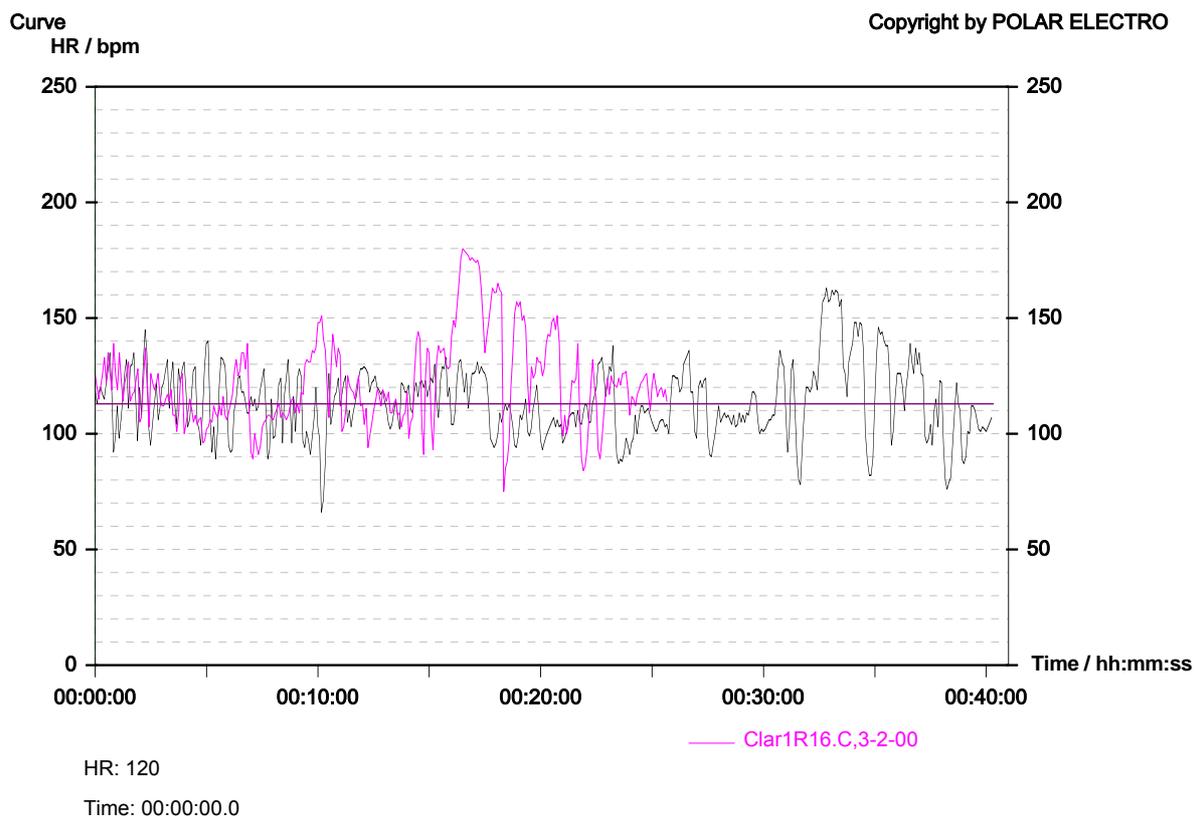
JMP4 (2001) SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

**EJEMPLOS DE CURVAS DE REGISTRO CONTINUO DE LA  
FRECUENCIA CARDÍACA EN MÚSICOS**

*“He dicho en alguna parte que no bastaba oír la música, sino que era necesario verla”*

Igor Stravinski (Poética musical)

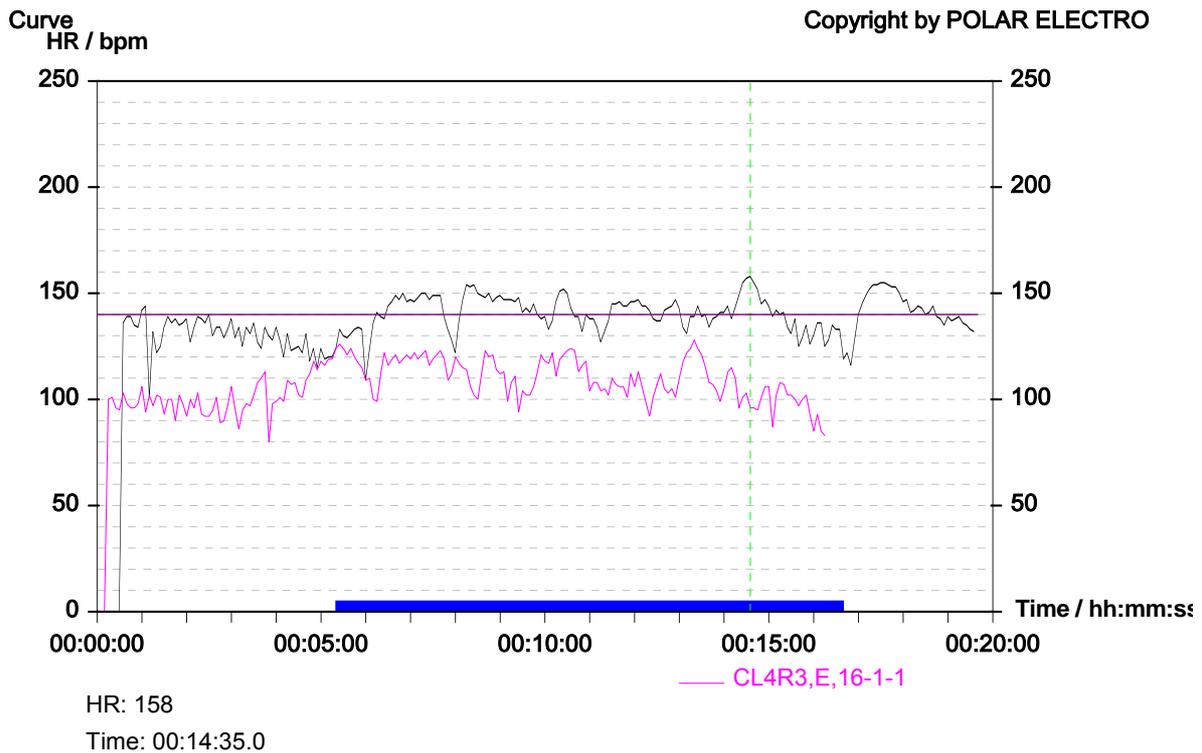




Person	.	Date	03/02/2000	Average	113 bpm	Recovery	0
Exercise	Clar.1R14.E,3-2-00	Time	11:02:01	Duration of exercise: 00:40:17.7			
Note	Ensayo.Dir.:José Luis Temes.Milhaud:La creación del mundo						

Gráfica 1

Curvas obtenidas de los registros cardíacos del Clarinetista nº 1 en situación de ENSAYO y de **CONCIERTO** de la misma obra musical (registros número 14 y 16). El trazado del ensayo es más largo por las explicaciones del director, pero se puede observar la similitud de la curva, con frecuencias más altas durante el concierto público.

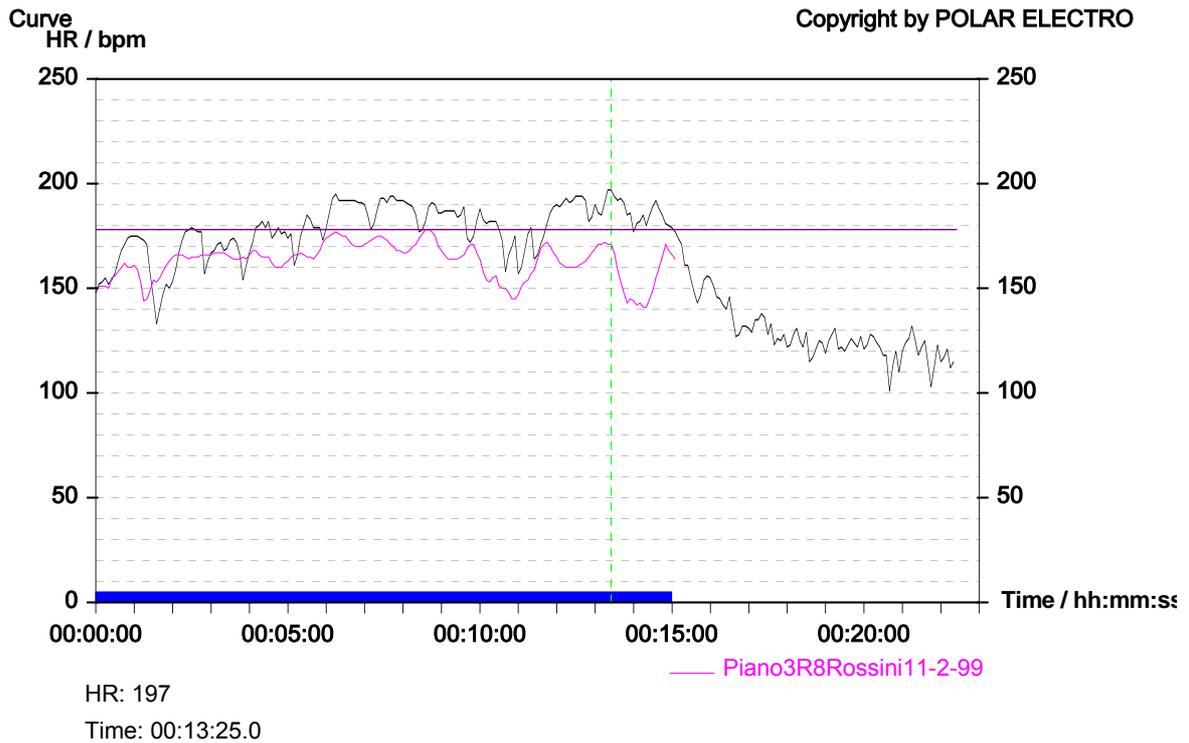


Person	.	Date	16/01/2001	Average	140 bpm	Recovery	5
Exercise	CL4R4,C,16-1-1	Time	20:59:56	Duration of exercise: 00:19:38.0			
Note	L.Berio:Secuencia para clarinete,IXa.Audit.Conserv.Oviedo Selected period is: 00:05:20 - 00:16:40 (00						

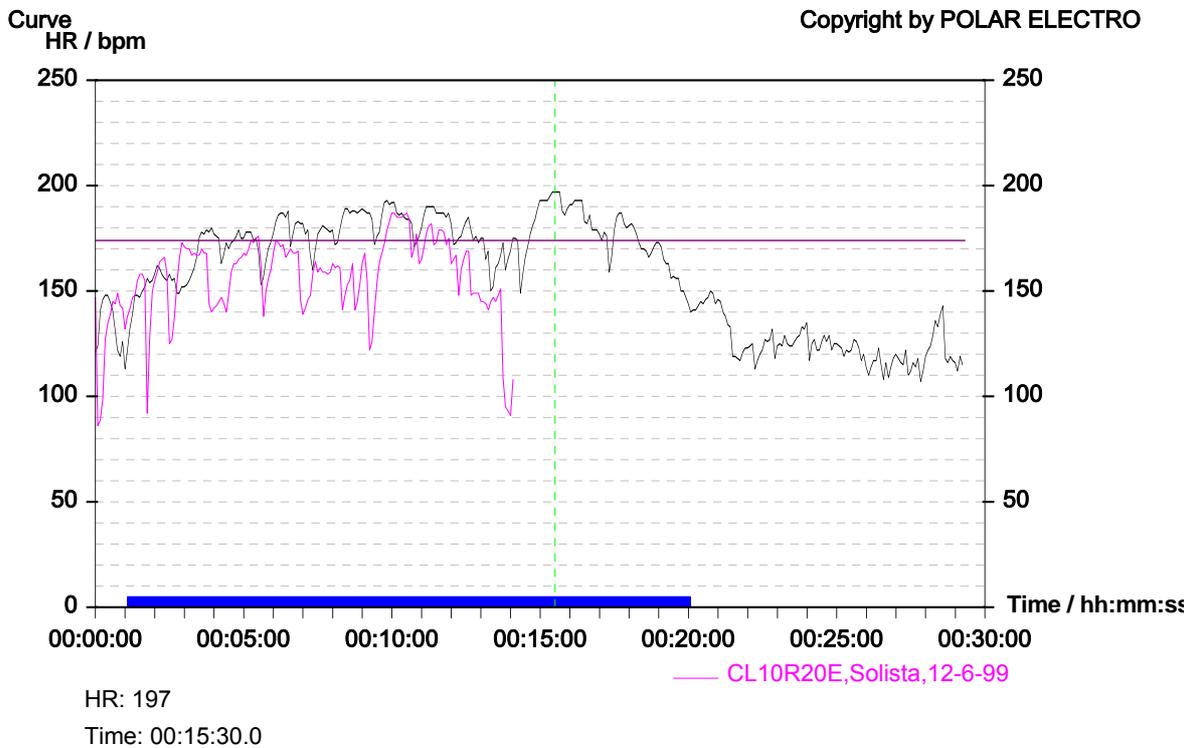
Gráfica 2

Curvas superpuestas de los registros cardíacos números 3 y 4 del Clarinetista nº 4, durante un ENSAYO y el CONCIERTO público de la misma obra, en este caso para clarinete solo. Así mismo se observan frecuencias cardíacas más altas durante el concierto que durante el ensayo.

En la página siguiente, las Gráficas 3 y 4 muestran los registros del Clarinetista nº 10 tocando la misma obra, un concierto para instrumento solista, arriba con acompañamiento de piano (curva en color, Pianista nº3) y abajo acompañado por orquesta. En la imagen inferior están superpuestas las curvas del ensayo y la del concierto público con orquesta. En ambos conciertos públicos se observa la misma frecuencia cardíaca máxima (197 lpm) en el mismo punto de la obra. La curva del ensayo con la orquesta es similar pero con frecuencias un poco más bajas. La marca azul en la base de la gráfica indica la parte del registro que corresponde a la interpretación de la obra, que es la parte analizada.

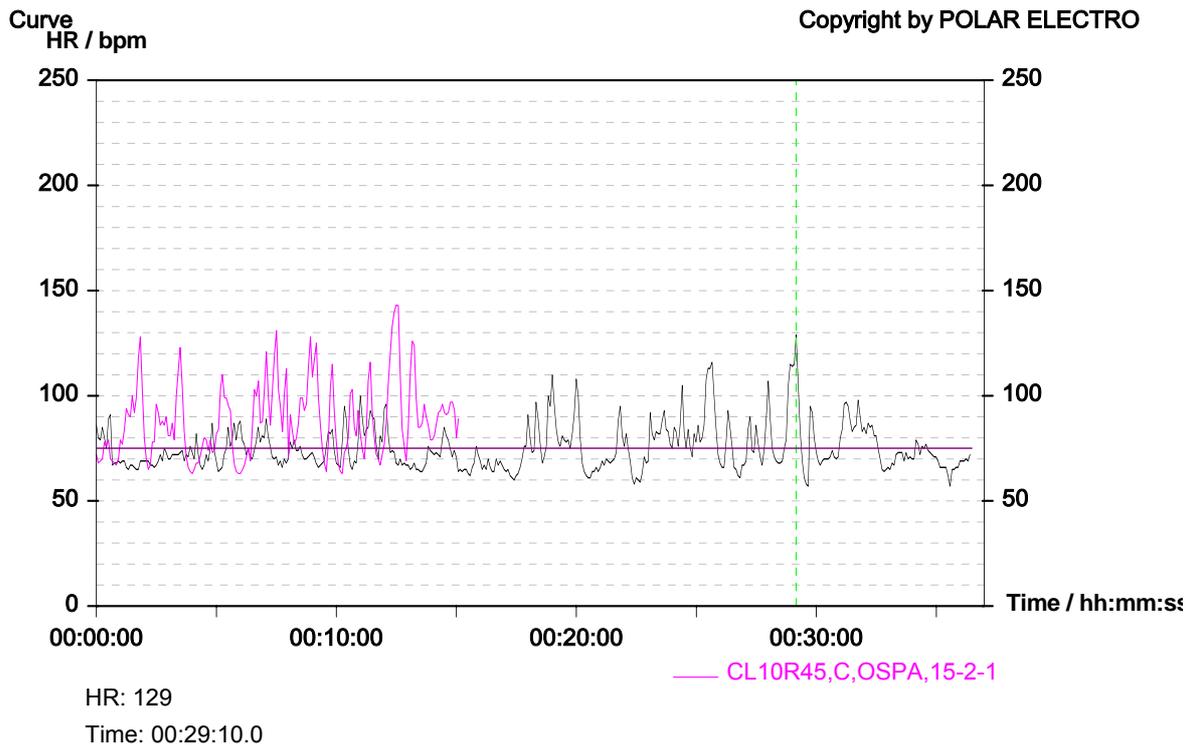


Person	.	Date	11/02/1999	Average	178 bpm	Recovery	-31
Exercise	CL10 R14RossiniC,11-2-99	Time	20:35:25	Duration of exercise: 00:22:22.0			
Note	Introducción, Tema y Variaciones.Sala muy cómoda para Seleccionar periodo: 00:00:00 - 00:15:00 (00						



Person	.	Date	12/06/1999	Average	174 bpm	Recovery	-18
Exercise	CL10R21,Csolista12-6-99	Time	20:24:36	Duration of exercise: 00:29:17.9			
Note	Se sentía muy atento,podía controlar orquesta, público y Seleccionar periodo: 01:05 - 00:20:05 (00						

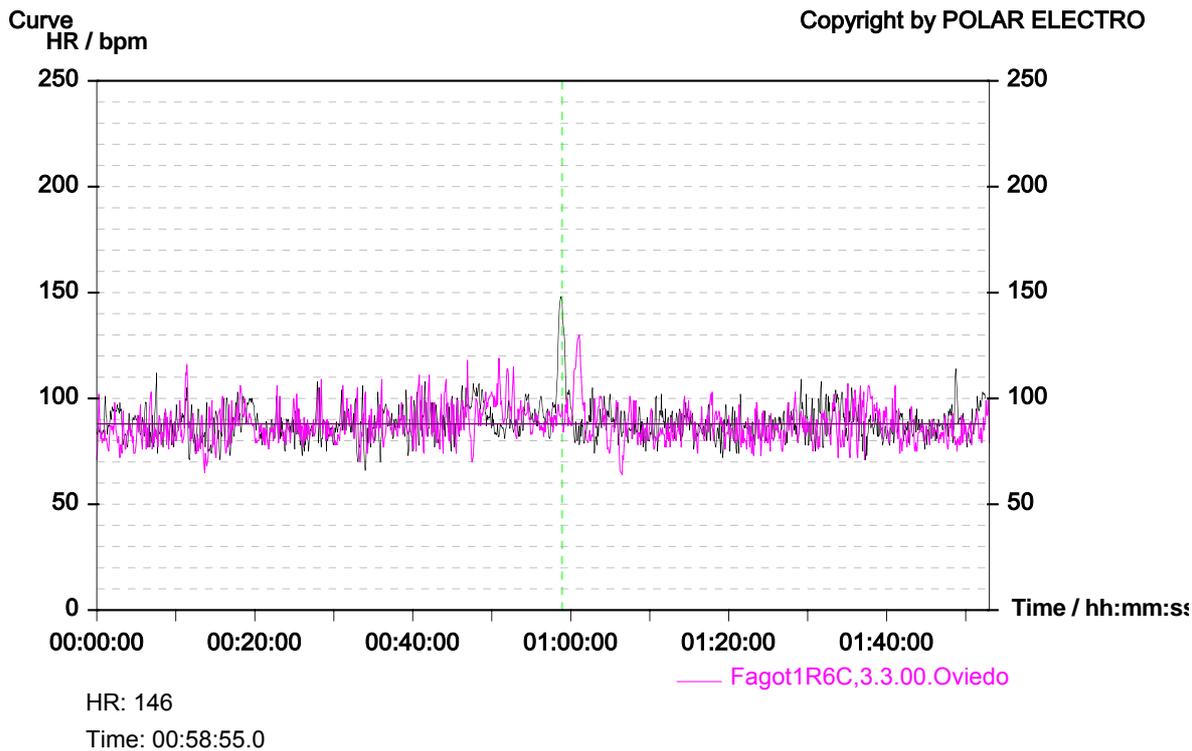
Gráficas 3 y 4



Person	.	Date	15/02/2001	Average	75 bpm	Recovery	0
Exercise	CL10R44,E,OSPA,15-2-01	Time	10:43:54	Duration of exercise: 00:36:28.7			
Note	Ens.OSPA.C.Chavez:Sinf.nº2"India".Clar.en Si b,2º.Dir:Jorge Mester						

Gráfica 5

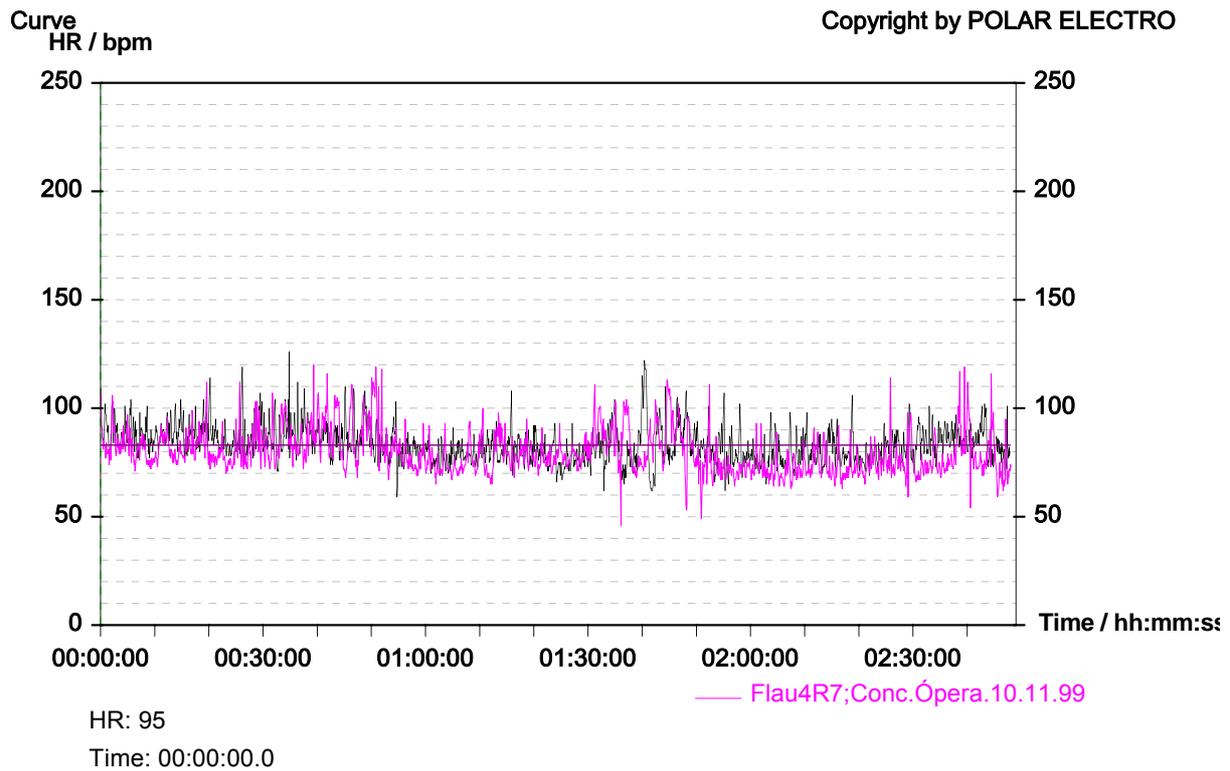
El mismo clarinetista anterior, Clarinetista nº 10, formando parte de la orquesta en un papel secundario, durante el ENSAYO, y durante el **CONCIERTO**.



Person	.	Date	02/03/2000	Average	88 bpm	Recovery	0
Exercise	Fagot1R5.C,2.3.00.Gijón	Time	20:00:03	Duration of exercise: 01:52:30.6			
Note	Fagot pral. Debussy: peq. suite. Mozart: S. n°25 Solm, K183. Prokofiev: Sn°5 Sib Mop. 100						

Gráfica 6

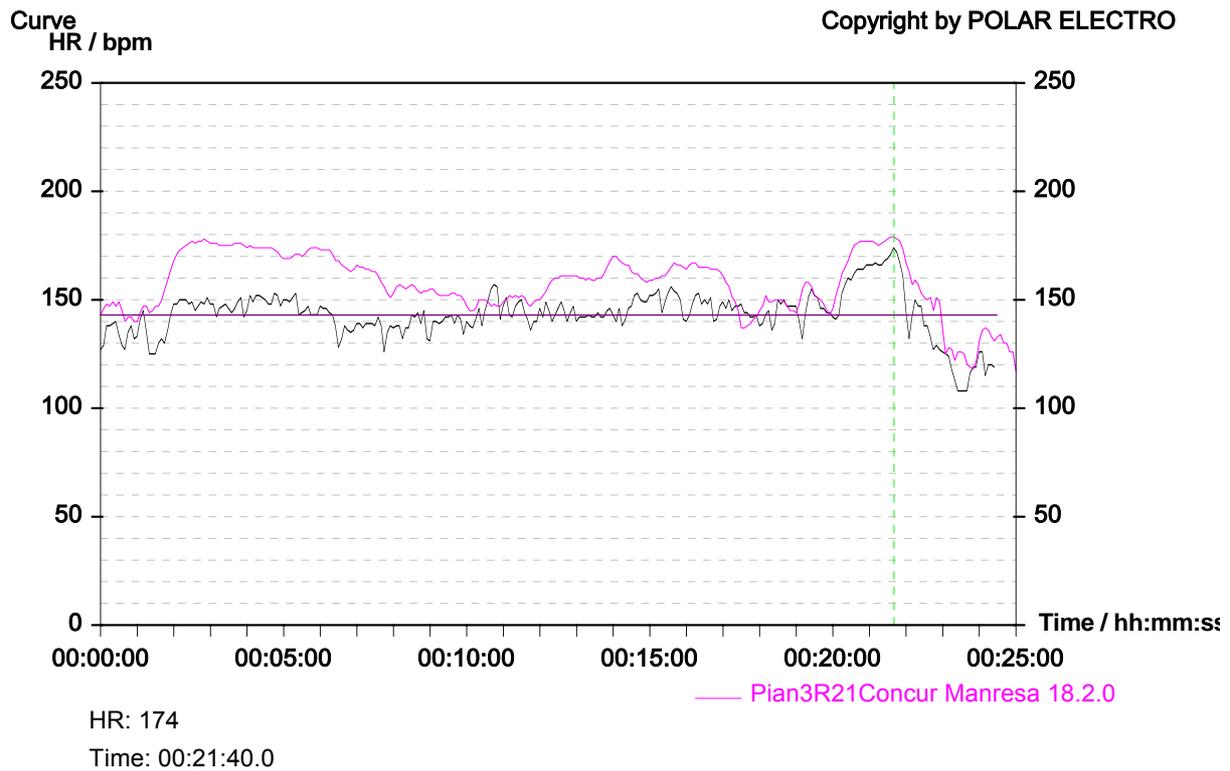
Curvas superpuestas de los registros cardíacos 5 y 6 del Fagotista nº1, correspondientes a dos conciertos públicos (situación CONCIERTO 1-CONCIERTO 2), dos días consecutivos con el mismo programa y el mismo director a la misma hora del día. Se observa un trazado similar.



Person	.	Date	09/11/1999	Average	83 bpm	Recovery	0
Exercise	Flau4R6;ensay ópera.9.11.99	Time	20:03:06	Duration of exercise: 02:48:00.0			
Note	Verdi: Otello.						

Gráfica 7

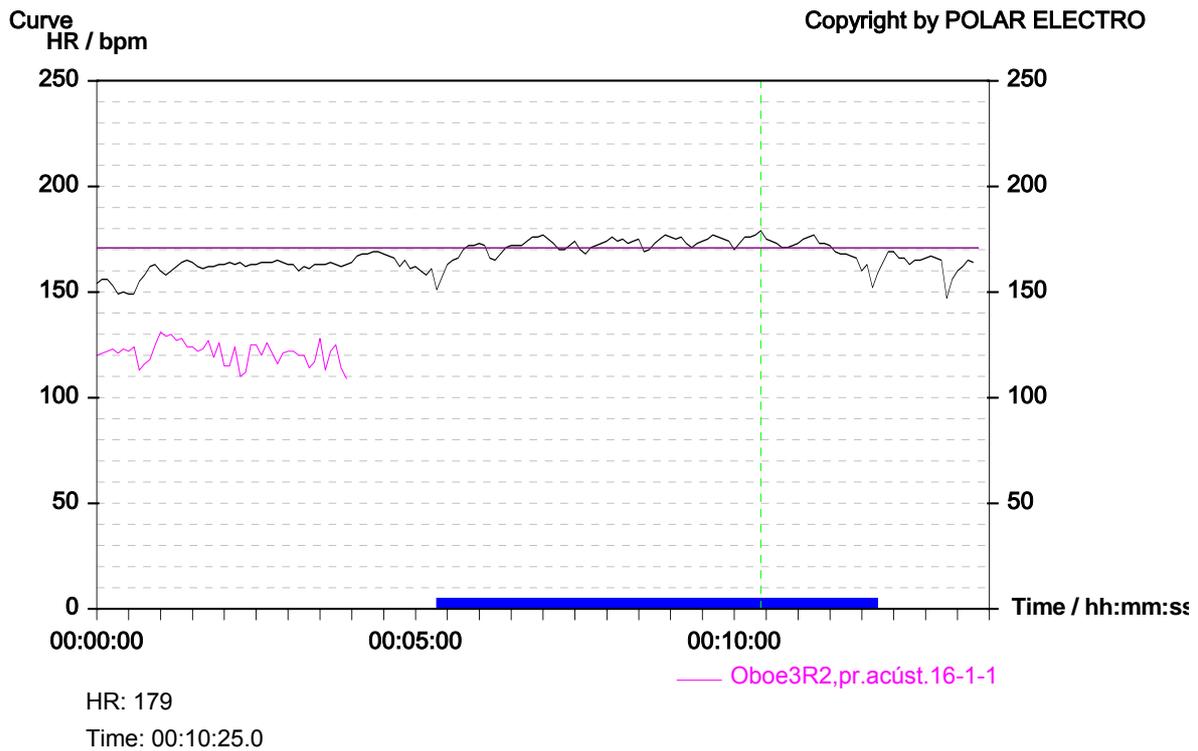
Flautista nº4 en situación de ENSAYO y **CONCIERTO** formando parte de una orquesta durante un programa de ópera. A destacar la similitud del trabajo cardíaco en las dos ocasiones.



Person	.	Date	18/02/2000	Average	143 bpm	Recovery	0
Exercise	Flau4R16;Concur Manresa18.2.0	Time	16:11:42	Duration of exercise: 00:24:25.5			
Note	C.Ph.Bach:Sonata en Si b.A.Timossi:Díptico.(3ºprem)						

Gráfica 8

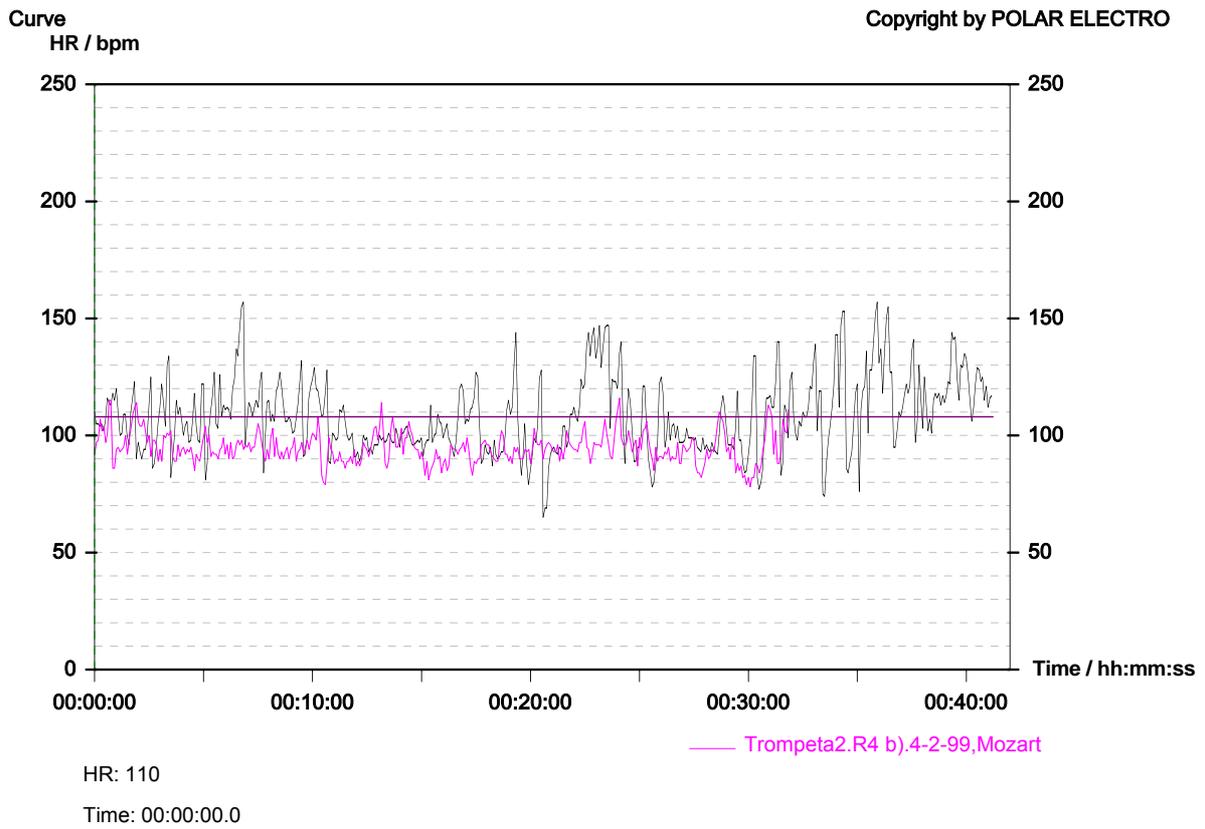
El mismo intérprete anterior, Flautista nº4, en situación de CONCIERTO durante un concurso de música de cámara, junto a la Pianista nº3. Se observa una gran similitud en ambos trazados, que podría corresponder a la compenetración necesaria en la interpretación de este tipo de música (y que valoró el jurado).



Person	.	Date	16/01/2001	Average	171 bpm	Recovery	-8
Exercise	Oboe3R3,C,16-1-1	Time	20:44:40	Duration of exercise: 00:13:47.6			
Note	L.Berio:Secuencia para Oboe,VII.Conc.en El Auditorio del Conservatorio de Córdoba 00:05:20 - 00:12:15 (00:05:20 - 00:12:15)						

Gráfica 9

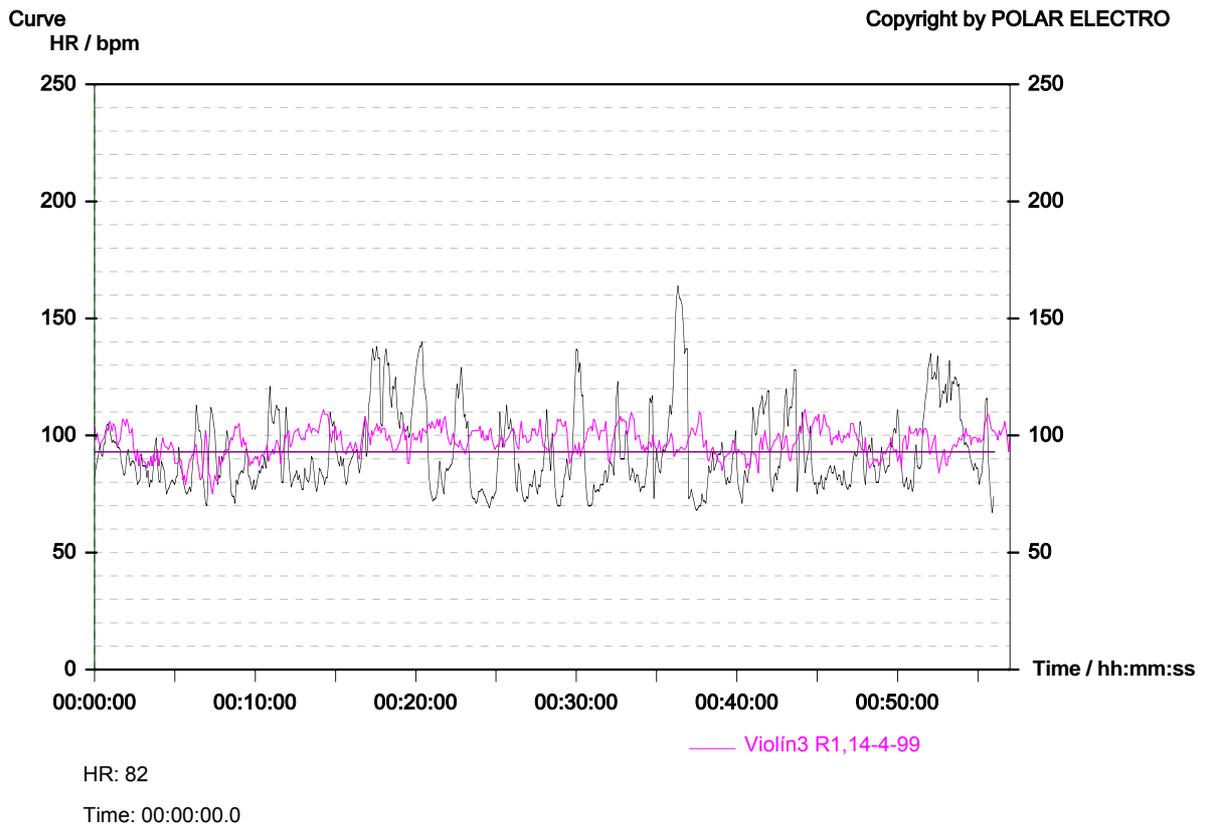
Registro del oboista n° 3 durante el CONCIERTO y la prueba acústica de una obra para oboe solo, corta pero de gran dificultad técnica. El oboista, antes de tocar, explica diversos aspectos de la obra durante cinco minutos, tiempo en el que, según refirió más tarde, por la falta de costumbre de hablar en público, se sintió “sumamente nervioso y acelerado”. Al empezar a tocar dijo sentirse “totalmente relajado y tranquilo”. Se marca en azul el tiempo en el que está tocando en público. El trazado fucsia inferior corresponde al ENSAYO o prueba acústica previa al concierto.



Person	.	Date	04/02/1999	Average	108 bpm	Recovery	0
Exercise	Trompeta2.R4 a).4-2-99	Time	8:03:06	Duration of exercise: 00:41:14.1			
Note	E.Halffter.Sinfonietta en ReM para violín solo, chelo y contrabajo						

Gráfica 10

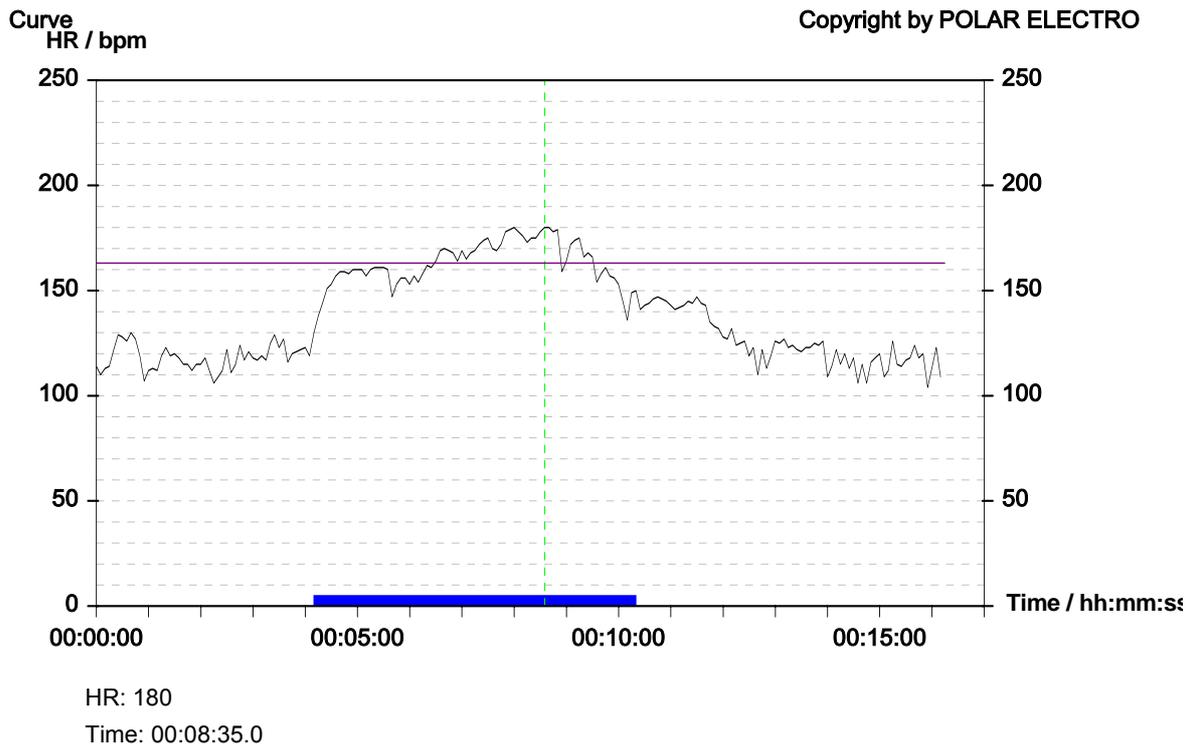
Registros que muestran el distinto trabajo cardiaco durante las dos partes de un concierto del mismo trompetista. En negro una obra de un compositor contemporáneo, Ernesto Halffter, en fucsia una obra de Mozart.



Person	.	Date	14/04/1999	Average	93 bpm	Recovery	0
Exercise	Oboe3.R1,14-4-99	Time	21:30:57	Duration of exercise: 00:56:03.0			
Note	Corno inglés. Noche Celta.Oviedo.						

Gráfica 11

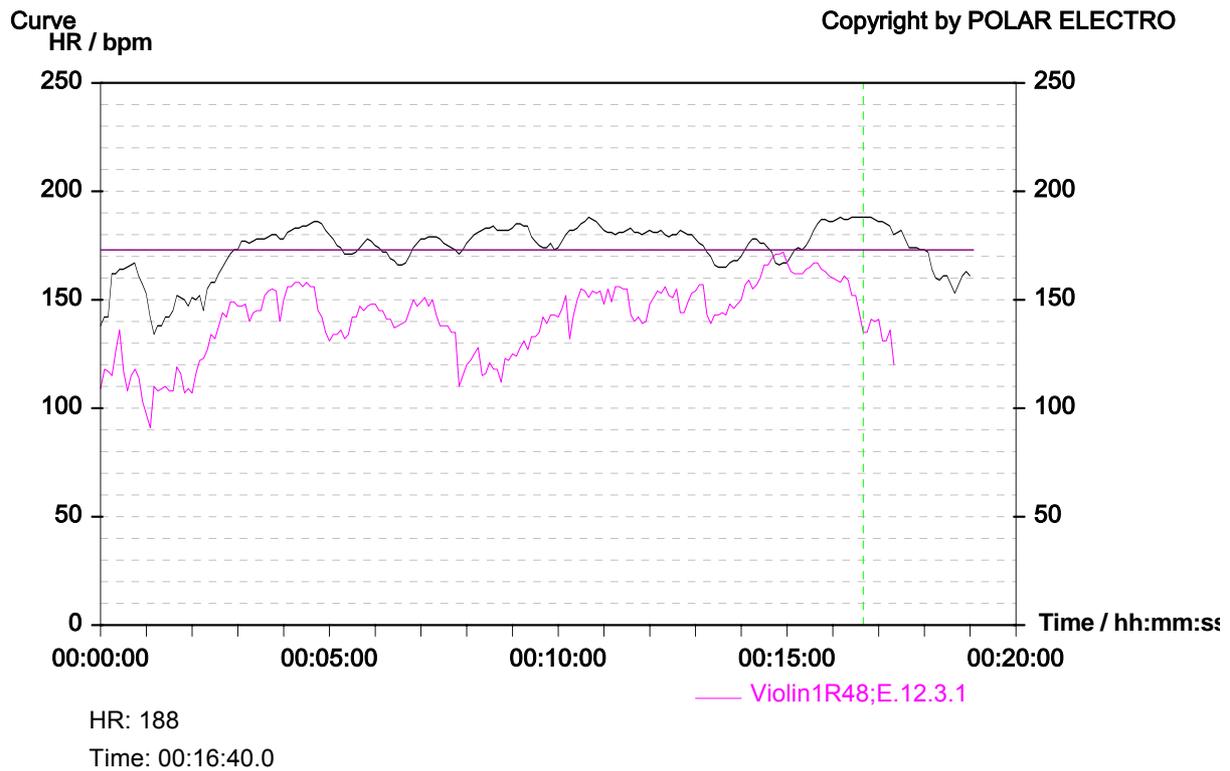
En la imagen superior se muestran las curvas superpuestas de los registros cardíacos del Oboista nº 3 y el Violinista nº 3 tocando durante el mismo concierto. La frecuencia cardíaca media es similar, pero el violinista tiene una participación continua, o de fondo, y el trabajo del oboista es más intermitente o explosivo.



Person	.	Date	16/01/2001	Average	163 bpm	Recovery	-20
Exercise	Trombón2R1,C,16-1-1	Time	20:32:42	Duration of exercise: 00:16:12.8			
Note	Berio:Secuencia para Trombón,V.Concierto en el Audit.de S. Carlos, Madrid, España, 00:04:10 - 00:10:20 (00:08:35.0)						

Gráfica 12

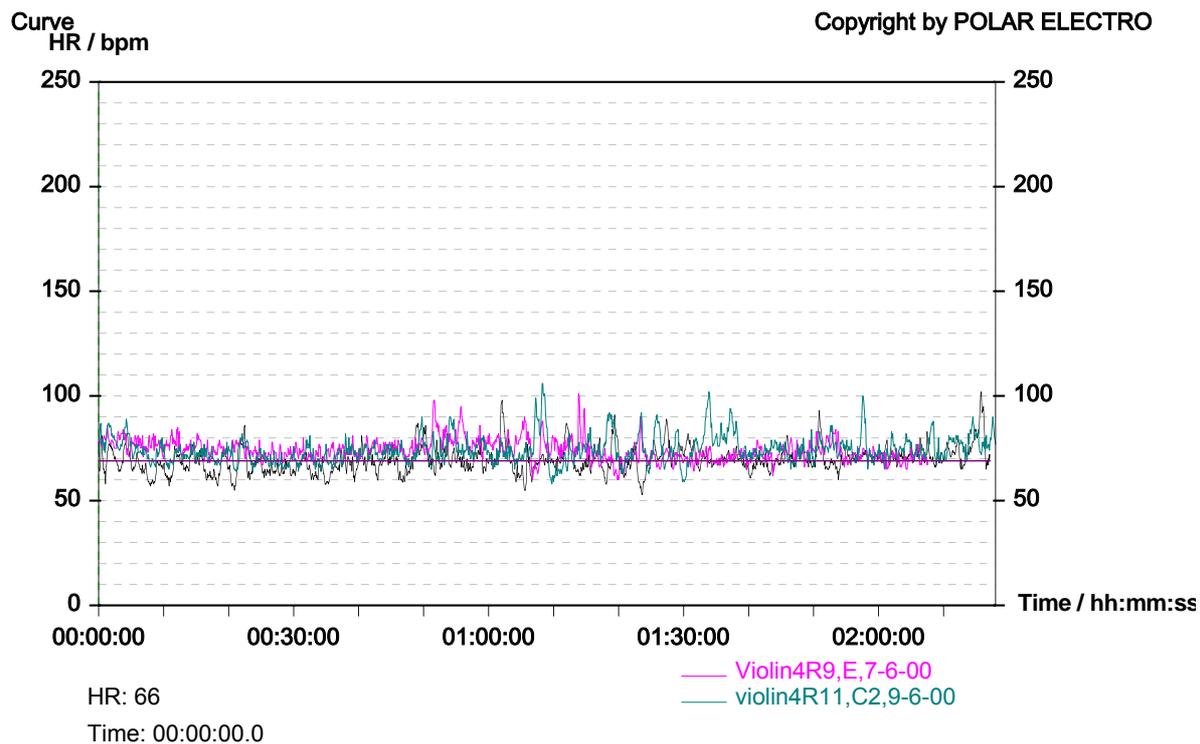
De nuevo un instrumentista de viento solista, el Trombonista nº 2, tocando una obra muy corta pero de gran dificultad técnica, que interpreta con total dominio.



Person	.	Date	12/03/2001	Average	173 bpm	Recovery	0
Exercise	Violin1R49;C.12.3.1	Time	20:58:33	Duration of exercise: 00:19:01.9			
Note	Concierto de Sibelius en auditorio Conserv.Oviedo."Toqué tranquila"						

Gráfica 13

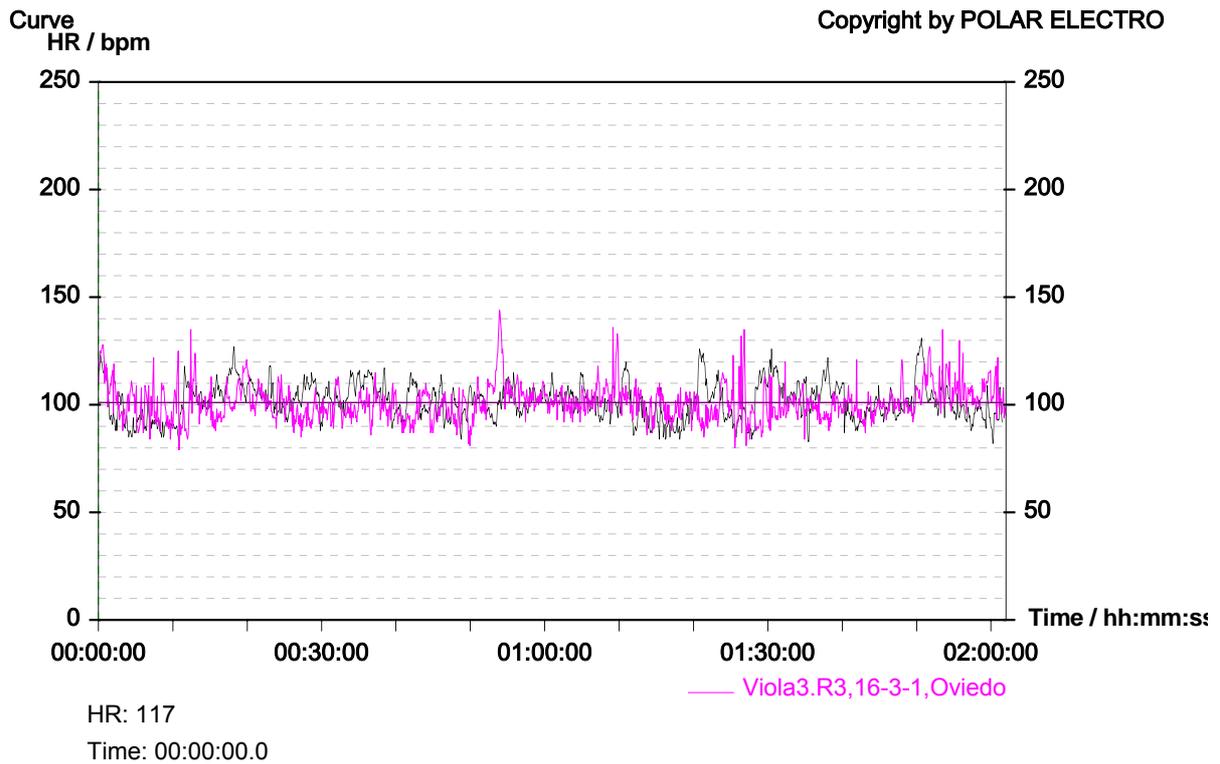
Registros nº 48 y 49 de la Violinista nº 1 durante un ENSAYO y el correspondiente CONCIERTO público, de una obra para violín y orquesta, en este caso con acompañamiento de piano.



Person	.	Date	08/06/2000	Average	69 bpm	Recovery	0
Exercise	Violin4R10, C1, 8-6-2000	Time	19:59:42	Duration of exercise: 02:17:14.8			
Note	Viol.I.Brahms:C.nº1piano orq.ReM,op.15(JColom).Mahler;S.nº5.D:Max.Valdés						

Gráfica 14

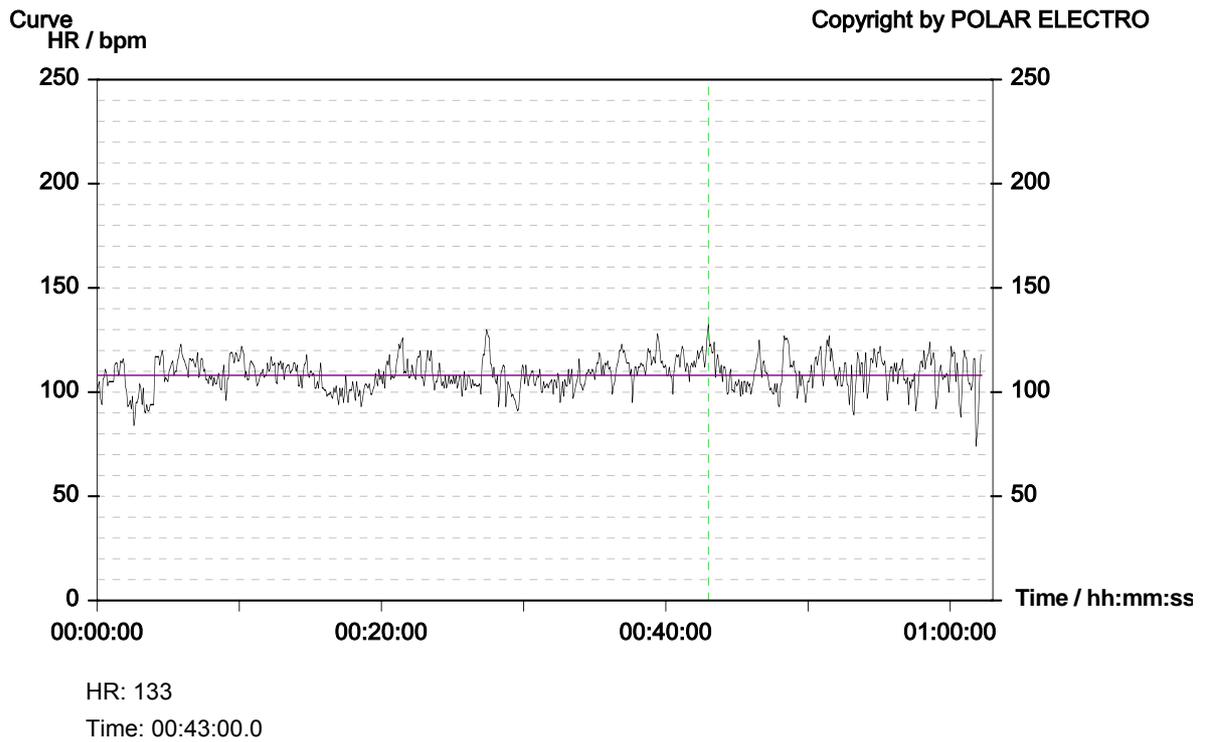
Curvas superpuestas de los registros cardíacos correspondientes al **ENSAYO**, el **CONCIERTO 1** y el **CONCIERTO 2** del Violinista nº4, en su papel de violin I de la orquesta. Se trata de un sujeto con una frecuencia cardíaca máxima real, medida con prueba de esfuerzo, más baja de lo esperado para su edad.



Person	.	Date	16/03/2001	Average	101 bpm	Recovery	0
Exercise	Contrab1R3,16-3-1,Oviedo	Time	20:00:12	Duration of exercise: 02:01:31.1			
Note	Rautavaaraal.of.Bliss.Bartok:C.violin 2.Sibelius:S.Nº5 Oviedo						

Gráfica 15

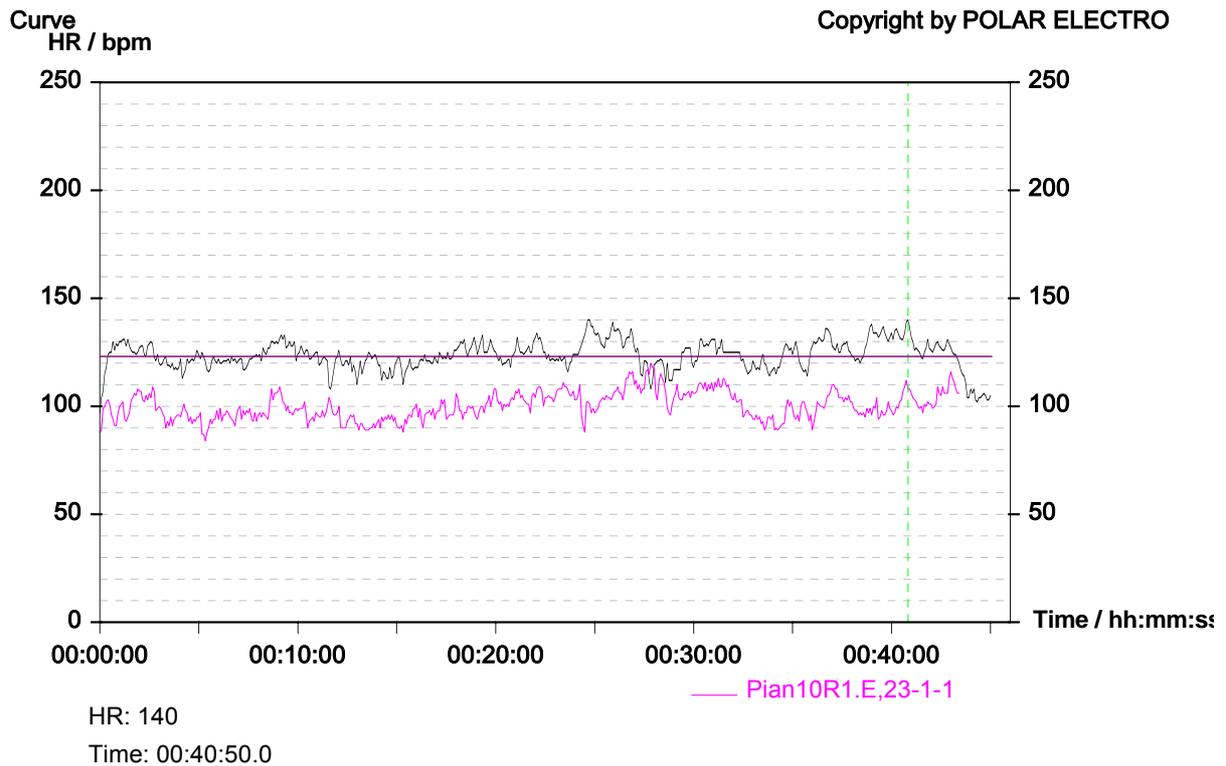
Curvas superpuestas de los registros cardíacos del viola y contrabajo principales de una orquesta, **Viola nº3** y Contrabajista nº1, de 51 y 53 años de edad, tocando durante el mismo concierto. Se aprecia un comportamiento cardíaco similar.



Person	.	Date	12/04/1999	Average	108 bpm	Recovery	0
Exercise	Chelo1,R1,C	Time	21:20:52	Duration of exercise: 01:02:14.3			
Note	Schubert:La muerte y la doncella(+/-41').Bach:cantataBWV140,Coral Sion(+/-6')						

Gráfica 16

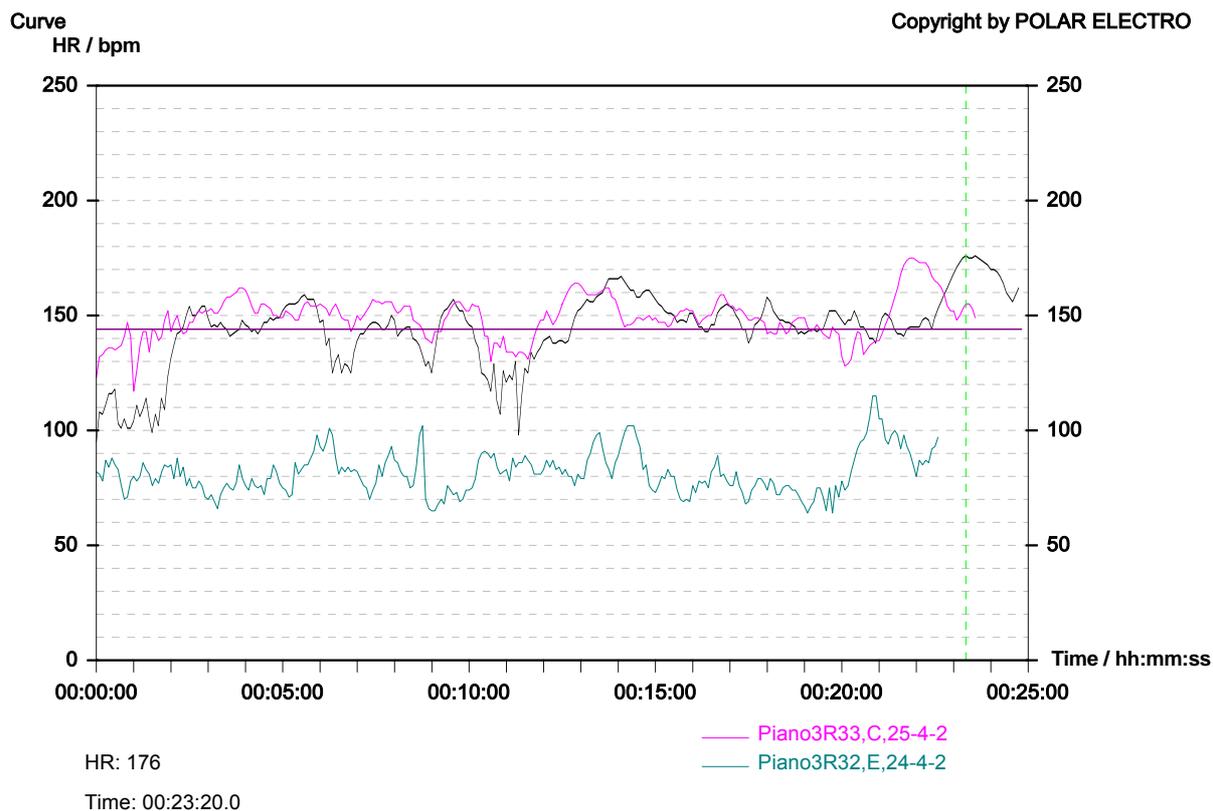
Registro cardíaco de un experimentado violonchelista de 50 años durante un programa de orquesta, tocando como violonchelista co-principal.



Person	.	Date	23/01/2001	Average	123 bpm	Recovery	0
Exercise	Pian10R2.Audición	Time	16:53:01	Duration of exercise: 00:45:03.8			
Note	Audición:Bach:partita.Estudios de Scriabin, Chopin,Debussy.						

Gráfica 17

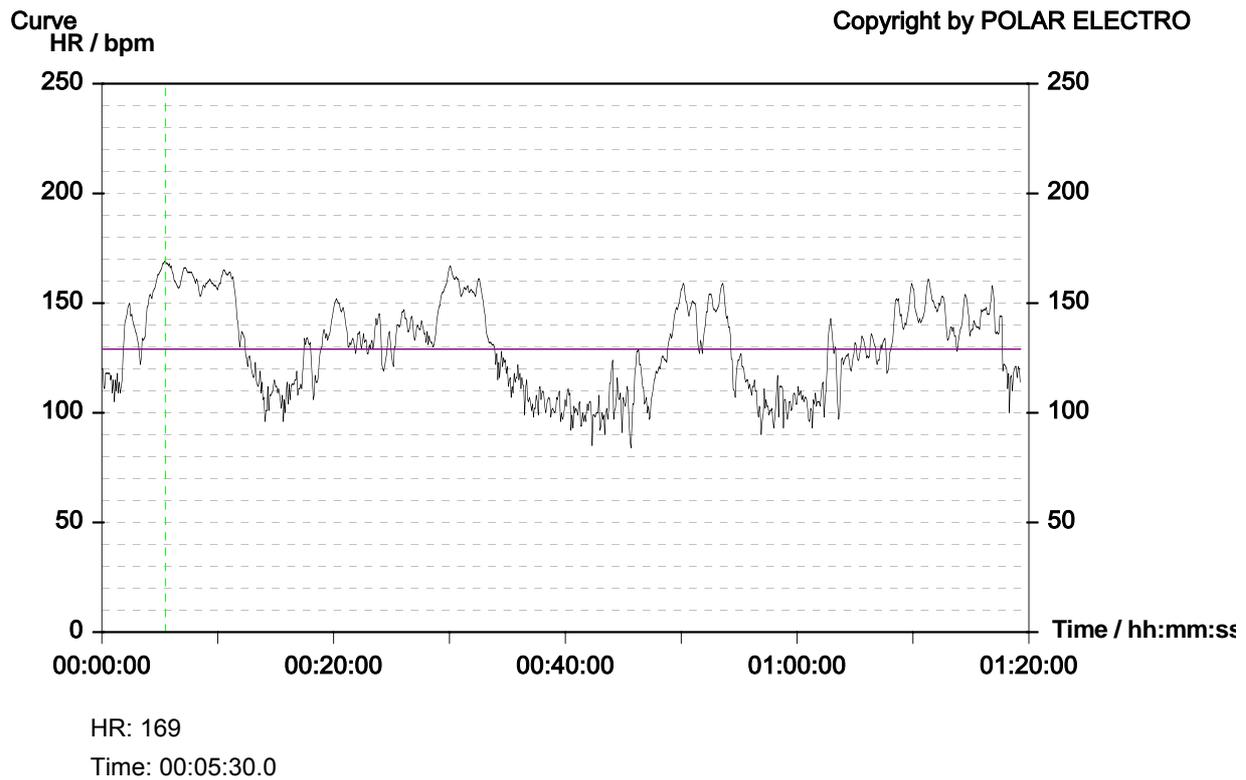
Superposición de las curvas de los registros cardíacos nº 1 y 2 de la Pianista nº10 correspondientes al **ENSAYO** y el CONCIERTO (audición-examen) de un programa completo de piano. Se observa una mayor frecuencia cardíaca durante el concierto que durante el ensayo para el mismo programa.



Person	.	Date	21/04/2002	Average	144 bpm	Recovery	0
Exercise	Piano3R31,E-C,21-4-2	Time	21:30:35	Duration of exercise: 00:24:47.8			
Note	prel Debussy:Ondine.Colinas Anacapri.Chopin:Polonesa fantasía.Ehsay-conc casa						

Gráfica 18

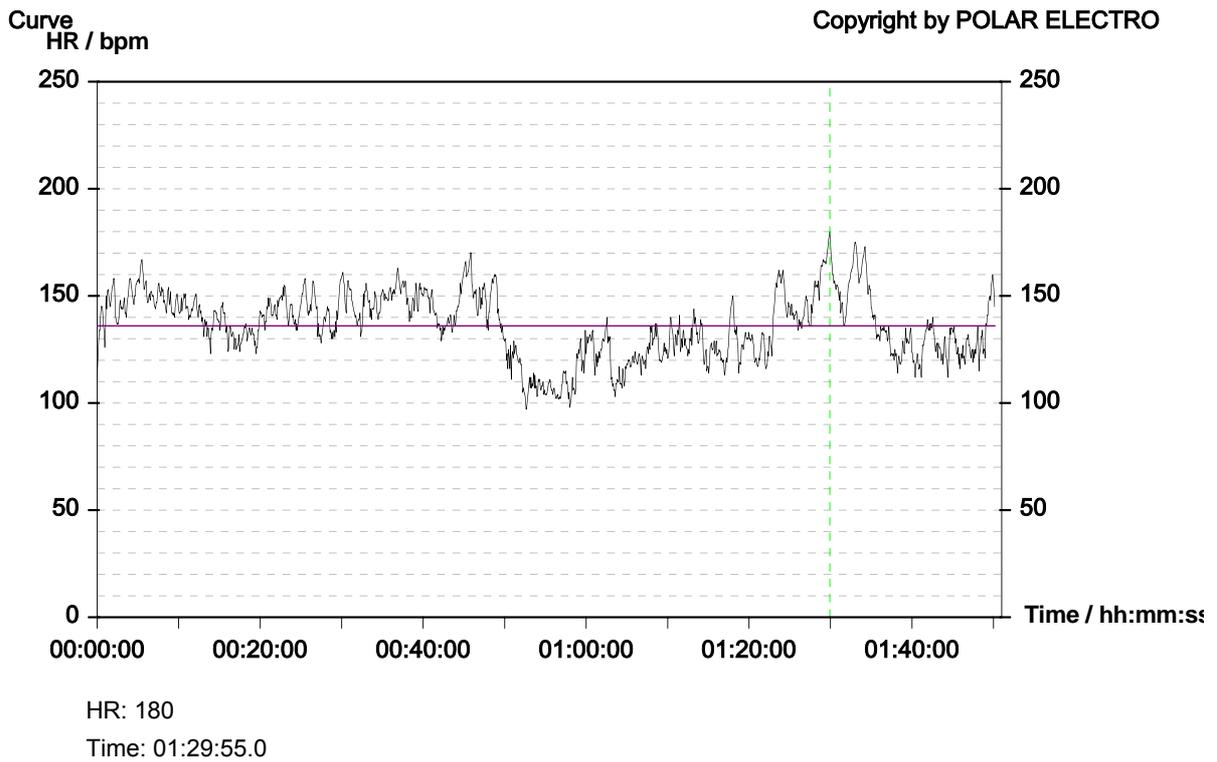
Registros cardíacos nº31, 32 y 33 de la Pianista nº3, correspondientes al ENSAYO (registro 32) y dos CONCIERTOS (31 y 33). El primero de los conciertos, considerado como preparación del segundo, lo ofreció de manera privada a dos amigas, el segundo en el auditorio del conservatorio ante un público crítico y numeroso. Se observa un trabajo cardíaco muy similar durante ambos conciertos y una clara diferencia con el ensayo.



Person	.	Date	16/11/2001	Average	129 bpm	Recovery	0
Exercise	Piano3R30,C	Time	19:00:09	Duration of exercise: 01:19:17.6			
Note	Clar-Piano:Debussy.Solo.Poulenc.Int.Boza.Solo.Rossini.Casa natal Jovellanos.Gij						

Gráfica 19

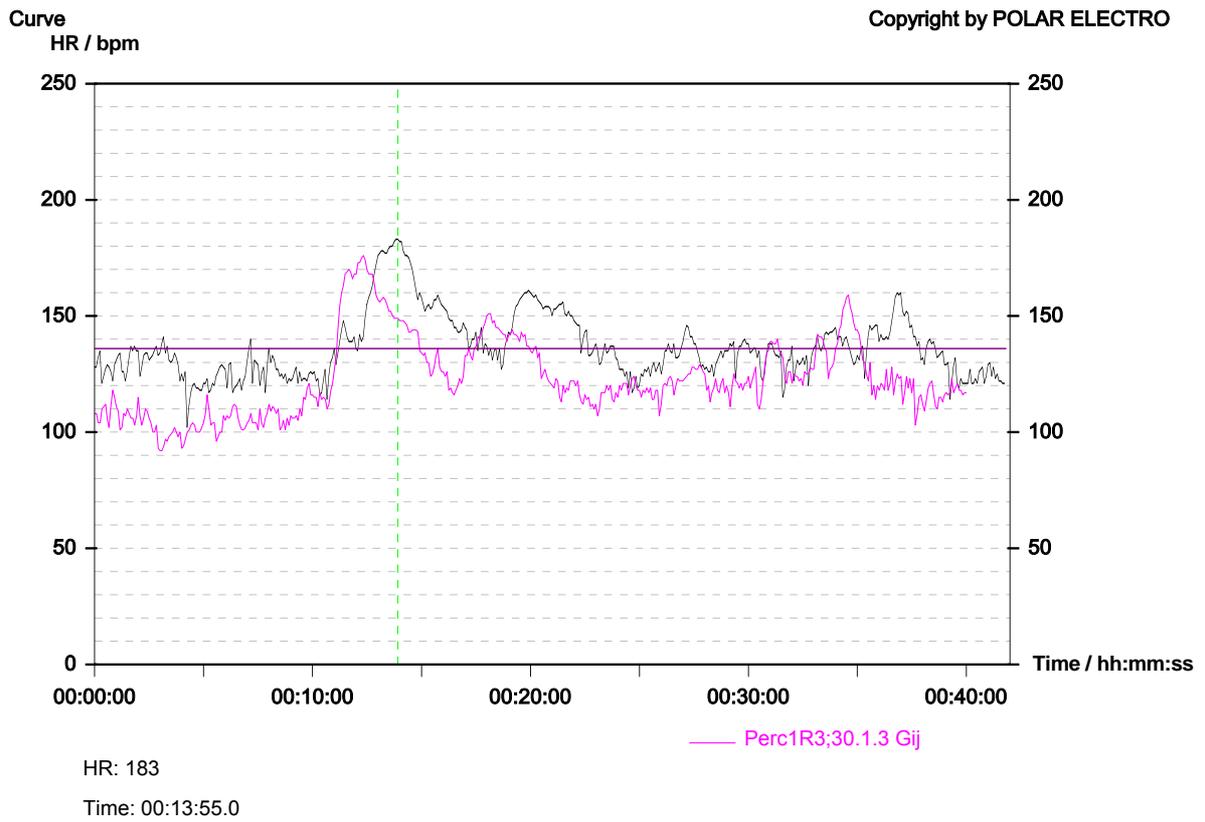
La pianista anterior registrada mientras acompaña a un clarinetista que intercala en su recital piezas para clarinete solo. En el registro se puede ver cómo la frecuencia cardíaca desciende en las partes del concierto correspondientes a los períodos en los que la pianista no está tocando.



Person	.	Date	17/05/2002	Average	136 bpm	Recovery	0
Exercise	Piano5R7;17.5.2C	Time	20:07:34	Duration of exercise: 01:50:10.9			
Note	Conc piano 4manos,contentos resultado.						

Gráfica 20

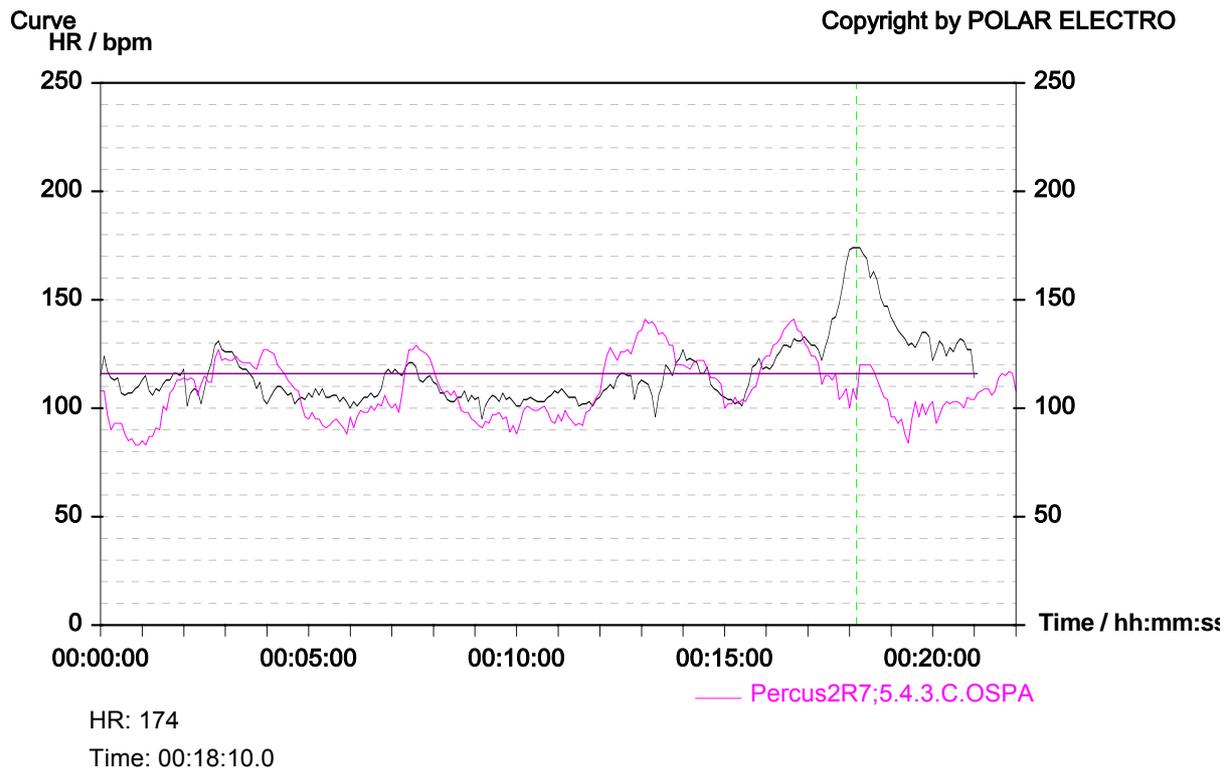
Registro de frecuencia cardíaca de la Pianista nº 5 durante un CONCIERTO para piano a cuatro manos. La frecuencia máxima señalada al final del mismo (180 lpm) supera su FCMT (179 lpm).



Person	.	Date	31/01/2003	Average	136 bpm	Recovery	0
Exercise	Perc1R4;31.1.3 Ov	Time	21:13:17	Duration of exercise: 00:41:48.8			
Note	Percusión.Respighi:fuentes de Roma.Ravel:La Valse.OSPA						

Gráfica 21

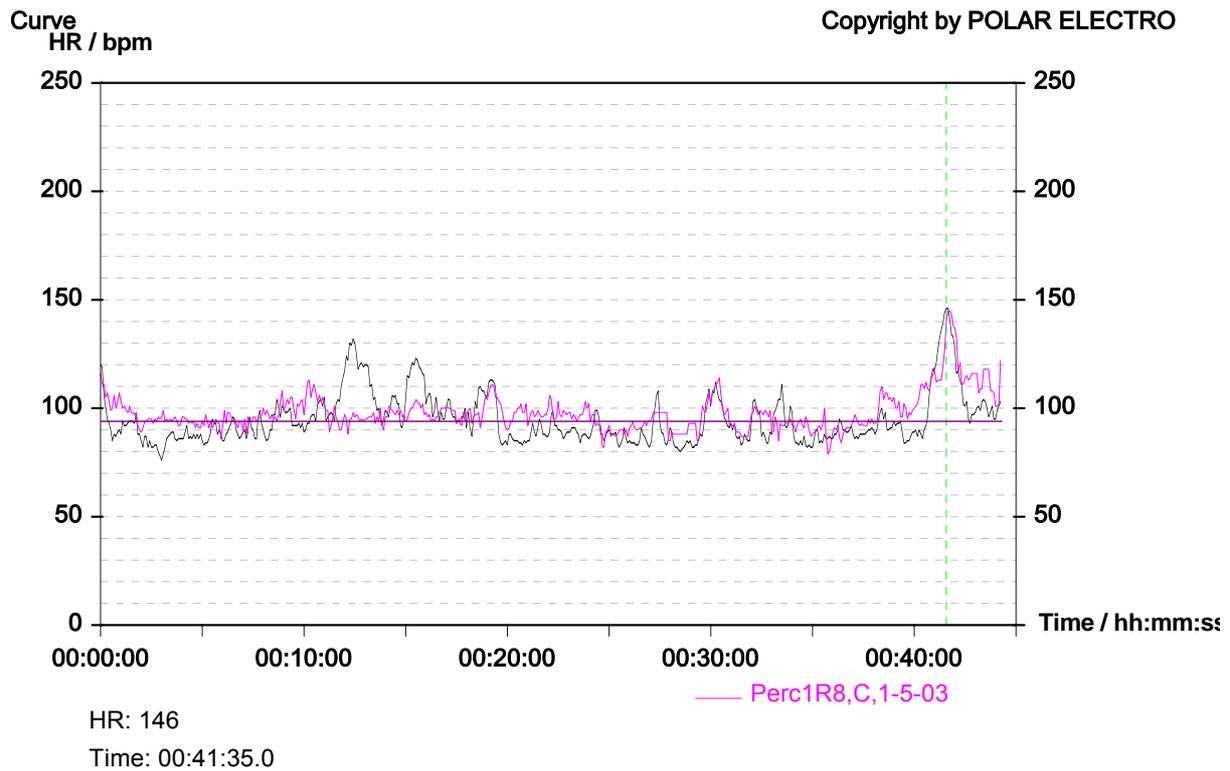
Superposición de los registros cardíacos del Percusionista nº1 durante dos conciertos con el mismo programa, dos días consecutivos, a la misma hora. Situación **CONCIERTO 1-CONCIERTO 2.**



Person	.	Date	05/04/2003	Average	116 bpm	Recovery	0
Exercise	Perc1R7;5.4.3.OSPA.C	Time	19:14:17	Duration of exercise: 00:21:00.1			
Note	R.Strauss:D.Juan.Perc.Platos.OSPA.Audit.Oviedo.Comienzo:20:15.Dur.21'						

Gráfica 22

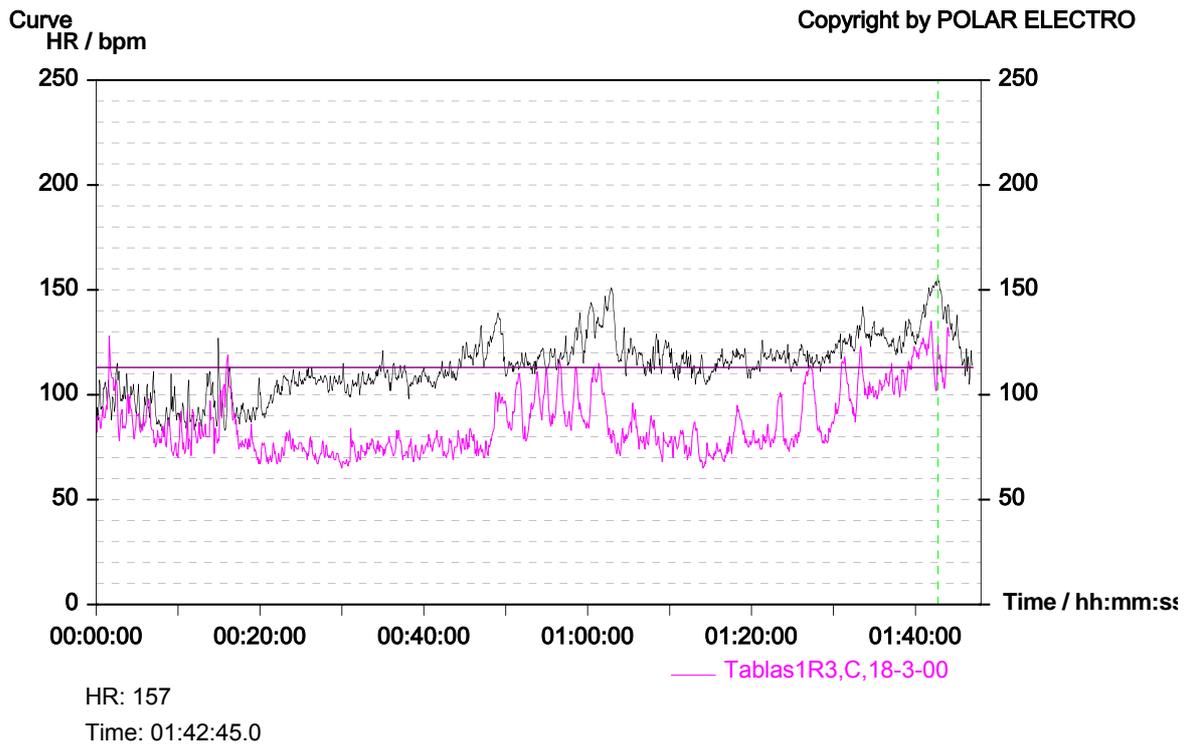
Trabajo cardíaco de dos de los percusionistas de una orquesta durante el mismo concierto público. Destaca en esta gráfica y la siguiente la sincronía entre los dos intérpretes, en sus respectivos papeles.



Person	.	Date	01/05/2003	Average	94 bpm	Recovery	0
Exercise	Perc2R8,C,1-5-03	Time	21:28:28	Duration of exercise: 00:44:19.0			
Note	Percus.OSPA.Bartók:Conc.para Orquesta.						

Gráfica 23

De nuevo los dos percusionistas anteriores tocando durante el mismo concierto. Llama la atención la compenetración alcanzada, según ellos fruto de un trabajo conjunto durante muchos años.



Person	.	Date	18/03/2000	Average	113 bpm	Recovery	0
Exercise	Sitar1R3,C,18-3-00	Time	19:58:36	Duration of exercise: 01:47:04.4			
Note	Comienzo 8:15.2 Ragas, 1ª con introducción larga solo sitar. Contenido, buena sala						

Gráfica 24

Muestra del trabajo cardíaco de dos intérpretes de música clásica del Norte de la India. En este programa el SITAR interviene como instrumento principal. El músico que toca la **TABLA** permanece en escena atento al desarrollo de la raga, comenzando su intervención hacia el minuto 47 del registro.



## **RESULTADOS**



## RESULTADOS

Las tablas que se ofrecen a continuación muestran los valores medios de FC de todos los instrumentistas que participaron en el estudio, divididos, según se especificó anteriormente, en cinco grupos o familias instrumentales.

A cada individuo de un instrumento (Ind en las tablas) se le asignó un número (1,2,3...) según se incorporaba al estudio.

Mediante Nr se expresa el número de registros válidos para su análisis de cada sujeto en la situación indicada en la tabla (Ensayo, Concierto, Ensayo-Concierto, Concierto 1º-Concierto 2º y Solistas).

De cada registro se obtuvieron los valores de FC máxima (FCMax), FC mínima (FC min) y FC media (FCM). Para poder comparar las FCMax y FCM de sujetos de distintas edades, se considera la Frecuencia Cardíaca Máxima Teórica (220-edad) como el 100% y se calcula a qué porcentajes de esa FC (% FCMT) corresponden en cada sujeto las FCMax y FCM alcanzadas.

En los individuos que se registraron más de una vez en una determinada situación se calculó la media  $\pm$  la desviación estándar ( $x \pm SD$ ) de los valores obtenidos, para tener un solo valor por individuo y evitar la pseudorreplicación en el posterior tratamiento estadístico de los datos.

En la descripción de los resultados nos permitimos incluir una comparación de los valores de FC obtenidos con la Clasificación del American College of Sports Medicine (ACSM), como indicador de la intensidad del trabajo físico realizado.



## 1- MÚSICOS DE VIENTO

Las TABLAS 1 a 5 muestran los resultados obtenidos en este grupo de intérpretes.

En la TABLA 1 se ofrecen los valores de FC correspondientes a la SITUACIÓN DE ENSAYO de los 19 individuos participantes. Se observa que en esta situación, por ejemplo, del Clarinete nº1 se analizaron 8 registros de los que se obtiene un solo valor medio.

Los %FCMT correspondientes a la FCM son, en 9 sujetos, superiores al 55%, que según la Clasificación del ACSM equivalen a una actividad de intensidad “moderada”. En cuanto a la FCMax obtenida, solo en dos sujetos los %FCMT no llegan a alcanzar el rango de intensidad “moderada” (Clarinete nº7 y Flauta nº 1, intérprete de música *folk*); en cambio, 10 de los sujetos monitorizados en situación de ensayo alcanzan valores de intensidad “fuerte”, esto es, por encima del 70% de la FCMT.

La TABLA 2 muestra los valores de FC obtenidos en SITUACIÓN DE CONCIERTO de 17 individuos. Los %FCMT de los valores de FCM están en el rango de intensidad “moderada” o “fuerte” en 13 sujetos. Los %FCMT de los valores de FCMax son en 14 sujetos del rango de intensidad “fuerte” o superior, ya que en 4 sujetos (Clarinetes 1 y 10, Trombón 2 y Trompeta 2) se obtuvieron registros con valores de FCMax en el rango de intensidad “muy fuerte” según la clasificación del ACSM.

En la TABLA 3 se recogen los valores de FC de los músicos tocando el mismo programa musical en dos situaciones: la SITUACIÓN DE ENSAYO y la de CONCIERTO. Participaron 10 sujetos en 38 ensayos y sus correspondientes 38 conciertos. Nr expresa el número de veces que cada sujeto se monitorizó en estas dos situaciones. Como se hizo anteriormente, cuando un sujeto se monitorizaba más de una vez se obtenía la media de los valores, para evitar la pseudorreplicación en el posterior análisis de los datos.

La SITUACIÓN DE CONCIERTO muestra valores significativamente más altos de FC para la misma obra que la SITUACIÓN DE ENSAYO, como muestra el análisis estadístico de los datos, gráficamente representado en la Figura 12.

TABLA 1: ENSAYO VIENTO

Instrumento	Ind.	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
CLARINETE	1	8	145 ± 11,56	76,98 ± 6,27	85 ± 10,05	113,62 ± 5,62	60,11 ± 2,86
	3	1	128	66,32	84	107	55,44
	4	3	122,33 ± 9,81	66,08 ± 4,45	77,66 ± 8,73	99 ± 11,35	53,46 ± 5,52
	5	3	134 ± 26,96	67,33 ± 13,55	70 ± 9,53	115,33 ± 23,69	57,95 ± 11,90
	6	1	120	62,17	77	85	44,04
	7	1	100	50	78	90	45,00
	8	2	130,5	64,28	90,5	109,5	53,93
	9	1	168	85,27	83	117	59,39
	10	28	142,61 ± 21,01	70,95 ± 10,44	68,54 ± 11,67	100,86 ± 20,27	50,15 ± 10,03
FAGOT	1	2	139	74,54	68	96,5	51,75
FLAUTA	1	1	101	53,15	69	85	43,73
	3	2	137,5	70,14	89,5	108	55,1
	4	12	124,41 ± 25,75	62,61 ± 12,97	69,33 ± 8,8	92,25 ± 11,99	46,42 ± 5,99
OBOE	1	5	145,6 ± 9,09	77,59 ± 4,63	88,4 ± 10,38	117,6 ± 14,84	62,66 ± 7,73
	2	1	140	68,62	70	105	51
	3	1	131	66,83	109	121	61,63
TROMBÓN	1	2	117	63,93	75,5	92,5	50,54
TROMPA	1	2	121,5	59,85	61,5	86,5	42,6
TROMPETA	2	3	156,33 ± 25,48	82,17 ± 13,62	53,66 ± 13,79	79,33 ± 9,01	41,67 ± 4,63

Tabla 1: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y la FCM, en 79 grabaciones correspondientes a 19 instrumentistas de viento en situación de ensayo.

TABLA 2: CONCIERTO VIENTO

Instrumento	Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
CLARINETE	1	22	151,4 ± 24,93	80,47 ± 13,24	75,77 ± 11,01	115,77 ± 18,17	61,66 ± 9,72
	2	2	136	70,46	60	97	50,25
	4	3	144,66 ± 14,04	78,15 ± 7	98,66 ± 21,45	124,66 ± 22,5	67,29 ± 11,44
	6	1	170	88,08	118	143	74,09
	9	1	172	87,3	106	149	75,63
	10	22	172,64 ± 19,95	86,37 ± 10,03	83,24 ± 24,35	132,68 ± 26,15	66,31 ± 13
FAGOT	1	17	135,23 ± 16,71	72,33 ± 8,94	64,17 ± 4,48	90,58 ± 5,19	48,45 ± 2,82
FLAUTA	3	2	132,5	67,59	82	95,5	48,72
	4	20	143,1 ± 21,51	72,14 ± 10,87	84,3 ± 21,22	110,4 ± 22,48	55,65 ± 11,34
OBOE	1	8	149,38 ± 11,10	79,71 ± 5,9	69,75 ± 19,51	108 ± 9,45	57,62 ± 5,11
	3	2	171,5	87,07	109,5	132	67,1
TROMBÓN	2	1	180	97,82	119	160	86,95
TROMPA	1	1	122	60,39	63	95	47,02
	2	9	141,78 ± 10,07	76,81 ± 5,34	84,11 ± 5,57	106 ± 6,53	57,43 ± 3,48
TROMPETA	1	2	123,5	66,03	86,5	105	56,14
	2	15	151,93 ± 19,85	79,83 ± 10,36	72,26 ± 11,23	104,53 ± 11,36	54,92 ± 5,87
	3	2	163,5	85,15	85	114,5	59,63

Tabla 2: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, correspondientes a 17 instrumentistas de viento durante 130 conciertos publicos.

TABLA 3: COMPARACIÓN ENSAYO - CONCIERTO: VIENTO

Instrumento	Ind	Nr	ENSAYO				CONCIERTO			
			FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMed (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMed (x±SD)	%FCMT (x±SD)
CLARINETE	1	4	151,25±10,78	80,55±5,67	114,5±6,55	60,97±3,45	173,75±6,34	92,53±3,16	129±5,29	69,42±1,6
	4	3	122,33±9,81	66,08±4,45	99±11,35	53,46±5,52	144,66±14,04	78,15±7	124,66±22,5	67,29±11,44
	6	1	120	62,17	85	44,04	170	88,08	143	74,09
	9	1	168	85,27	117	59,39	172	87,3	149	75,63
	10	11	148,54±23,63	74,05±11,65	105,27±28,39	52,42±14	170,81±24,15	85,34±11,99	128,9±31,92	64,25±15,85
FAGOT	2	2	139	74,54	96,5	51,74	137	73,46	96,5	51,74
FLAUTA	4	10	128,4±26,55	64,64±13,35	94,3±12,15	47,47±6,05	145,4±20,49	73,21±10,34	116±23,23	58,4±11,72
OBOE	1	2	136	72,72	101,5	54,27	150	80,21	117,5	62,83
	3	1	131	66,83	121	61,63	179	91,32	171	87,24
TROMPETA	2	3	156,33±25,48	82,17±13,62	79,33±9,01	41,67±4,63	172,66±11,15	90,72±6,12	112,66±9,29	59,18±4,69

Tabla 3: FCMax y FCM con sus correspondientes %FCMT de 10 músicos de viento tocando el mismo programa musical durante 38 ensayos y 38 conciertos públicos.

### VIENTO: Comparación entre ENSAYO – CONCIERTO

Los %FCMT, tanto para los valores de FC media como máxima, fueron significativamente más altos durante el concierto público que durante el ensayo, para la misma pieza musical (Figura 12; test de Wilcoxon: para la FCMedia:  $Z = -2.66$ ,  $p < 0.008$ ,  $N = 10$  sujetos; para la FCMáxima:  $Z = -2.70$ ,  $p < 0.007$ ,  $N = 10$  sujetos).

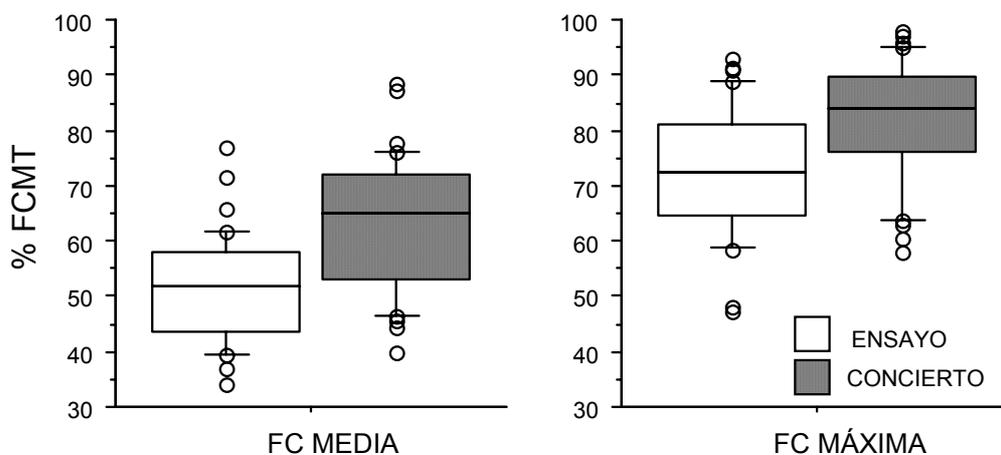


Figura 12: Músicos de viento: Distribución de los %FCMT en función de la SITUACIÓN de ENSAYO o de CONCIERTO, para los valores de FCM y FCMax.

En la TABLA 4 se comparan los datos de los sujetos tocando el mismo programa musical, en SITUACIÓN DE CONCIERTO, dos días distintos a la misma hora, expresado como CONCIERTO 1 y CONCIERTO 2. Participaron 10 sujetos en 29 conciertos repetidos (58 registros). Nr expresa el número de veces que cada sujeto se monitorizó en estas dos situaciones. Cuando un sujeto se monitorizó más de una vez se obtuvo la media de los valores para evitar la pseudorreplicación en el posterior análisis de los datos.

El análisis estadístico de los datos no mostró diferencias significativas entre CONCIERTO 1 y CONCIERTO 2 al comparar los valores obtenidos. Se representa gráficamente en la Figura 13.

La TABLA 5 muestra los valores de FC alcanzados por los instrumentistas que tocaban como SOLISTAS o formando parte de pequeños grupos de cámara. Participaron 10 sujetos y se monitorizaron en 38 conciertos.

En 8 de los sujetos monitorizados los %FCMT son, en el caso de la FCM, superiores al 70% (intensidad “fuerte”) en alguna ocasión (teniendo en cuenta la desviación estándar de los datos de los sujetos monitorizados más de una vez), y en el caso de la FCMax 4 individuos llegan a alcanzar valores correspondientes a una intensidad “muy fuerte” (por encima del 90% de la FCMT) y “fuerte” los 6 individuos restantes.

TABLA 4: COMPARACIÓN CONCIERTO 1 – CONCIERTO 2: VIENTO

Instrumento	Ind	Nr	CONCIERTO 1				CONCIERTO 2			
			FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMed (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMed (x±SD)	%FCMT (x±SD)
CLARINETE	1	6	145,66±21,21	77,47±11,28	112,5±14,73	59,83±7,83	136,5±29,98	72,6±15,95	103±22,16	54,78±11,78
	2	1	136	70,46	97	50,25	136	70,46	97	50,25
	10	4	186,25±7,89	93,13±4,09	151±19,61	75,45±9,32	170±17,75	85,11±8,60	138±26,52	68,94±12,87
FAGOT	1	6	129,66±11,22	69,33±6	90,16±3,43	48,21±1,83	127,66±5,99	68,26±3,2	90±2,68	48,12±1,44
FLAUTA	3	1	120	61,22	89	45,4	145	73,97	102	52,04
	4	4	147±30,69	74,16±15,59	110,75±33,85	55,88±17,16	136±26,23	68,61±13,34	100±21,10	50,45±10,72
OBOE	1	1	164	87,7	118	63,1	149	79,77	97	51,87
TROMPA	2	3	133,33±9,07	72,32±4,85	100±5,29	54,24±2,76	143,66±7,77	77,93±4,05	109,67±4,04	59,49±2,11
TROMPETA	2	2	160	83,96	107,5	56,42	150,5	78,97	103	54,04
	3	1	165	85,93	114	59,37	162	84,37	115	59,89

Tabla 4: FC Máxima y Media con sus correspondientes %FCMT de 10 músicos de viento durante 29 conciertos públicos que repitieron tocando el mismo programa musical.

### VIENTO: Comparación entre CONCIERTO 1 – CONCIERTO 2

No se encontraron diferencias estadísticas en los porcentajes de FCMT, ni para los valores medios ni máximos, cuando se comparó la situación CONCIERTO 1 con la situación CONCIERTO 2, para el mismo programa musical (Figura 13; test de Wilcoxon: para la FCMedia:  $Z = -1,26$ ,  $p = 0,21$ ,  $N = 10$  sujetos; para la FCMáxima:  $Z = -1,4$ ;  $p = 0,16$ ;  $N = 10$  sujetos).

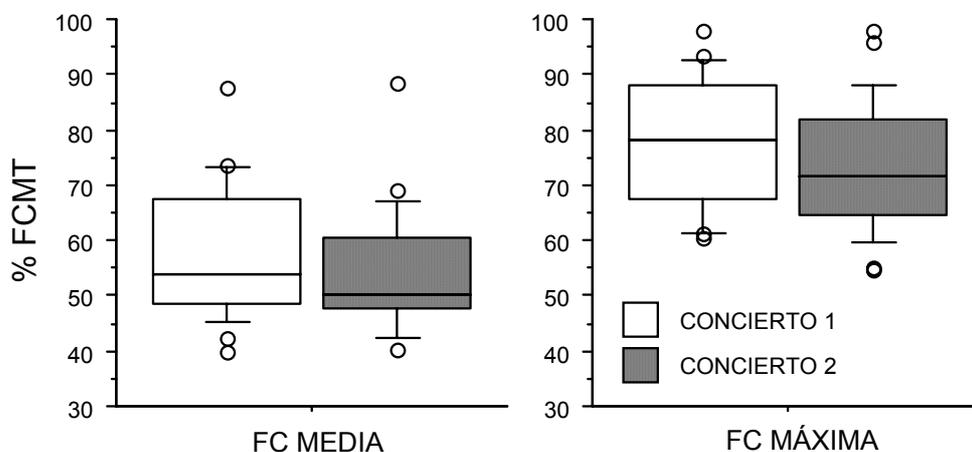


Figura 13: Músicos de viento: Diagrama de cajas obtenidos con la distribución de los %FCMT en función de la SITUACIÓN de CONCIERTO 1 Y CONCIERTO 2, para los valores de FCM y FCMax.

TABLA 5: SOLISTAS VIENTO

Solistas	Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
CLARINETE	1	5	176,2 ± 3,89	93,81 ± 1,91	73,6 ± 5,31	130,2 ± 6,09	69,90 ± 2,55
	4	3	144,66 ± 14,04	78,15 ± 7	98,6 ± 21,45	124,6 ± 22,50	67,29 ± 11,44
	6	1	170	88,08	118	143	74,09
	9	1	172	87,3	106	149	75,63
	10	14	182,21 ± 13,43	91,10 ± 6,78	93,69 ± 25,52	147,71 ± 18,43	73,85 ± 9,01
FLAUTA	4	10	161,1 ± 14,41	81,23 ± 7,27	100,9 ± 16,10	130,2 ± 10,68	65,65 ± 5,35
OBOE	3	1	179	91,32	152	171	87,24
TROMBÓN	2	1	180	97,82	119	160	86,95
TROMPETA	1	1	140	74,86	97	120	64,17
	2	1	160	84,21	75	117	61,57

Tabla 5: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, alcanzados por 10 músicos solistas durante su actuación pública.



## 2- MÚSICOS DE CUERDA

Las TABLAS 6 a 10 muestran los resultados obtenidos en este grupo de intérpretes.

En la TABLA 6 se ofrecen los valores de FC correspondientes a la SITUACIÓN DE ENSAYO de 16 individuos registrados en 53 ocasiones. Si bien el VIOLÍN nº 1 se registró en 27 ocasiones, se calculó la media y desviación estándar de los valores obtenidos, utilizando un solo valor medio en el análisis posterior de los datos.

Los MÚSICOS DE CUERDA en situación de ENSAYO presentan en el caso de la FCM unos %FCMT comprendidos entre un 37,1 y un 64%, que corresponden a una actividad entre “liviana” y “moderada” según la Clasificación del ACSM. En cuanto a la FCMax los %FCMT son en su mayoría valores de intensidad moderada. La VIOLA nº 3 alcanza un valor del 82,73% de su FCMT, el VIOLONCELLO nº 5 del 74% y en algún registro del VIOLÍN nº 1 se observan así mismo porcentajes correspondientes a una intensidad “fuerte”, esto es, por encima del 70% de la FCMT.

La TABLA 7 muestra los valores de FC obtenidos en SITUACIÓN DE CONCIERTO de 20 individuos con 74 registros en total. Los %FCMT de los valores de FCM de 10 de los sujetos están dentro del rango de intensidad “moderada”. En 4 sujetos (VIOLA nº 2, VIOLONCELLOS nº 4 y nº 5 y VIOLÍN nº 1) se observan FCM que se sitúan en el rango de intensidad “fuerte”. Los %FCMT de los valores de FCMax están todos menos el CONTRABAJO nº 2, dentro del rango de intensidad “moderada” y “fuerte”. La VIOLA nº 3 con algún registro sobrepasando el 90% de la FCMT y el VIOLONCELLO nº 4 con una media de %FCMT del 91,31 alcanzan el rango de intensidad “muy fuerte”.

En la TABLA 8 se comparan los datos de los sujetos tocando el mismo programa musical, en SITUACIÓN DE ENSAYO y DE CONCIERTO. Participaron 14 sujetos en 31 ensayos y sus correspondientes 31 conciertos.

La SITUACIÓN DE CONCIERTO muestra valores significativamente más altos de FC para la misma obra que la SITUACIÓN DE ENSAYO, como muestra el análisis estadístico de los datos, gráficamente representado en la Figura 14.

TABLA 6: ENSAYO CUERDA

Instrumento	Ind.	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
CONTRABAJO	1	2	112,5	67,36	70	83,5	49,99
	2	1	96	55,17	56	65	37,35
VIOLA	2	1	127	64,79	76	98	50
	3	1	139	82,73	72	94	55,95
	4	2	118	61,77	66,5	87,5	45,81
	5	2	115	61,49	78	91,5	48,92
VIOLÍN	1	27	134,55 ± 21,97	66,19 ± 11	79,33 ± 14,91	104,66 ± 18,83	51,47 ± 9,35
	3	1	109	58,28	62	77	41,17
	4	2	96,50	50,78	59	70,5	37,1
	5	1	119	59,2	70	88	43,78
	8	1	105	53,03	57	76	38,38
	9	1	108	55,67	62	85	43,81
VIOLONCELLO	2	2	114	63,68	81,5	96,5	53,90
	3	3	122 ± 12,12	60,67 ± 5,72	73,33 ± 20,79	104 ± 11,13	51,92 ± 5,01
	4	5	111,4 ± 14,08	55,21 ± 7,17	65,6 ± 8,98	82,2 ± 5,35	40,72 ± 2,52
	5	1	148	74	107	128	64

Tabla 6: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y la FCM, en 53 grabaciones correspondientes a 16 instrumentistas de cuerda en situación de ensayo.

TABLA 7: CONCIERTO CUERDA

Instrumento	Ind.	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
CONTRABAJO	1	6	119,66 ± 10,63	71,65 ± 6,36	71,33 ± 6,97	88,16 ± 8,93	52,79 ± 5,34
	2	1	93	53,44	58	69	39,65
VIOLA	1	1	157	76,58	87	115	56,09
	2	1	165	84,18	127	150	76,53
	3	6	138,16 ± 14,24	82,07 ± 8,43	78,33 ± 5,42	100,16 ± 4,79	59,5 ± 2,83
	4	3	131,66 ± 7,76	68,93 ± 4,06	77,33 ± 5,5	99,66 ± 4,72	52,17 ± 2,47
VIOLÍN	1	26	165 ± 15,53	81,49 ± 7,69	105,61 ± 24,68	138,84 ± 21,62	69 ± 10,73
	2	1	157	78,10	117	137	68,15
	3	5	122,8 ± 6,14	65,6 ± 3,42	79,8 ± 5,89	99 ± 4	52,88 ± 2,17
	4	10	106,3 ± 12,32	56,05 ± 6,55	56,6 ± 5,87	70,9 ± 4,84	37,32 ± 2,53
	5	1	147	73,13	98	117	58,2
	6	1	132	66,66	79	99	50
	8	1	116	58,58	68	88	44,44
	9	1	141	72,68	74	116	59,79
	10	1	113	61,74	75	85	46,44
	VIOLONCELLO	1	1	133	78,23	74	108
2		3	117 ± 9,16	65,35 ± 5,11	80 ± 8	92 ± 10,81	51,39 ± 6,04
3		2	149	73,81	82	115,5	57,22
4		2	184	91,31	129,5	168	83,37
5		1	160	80	104	141	70,5

Tabla 7: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y la FCM, en 74 grabaciones correspondientes a 20 instrumentistas de cuerda en situación de concierto.

TABLA 8: COMPARACIÓN ENSAYO - CONCIERTO: CUERDA

Instrumento	Ind	Nr	ENSAYO				CONCIERTO			
			FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)
CONTRABAJO	1	2	112,5	67,36	83,5	50	116	69,45	83,5	50
	2	1	96	55,17	65	37,35	93	53,44	69	39,65
VIOLA	2	1	127	64,79	98	50	165	84,18	150	76,53
	3	1	139	82,73	94	55,95	151	89,88	106	63,09
	4	1	109	57,06	85	44,5	123	64,39	98	51,3
VIOLÍN	1	15	139±20,75	68,46±10,31	107,47±19,56	52,94±9,62	164±17,84	80,76±8,83	137,47±26,2	67,7±12,97
	3	1	109	58,28	77	41,17	127	67,91	101	54,01
	4	2	96,5	50,78	70,5	37,1	102	53,68	68,5	36,04
	5	1	119	59,2	88	43,78	147	73,13	117	58,2
	8	1	105	53,03	76	38,38	116	58,58	88	44,44
	9	1	108	55,67	85	43,81	141	72,68	116	59,79
VIOLONCELLO	2	2	114	63,68	96,5	53,90	118	65,91	96,5	53,91
	4	1	133	66,16	76	37,81	186	92,53	169	84,07
	5	1	148	74	128	64	160	80	141	70,5

Tabla 8: FCMax y FCM con sus correspondientes porcentajes de la FCMT de 14 músicos de cuerda durante 31 ensayos y 31 conciertos públicos interpretando el mismo programa musical.

### Cuerda: Comparación entre ENSAYO – CONCIERTO

Los %FCMT, tanto para los valores de FC media como máxima fueron significativamente más altos durante el CONCIERTO público que durante el ENSAYO, para la misma pieza musical (Figura 14; test de Wilcoxon: para la FCMedia:  $Z = -2,830$ ,  $p = 0,0046$ ,  $N = 14$  sujetos; para la FCMáxima:  $Z = -2,97$ ,  $p = 0,003$ ,  $N = 14$  sujetos).

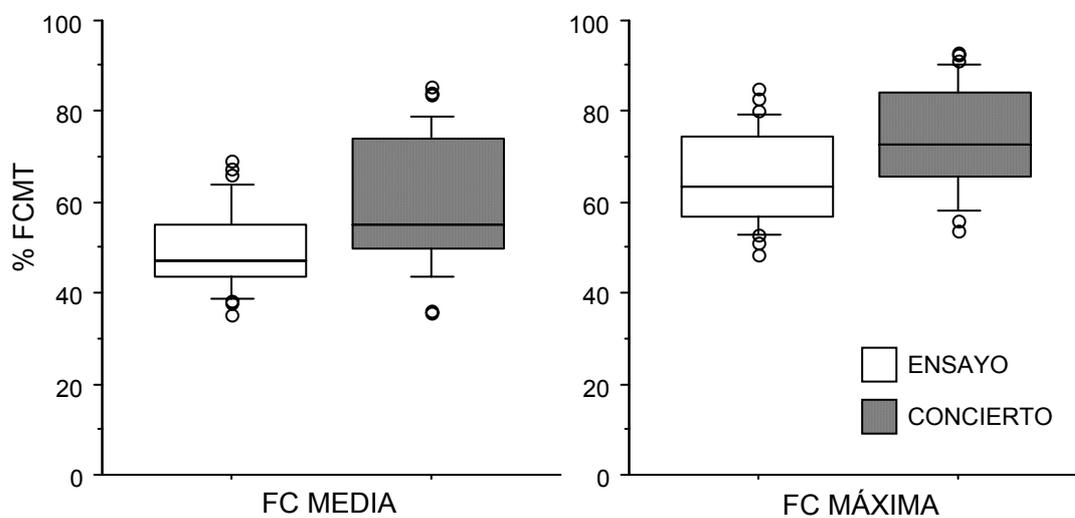


Figura 14: Músicos de Cuerda: Distribución de todos los porcentajes de FCMT en función de la SITUACIÓN DE ENSAYO y CONCIERTO, para los valores de FC medias y máximas.

En la TABLA 9 se comparan los datos de los sujetos tocando el mismo programa musical, en SITUACIÓN DE CONCIERTO, dos días distintos a la misma hora, expresado como CONCIERTO 1 y CONCIERTO 2. Participaron 6 sujetos en 14 conciertos repetidos (28 registros).

El análisis estadístico de los datos no mostró diferencias significativas entre el CONCIERTO 1 y el CONCIERTO 2, al comparar los valores obtenidos. Se representa gráficamente en la Figura 15.

La TABLA 10 muestra los valores de FC alcanzados por los instrumentistas que tocaban como SOLISTAS o formando parte de pequeños grupos de cámara. Participaron 5 sujetos y se monitorizaron en 21 conciertos. Los %FCMT están , en el caso de la FCM, por encima de 70 (intensidad “fuerte”) en 3 sujetos. En el caso de la FCMax, 2 individuos llegan a alcanzar valores correspondientes a una intensidad “muy fuerte” (por encima del 90% de la FCMT) y “fuerte” los individuos restantes, salvo en un registro del VIOLONCELLO nº 3, cuya FCMax está dentro del rango de intensidad “moderada”.

TABLA 9: COMPARACIÓN CONCIERTO 1 - CONCIERTO 2: CUERDA

Instrumento	Ind	Nr	CONCIERTO 1				CONCIERTO 2			
			FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)
CONTRABAJO	1	3	113±7,21	67,66±4,32	82,33±2,08	49,3±1,24	126,33±9,86	75,65±5,9	94±9,64	56,28±5,77
VIOLA	3	3	134,66±18,88	79,99±11,19	99,66±7,09	59,2±4,19	141,67±10,69	84,15±6,31	100,66±2,51	59,8±1,48
	4	1	123	64,39	98	51,3	134	70,15	96	50,26
VIOLÍN	1	3	159,67±7,23	79,31±3,79	135,67±23,5	67,42±11,97	159,7±13,32	79,3±6,71	134,33±14,01	66,74±7,17
	3	1	127	67,91	101	54,01	126	67,37	95	50,08
	4	3	103,33±2,31	54,38±1,21	68,33±0,58	35,96±0,31	111±14,8	58,41±7,79	71,76±5,86	37,48±2,97

Tabla 9: FCMax y FCM con sus correspondientes %FCMT de 6 músicos de cuerda durante 14 conciertos públicos que repitieron tocando el mismo programa musical.

## CUERDAS: Comparación entre CONCIERTO 1 – CONCIERTO 2

No se encontraron diferencias estadísticas en los porcentajes de FCMT, ni para los valores medios ni máximos, cuando se comparó la situación CONCIERTO 1 con la situación CONCIERTO 2, para el mismo programa musical (Figura 15; test de Wilcoxon: para la FCMedia:  $Z= -0,105$ ,  $p=0,916$ ,  $N=6$  sujetos; para la FCMáxima:  $Z= -1,572$ ;  $p=0,116$ ;  $N=6$  sujetos).

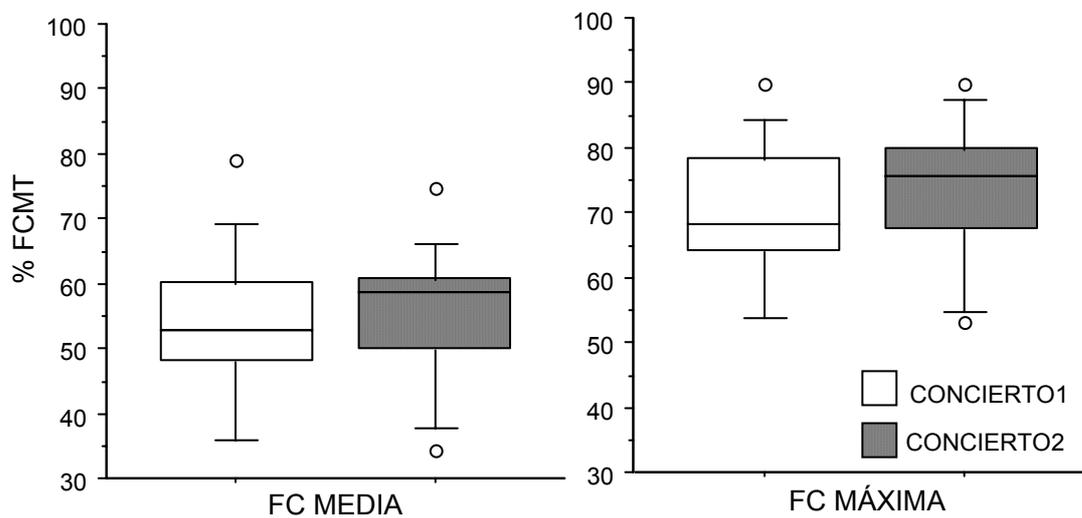


Figura 15: Músicos de cuerda: Diagrama de cajas obtenidos con la distribución de todos los porcentajes de FCMT (14 pares) en función de la situación de CONCIERTO 1 y CONCIERTO 2, para los valores de FC medias y máximas.

TABLA 10: SOLISTAS CUERDA

Solistas	Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ±SD)
VIOLIN	1	15	172 ± 13,3	84,96 ± 6,5	114,2 ± 24,23	149,93 ± 14,80	74,12 ± 7,32
	2	1	157	78,10	117	137	68,15
VIOLONCELLO	3	2	128 y 170	63,05 y 84,57	67 y 97	97 y 134	47,78 y 66,66
	4	2	182 y 186	90,09 y 92,53	131 y 128	167 y 169	82,67 y 84,07
	5	1	160	80	104	141	70,5

Tabla 10: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, alcanzados por 5 músicos solistas durante 21 actuaciones públicas.

TABLA 11: ARPA

Actividad	FCMax	%FCMT	FCmin	FCM	%FCMT
Prueba acústica: L.Berio	140	76,08	114	130	70,65

Tabla 11: Datos de FC registrados en una instrumentista de arpa durante la prueba acústica (ensayo) previa al concierto.



### 3- PIANOS

Las TABLAS 12 a 15 muestran los resultados obtenidos en este grupo de intérpretes.

En la TABLA 12 se ofrecen los valores de FC correspondientes a la SITUACIÓN DE ENSAYO de los 10 pianistas registrados en 43 ocasiones.

Los PIANISTAS en situación de ENSAYO presentaron unos %FCMT correspondientes a la FCM entre un 37,5 y un 71,71% correspondiente a una actividad entre “liviana” y “moderada”, con un caso dentro del rango correspondiente a intensidad “fuerte”. La FCMax alcanza valores de intensidad “fuerte” en 4 sujetos, “moderada” en 5 sujetos, y en 3 de intensidad “liviana”.

La TABLA 13 muestra los valores de FC obtenidos en SITUACIÓN DE CONCIERTO de 4 individuos con 46 registros en total, si bien la mayoría se obtuvieron de los PIANISTA nº 1 y 3. Los %FCMT de los valores de FCM de los 4 sujetos están dentro del rango de intensidad de “moderada” a “fuerte”, con algún registro en el rango de intensidad “muy fuerte” en el caso del PIANISTA nº 1. Los %FCMT de los valores de FCMax están todos dentro del rango de intensidad “fuerte” y “muy fuerte”, con algún caso en el rango de intensidad “máxima” al alcanzar, e incluso sobrepasar, el 100% de la FCMT (PIANISTA nº 1 y nº5).

En la TABLA 14 se comparan los datos de los sujetos tocando el mismo programa musical, en SITUACIÓN DE ENSAYO y DE CONCIERTO. Participaron 5 sujetos en 23 ensayos y sus correspondientes conciertos. (La pianista nº 4 se monitorizó en un ensayo normal y un ensayo general, no admitiendo ser monitorizada en el concierto; en este caso consideramos el ensayo general como la situación de concierto para hacer la comparación).

La SITUACIÓN DE CONCIERTO muestra valores significativamente más altos de FC para la misma obra que la SITUACIÓN DE ENSAYO, como muestra el análisis estadístico de los datos, gráficamente representado en la Figura 16.

TABLA 12: PIANO ENSAYO

Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)
1	16	128,5 ± 28,84	64,38 ± 14,65	75,25 ± 17,33	96,37 ± 23,53	48,26 ± 11,88
2	2	95,5	47,57	53	75	37,50
3	13	121 ± 16,57	60,02 ± 8,45	74,84 ± 12,07	93,46 ± 12,63	46,35 ± 6,44
4	2	148	84,56	103	125,5	71,71
5	3	122,66 ± 22,81	68,42 ± 12,90	81,33 ± 7,23	102 ± 14,17	56,88 ± 8,07
6	2	110	61,99	73	88	49,58
7	2	90,5	45,02	66,5	76,5	38,05
8	1	91	45,72	68	77	38,69
9	1	132	73,74	79	98	54,74
10	1	120	60	84	100	50

Tabla 12: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, correspondientes a 10 pianistas registrados en 43 ocasiones en situación de ensayo.

TABLA 13: PIANO CONCIERTO

Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)
1	16	184,43 ± 18,69	92,24 ± 9,60	121,56 ± 24,15	162 ± 20,82	81,01 ± 10,55
3	28	165,53 ± 12,76	82,33 ± 6,46	98,71 ± 24,20	137,03 ± 17,71	68,13 ± 8,70
5	1	180	101,12	97	136	76,4
10	1	140	70	97	123	61,5

Tabla 13: F FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, correspondientes a 4 pianistas registrados en 46 ocasiones en situación de concierto.

TABLA 14: COMPARACIÓN ENSAYO - CONCIERTO: PIANO

		ENSAYO				CONCIERTO			
Ind	Nr	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)
1	9	135±20,31	67,66±10,21	100,22±18,44	50,20±9,12	179,88±24,12	90,2±12,54	153,44±24,69	76,94±12,72
3	11	126,18±11,24	62,69±5,66	95,63±12,54	47,52±6,32	169,72±9,56	84,32±4,84	146,36±10,04	72,72±5,03
4	1	137	78,28	118	67,42	159	90,85	133	76
5	1	143	79,88	110	61,44	180	101,12	136	76,4
10	1	120	60	100	50	140	70	123	61,5

Tabla 14: FCMax y FCM con sus correspondientes %FCMT de 5 pianistas durante 23 ensayos y 23 conciertos públicos tocando el mismo programa musical.

TABLA 15: COMPARACIÓN CONCIERTO 1 - CONCIERTO 2: PIANO

		CONCIERTO 1				CONCIERTO 2			
Ind	Nr	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCMax (x±SD)	%FCMT (x±SD)	FCM (x±SD)	%FCMT (x±SD)
1	1	194	96,51	174	86,56	198	99	182	91
3	7	167,57±11,35	83,53±5,47	140,43±14,96	69,97±7,14	166,14±10,52	82,83±5,29	133,85±18,05	66,70±8,74

Tabla 15: FCMax y FCM con sus correspondientes %FCMT de 2 pianistas durante 8 conciertos públicos que se repiten con el mismo programa musical.

## PIANO: Comparación entre ENSAYO - CONCIERTO

Los %FCMT, tanto para los valores de FC media como máxima fueron significativamente más altos durante el CONCIERTO público que durante el ENSAYO, para la misma pieza musical (test de Wilcoxon: Para la FCMedia:  $Z= -2,02$ ,  $p=0,04$ ,  $N=5$  sujetos; para la FCMáxima:  $Z= -2,02$ ,  $p=0,04$ ,  $N=5$  sujetos; Figura 16).

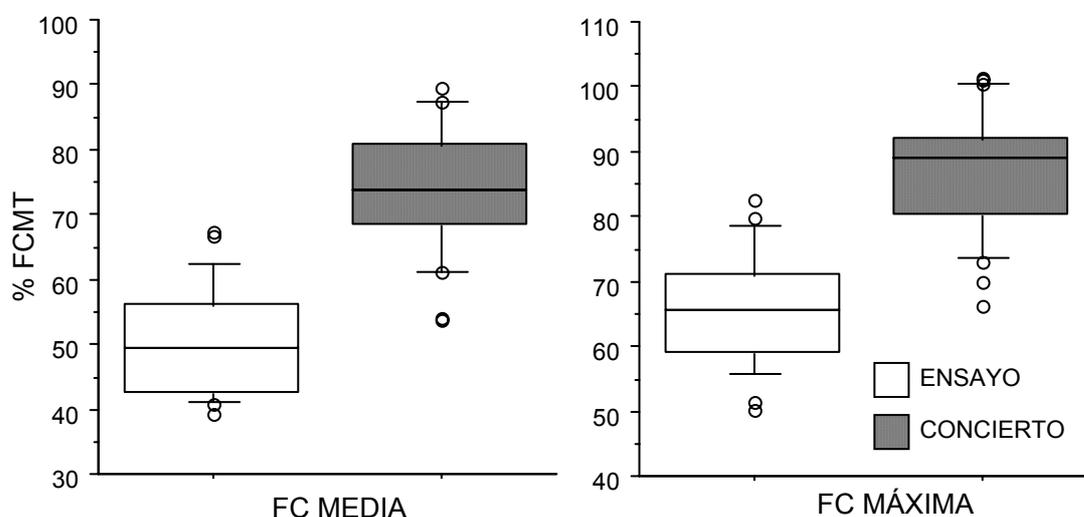


Figura 16. Pianistas: Distribución de todos los porcentajes de FCMT en función de la situación de ENSAYO y CONCIERTO, para los valores de FCMax y FCM.

En el caso de los pianistas, como se puede ver en la TABLA 15, únicamente en dos sujetos se pudieron obtener registros con las mismas obras (situación de CONCIERTO 1 y CONCIERTO 2), muestra insuficiente para la aplicación del test estadístico utilizado en el caso de los músicos de viento y cuerda.

#### 4- PERCUSIÓN

Aunque los percusionistas se registraron en 19 ocasiones (ver TABLA 16), no lo hicieron en situación de ensayo, con lo cual no se pudo realizar la comparación ensayo- concierto, y al ser solo dos sujetos tampoco se hizo el análisis estadístico que comparara CONCIERTO 1 con CONCIERTO 2 (ver TABLA 17). Se pueden ver gráficas de estos sujetos obtenidas en dos ocasiones distintas con el mismo programa como muestra de la repetitividad del trazado (ver Gráfica 21).

El PERCUSIONISTA nº 1 tiene sus valores de FCMax en el rango de intensidad “fuerte” y “muy fuerte” ( $86,94 \pm 11,08$ ) y los de la FCM en el rango de intensidad “moderada”. El PERCUSIONISTA nº 2, tiene así mismo los valores de FCM en el rango de intensidad “moderada” y los de FCMax en el de intensidad “fuerte”.

En la TABLA 18 se detalla el cálculo de los coeficientes de penosidad durante el trabajo de los percusionistas, aplicando los Criterios de FRIMAT resultando su trabajo entre “duro” (PERCUSIONISTA nº 2) y “extremadamente duro” (PERCUSIONISTA nº 1).

TABLA 16: PERCUSIÓN CONCIERTO

Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCmin (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)
1	9	160,55 ± 20,42	86,94 ± 11,08	92 ± 9,06	114,33 ± 13,63	61,90 ± 7,34
2	10	137,3 ± 10,19	75,80 ± 5,59	81,3 ± 6,75	101,8 ± 8,03	56,20 ± 4,4

Tabla 16: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT correspondientes a los valores de FCMax y FCM de 2 percusionistas registrados en 19 ocasiones en situación de concierto.

TABLA 17: COMPARACIÓN CONCIERTO 1 - CONCIERTO 2: PERCUSIÓN

		CONCIERTO 1				CONCIERTO 2			
Ind	Nr	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCMax (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)	FCM (x ± SD)	%FCMT (x ± SD)
1	3	151,33±22,18	81,94±11,93	108,66±13,2	58,82±7,01	167±21,16	90,43±11,54	123,33±11,15	66,78±5,96
2	3	135,33±9,45	74,76±5,22	99,33±6,11	54,87±3,37	137,33±11,06	75,87±6,11	105,67±8,96	58,37±4,95

Tabla 17: FCMax y FCM con sus correspondientes % FCMT de 2 percusionistas durante 6 conciertos públicos que repiten con el mismo programa musical.

TABLA 18: APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE FRIMAT

Edad	FCMT	FC de reposo	FCmax(t)	FCM	$\Delta FC$ (FCmax(t)-FCM)	CCA (FCM-FCR)	CCR (CCA/FCMT-FCR)	Coef.de penosidad
34	185	39	179(6)	124(6)	55(6)	124-39=85(6)	58,21%(6)	30
34	185		137(4)	93(1)	44(6)	54(6)	36,98%(6)	23
34	185		176(6)	123(6)	53(6)	84(6)	57,53%(6)	30
34	185		183(6)	136(6)	47(6)	97(6)	66,43%(6)	30
34	185		133(4)	106(5)	27(2)	67(6)	45,89%(6)	23
34	185		143(5)	115(6)	28(2)	76(6)	52,05%(6)	25
35	184		174(6)	116(6)	58(6)	77(6)	52,73%(6)	30
35	184		145(5)	97(2)	48(6)	58(6)	39,72%(6)	25
35	184		175(6)	119(6)	56(6)	80(6)	54,79%(6)	30

**X=27,33**

38	182	58	147(5)	110(6)	37(5)	110-58=52(6)	41,93%(6)	28
39	181		147(5)	91(1)	56(6)	33(6)	26,82%(5)	23
39	181		128(2)	98(2)	30(4)	40(6)	32,52%(6)	20
39	181		127(2)	100(4)	27(2)	42(6)	34,14%(6)	20
39	181		132(4)	106(5)	26(2)	48(6)	39,02%(6)	23
39	181		136(4)	116(6)	20(1)	58(6)	47,15%(6)	23
39	181		141(5)	108(5)	33(4)	50(6)	40,65%(6)	26
39	181		120(2)	94(1)	26(2)	36(6)	29,26%(5)	16
39	181		146(5)	94(1)	52(6)	36(6)	29,26%(5)	23
39	181		149(5)	101(4)	48(6)	43(6)	34,95%(6)	27

**X=22,9**

Tabla 18: Aplicación de los criterios de FRIMAT, para el cálculo de los coeficientes de penosidad durante el trabajo, a dos percusionistas durante 19 conciertos públicos.

## **5- MUSICOS DEL NORTE DE LA INDIA**

Las grabaciones de la FC en el caso de los músicos hindúes, tocando música clásica de la India (TABLA 19) nos ofrecen una muestra del trabajo de los dos instrumentistas. Como se puede observar, a lo largo de la hora y media aproximada de concierto el Sitarista tiene su FCM en el rango de intensidad de trabajo “moderado”, con picos de FCMax de intensidad “fuerte” y “máxima”.

En estos conciertos de Sitar y Tabla el tablista tiene la mayor parte del tiempo un papel acompañante, y en algunos movimientos de la obra (o Raga) tiene periodos de escucha en los que solo interviene el Sitar, esto podría explicar la menor FCM del tablista, aunque su FCMax está en el rango de intensidad “fuerte” y “muy fuerte”(Ver Gráfica n°24).

TABLA 19: CONCIERTOS DE MÚSICA CLÁSICA DEL NORTE DE LA INDIA

Instrumentos	Ind.	FCMax	%FCMT	FCmin	FCM	%FCMT	Duración	Fecha
SITAR	1	192	103,22	78	119	63,97	1h 25'	17/03/00
	1	157	84,4	89	117	62,9	1h 26'55"	18/03/00
TABLA	1	172	91,48	59	91	48,40	1h22'40"	17/03/00
	1	135	71,8	65	85	45,21	1h25'	18/03/00
	1	135	71,8	79	100	53,19	1h30'8"	12/12/00

Tabla 19: FCMax, FCmin, FCM y los %FCMT calculados para los valores de la FCMax y FCM, correspondientes a 2 músicos de la India registrados en 5 ocasiones en situación de concierto.

## **6- RESULTADOS DEL TEST DE ESFUERZO**

Se exponen en la TABLA 20 los resultados del test de esfuerzo hasta la extenuación realizado a 15 sujetos. La media de las FCMáximas reales fue de  $187,2 \pm 11,9$  y la media de las FCMáximas teóricas (según la fórmula  $220 - \text{edad}$ ) fue de  $188,8 \pm 6,8$ . No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la FCMáxima Real y la FCMáxima Teórica (test de Wilcoxon:  $Z = -0,341$ ,  $p = 0,733$ , para  $N = 15$  sujetos).

TABLA 20

Sujetos	Edad (años)	Peso (Kgr)	Talla (m)	IMC P/T <sup>2</sup>	FCMax real (lpm)	FCMT (lpm) 220-edad	VO <sub>2</sub> max (L/min)	VO <sub>2</sub> max (mL/Kg/min)	VEmax	Wattios
CLARINETE 1	33	76,5	1,85	22,35	196	187	2.821	37,1	106,5	325
CLARINETE 4	35	85	1,78	26,82	188	185	3.252	38,3	154,8	300
CLARINETE 10	20	60	1,65	22,03	211	200	3.660	61	147,8	275
FAGOT	34	67	1,74	22,18	174	186	2.127	31,8	87,1	225
FLAUTA 4	22	80,3	1,74	26,58	184	198	2.782	34,6	103,5	275
OBOE 2	33	80,2	1,66	28,93	157	187	2.339	29,2	76,8	225
OBOE 3	27	69	1,77	22,02	189	193	2.636	38,2	91,8	220
TROMBÓN 2	39	105,1	1,73	34,91	189	181	3.560	33,9	118,7	240
TROMPA 2	36	81,1	1,84	23,82	186	184	3.708	45,7	118	340
TROMPETA 2	30	95	1,76	30,66	194	190	2.321	24,4	99,4	225
PERCUSIÓN 1	36	83,4	1,85	24,36	188	184	3.566	42,8	122,2	260
PIANO 3 (mujer)	19	55	1,60	21,35	188	201	2.000	36,4	73,9	200
PIANO 5 (mujer)	43	63,1	1,62	24,04	197	177	1.577	25	67,6	160
VIOLA 4	31	69,5	1,70	24,04	190	189	2.698	38,5	94,1	180
VIOLÍN 4	30	80,3	1,83	23,97	178	190	4.024	50,3	159,2	325
Media	31,2				187,2	188,8				
Desv. Standard	6,8				11,9	6,8				

Tabla 20: Resultados del test de esfuerzo realizado a 15 sujetos



## **DISCUSIÓN**



## DISCUSIÓN

Sólo hemos encontrado dos trabajos que se aproximen a los objetivos de nuestro estudio, el de Mulcahy y col. (1990), dirigido a detectar cambios en el ritmo circadiano de la FC de los miembros de una orquesta (músicos y personal auxiliar), y el de Hunsaker (1994) realizado con monitor de electrocardiografía Holter, en trompetistas, lo que dificulta la discusión de nuestros datos.

Aunque los fines y la metodología de estos estudios difieren de los nuestros, los referimos porque en ellos se llevó a cabo la monitorización cardíaca de músicos durante su trabajo.

Mulcahy demostró la necesidad del ajuste horario de los tratamientos de protección cardiovascular en personas que, como los músicos y personal auxiliar de una orquesta, realizan su actividad fuera del horario habitual. Para ello realizó una monitorización electrocardiográfica de dichos trabajadores durante 24 horas, comparándolos con el patrón circadiano de la FC de sujetos sedentarios. Este intervalo incluía ensayo general por la mañana y concierto por la noche. A pesar de que obtuvo la media de las FC de todos los miembros de la orquesta, tocan o no en un determinado programa, encontró una mayor FC durante ensayo y concierto que durante el reposo. Las medias de las FCMaximas fueron durante el ensayo de 91,3 lpm y durante el concierto de 97,7 lpm. Para una media de edad de 40 años, como es el caso, estas medias suponen un 50,7% y un 54,2% de la FCMT en ensayo y concierto, respectivamente. Estas máximas son más bajas que las registradas por nosotros (ver tablas de resultados) aunque la comparación es sólo orientativa, porque el diseño del estudio es diferente.

El estudio de Mulcahy estaba dirigido a valorar un patrón de actividad cardiovascular que se modifica según el tipo de jornada laboral, no una carga de trabajo. Así se explica que compararan, por ejemplo, la sección de viento con la sección de cuerda en un programa como la *Sinfonía 40* de Mozart y *Metamorphosen for 23 solo strings*, de R. Strauss, señalando que la FC fue mayor en la sección de cuerda, sin tener en cuenta que el viento no intervenía en gran parte del programa (100,2 latidos/minuto en la sección de cuerda frente a los 91,8 latidos/minuto de media de las FCMaximas de la sección de viento). Estas medias, además, las comparan con un programa en el que se interpretan obras de Rachmaninov y Tchaikovsky, donde sí participa activamente la sección de viento, resaltando que éstos mostraron medias de

FC máximas más altas que en el primer programa y sugiriendo que Strauss y Mozart son menos estresantes.

Nosotros tuvimos la ocasión de monitorizar al clarinete principal de la OSPA durante dos conciertos consecutivos de un programa que incluía, así mismo, la *Sinfonía n° 40* de Mozart y otras obras de Schubert y Revueltas, siendo la grabación correspondiente a Mozart la que registró las FC máximas y medias más bajas. El mismo fenómeno se detectó al grabar al trompetista principal de la misma orquesta durante un programa con el *Concierto para piano y orquesta n° 20* de Mozart y la *Sinfonietta en Re mayor para violín solo, violonchelo y contrabajo* de Ernesto Halffter: una FC máxima de 157 latidos (81,77%FCMT) en Halffter frente a los 116 de Mozart (60,41%FCMT) (Trompetista n° 2, registros 4a, 4b, ver Gráfica 10 de los ejemplos presentados). En otras ocasiones las diferencias encontradas no han sido tan claras.

Hunsaker (1994) estudia mediante monitor Holter a una serie de trompetistas buscando alteraciones del ritmo cardíaco. Detecta mayor FC tocando que en reposo y en concierto mayor que en ensayo. En 21 sujetos comparan las medias de las FC Máximas en reposo y durante un estudio estandarizado ( $92,19 \pm 13,43$  y  $119,05 \pm 15,45$ ). En 9 sujetos (de 19 a 46 años) compara las FC Medias durante ensayo y concierto con la misma obra, obteniendo valores de 74 a 128 lpm para el ensayo y de 92 a 170 lpm durante el concierto. La autora concluye que “los pronunciados cambios en la frecuencia y el ritmo cardíacos registrados mientras los sujetos tocaban la trompeta no persisten después de tocar” y que “en ausencia de otros síntomas, estos cambios del ECG pueden considerarse variantes normales que ocurren en función de tocar un instrumento”.

Nuestros hallazgos coinciden con los de esta autora en lo que se refiere al aumento de FC mientras se está tocando, tanto en los ensayos como en los conciertos, y lo demostramos no solamente en trompetistas sino en todas las familias instrumentales.

Por otra parte los músicos profesionales han sido estudiados en otros aspectos, como por ejemplo, en el caso de los instrumentistas de viento, los mecanismos respiratorios implicados en la producción del sonido (Bouhuys, 1964), las altas presiones que deben ejercer sobre la embocadura del instrumento y los problemas orofaciales (Howard y Lovrovich, 1989) y visuales (Schuman y col., 2000) con los que pueden encontrarse. Así mismo se han descrito alteraciones electrocardiográficas en trompetistas (Fiz y col., 1993; Hunsaker, 1994) y

trompistas (Borgia y col., 1975; Dimsdale y col., 1995) atribuidas al estrés cardiocirculatorio que supone el mantenimiento de una espiración forzada contra resistencia.

Múltiples estudios han sido dirigidos a toda la serie de problemas osteomusculares y neurológicos de todas las familias instrumentales (Lockwood, 1989; Bejjani y col., 1996; Zaza, 1998; Hoppmann, 2001). Todos coinciden en señalar el carácter multifactorial del daño y de su abordaje terapéutico.

Muchos de estos estudios se han llevado a cabo en laboratorio (Bouhuys, 1964; Borgia y col., 1975; Nizet y col., 1976; Fiz y col., 1993), pretendiendo evitar factores emocionales relacionados con la dificultad de las obras a interpretar, la presencia del público y el miedo a ser juzgados musicalmente, componentes todos ellos ineludibles en el trabajo del músico. Cabe destacar el estudio de Bouhuys, de 1964 sobre fisiología respiratoria en músicos de viento. Dicho autor, a partir de los resultados obtenidos en laboratorio, clasificó el trabajo del músico como “menos que fuerte” por no sobrepasar en ningún caso los 115 lpm en los 5 a 7 min. que duraba la prueba. Aunque la pieza que utilizó para la prueba reunía una amplia gama de matices y notas, era una prueba de laboratorio, no la situación real de trabajo del músico.

Abel y Larkin (1991) señalaron la respuesta cardiovascular diferente observada en el laboratorio y el entorno natural y la inexactitud de la extrapolación de resultados. Así mismo Larger y Ledoux (1996) reconocen que “Las medidas cardiovasculares en músicos se deben obtener idealmente en condiciones reales de trabajo, en ensayos y durante actuaciones públicas que requieran mayores y menores grados de esfuerzo físico y mental”.

En nuestros estudios hemos recogido lo que ocurre realmente, mientras el músico está realizando su actividad profesional, sin ninguna intervención por nuestra parte, siempre respetando la libertad del músico de efectuar o no el registro. Ninguno de los que han accedido a participar en nuestro estudio ha manifestado miedo o ansiedad incapacitante ante la actuación pública.

Investigadores del campo de la psicología han realizado registros de FC en estudiantes de música, al considerar esta variable un buen indicador de ansiedad y miedo escénico (Craske y Rachman, 1987; Fredrikson y Gunnarsson, 1992). No obstante Clark (1991), tras tratar con éxito el miedo escénico en músicos y oradores, no encontró el descenso esperado de la FC durante la interpretación musical, que sin embargo sí se consiguió en el grupo de conferenciantes.

Zelený y Kujalová (1975) en su estudio “Evaluación de la carga de trabajo de los miembros de la Orquesta Sinfónica de la Radio de Praga sobre la base de excreción de catecolaminas”, no encuentran el aumento esperado de catecolaminas como respuesta al estrés durante dicho trabajo.

En ningún estudio se ha utilizado la FC con el fin de valorar la intensidad del esfuerzo físico del músico, como sí se hace en el campo laboral (Solé, 1991; Montoliu y col., 1995) o deportivo (Boulay, 1995; Gorrotxategui y Algarra, 1996; O’Toole y col., 1998; Fernández-García y col., 2000).

En nuestro estudio se puede observar que distintas obras requieren distinta demanda cardíaca y las curvas obtenidas señalan esa diferencia dentro de un mismo concierto. Cuando a varios músicos se les registra su FC, durante una misma obra, en un programa de música de cámara, o un trabajo orquestal, puede adivinarse la distinta implicación o demanda, según evoluciona la obra, de unos instrumentos y otros. Ver en los ejemplos la Gráfica 3 (Clarinetista nº10 y Pianista nº3), Gráfica 8 (Flautista nº4 y Pianista nº3), Gráfica 15, correspondiente al Viola y el Contrabajo principales de la OSPA, o las Gráficas 22 y 23, en las que se muestran superpuestas las FC de dos Percusionistas de esta misma orquesta.

Es también de interés comentar que hemos encontrado FC especialmente altas durante obras de compositores contemporáneos, como las registradas durante un concierto monográfico sobre Luciano Berio, en el que tuvimos la oportunidad de grabar a los solistas que interpretaron algunas de las *Sequenzae* (*Clarinete, Arpa, Oboe y Trombón*), consideradas musicalmente como uno de los máximos exponentes de dificultad interpretativa de la música del siglo XX. En concreto el trombonista alcanzó una FCMax. del 97,82% de la FCMT, con una media del 86,95% durante los 7’5’’ que dura la *Sequenza* (Trombón nº 2, registro 1, Gráfica 12 de los ejemplos expuestos anteriormente). Dicho intérprete refirió “no estar nervioso en absoluto” y no presentó ninguno de los signos físicos que junto al aumento de la FC han sido relacionados con la ansiedad durante la actuación, como boca seca, temblor o sudoración de manos (Wesner y col., 1990).

En los registros efectuados hemos observado que los músicos presentan un aumento de FC mientras realizan su actividad, mucho mayor del que se ha descrito o cabría esperar de una supuesta actividad de tipo sedentario, siendo, en algunos casos, una actividad cardíaca

equivalente a la que se produce cuando se realiza ejercicio de elevada intensidad, como se puede observar en los registros efectuados a músicos solistas.

Aquí cabe recordar la clasificación de la intensidad del trabajo físico en función de los porcentajes de FCMT alcanzados, del ACSM (1998):

<b>Intensidad del esfuerzo</b>	<b>% de la FCMT</b>
Muy liviana.....	<35
Liviana.....	35-54
Moderada.....	55-69
Fuerte.....	70-89
Muy fuerte.....	≥90
Máxima.....	100

Según estas referencias y en vista de los resultados obtenidos en nuestro estudio, la demanda cardíaca del trabajo del músico puede abarcar todo el rango de intensidades de esfuerzo que nos ofrece dicha clasificación, en función de distintas situaciones.

Así en 19 músicos de VIENTO monitorizados en SITUACIÓN DE ENSAYO, los %FCMT correspondientes a las FCM de 9 sujetos son superiores al 55%, lo que equivale a una actividad de intensidad “moderada”. En cuanto a las FCMax obtenidas, en 10 de los sujetos monitorizados alcanzan valores de intensidad “fuerte”, esto es, por encima del 70% de la FCMT.

De los 17 individuos que se monitorizaron en SITUACIÓN DE CONCIERTO, los valores de FCM alcanzaron el rango de intensidad “moderada” o “fuerte” en 13 sujetos. Los %FCMT de los valores de FCMax fueron en 14 sujetos del rango de intensidad “fuerte” o superior, ya que en 4 sujetos (CLARINETES n°1 y n°10, TROMBÓN n°2 y TROMPETA n°2) se obtuvieron registros con valores de FCMax en el rango de intensidad “muy fuerte” según la clasificación del ACSM.

En músicos de viento SOLISTAS los valores de las FCM equivalen a una intensidad “moderada” y “fuerte”, y en el caso de las FCMax, 4 de los 10 individuos llegan a alcanzar valores correspondientes a una intensidad “muy fuerte” (por encima del 90% de la FCMT) y “fuerte” en los 6 individuos restantes.

Los MÚSICOS DE CUERDA en situación de ENSAYO presentan, en el caso de la FCM, unos %FCMT comprendidos entre un 37,1% y un 64%, que corresponden a una actividad entre “liviana” y “moderada”, En cuanto a la FCMax, los %FCMT son en su mayoría valores de intensidad “moderada”. La VIOLA nº3 alcanza un valor del 82,73% de su FCMT, el VIOLONCELLO nº5 del 74% y en algún registro del VIOLÍN nº1 se observan así mismo porcentajes correspondientes a una intensidad “fuerte”, esto es, por encima del 70% de la FCMT.

En situación de CONCIERTO se monitorizaron 20 músicos de cuerda. Los %FCMT de los valores de FCM de 10 de estos sujetos estuvieron dentro del rango de intensidad “moderada”. En otros 4 sujetos (VIOLA nº2, VIOLONCELLOS nº4 y nº5 y VIOLÍN nº1) se observan FCM que se sitúan en el rango de intensidad “fuerte”. Los %FCMT de los valores de FCMax están todos, menos el CONTRABAJO nº2, dentro del rango de intensidad “moderada” y “fuerte”. La VIOLA nº3 con algún registro sobrepasando el 90% de la FCMT y el VIOLONCELLO nº4 con una media de %FCMT del 91,31 alcanzan el rango de intensidad “muy fuerte”.

Los PIANISTAS en situación de CONCIERTO presentaron unos valores de FCM dentro del rango de intensidad “moderada” a “fuerte”, con algún registro en el rango de intensidad “muy fuerte”, en el caso del PIANISTA nº1. Los %FCMT de los valores de FCMax están todos dentro del rango de intensidad “fuerte” y “muy fuerte”, con algún caso en el rango de intensidad “máxima” al alcanzar, e incluso sobrepasar, el 100% de la FCMT (PIANISTAS nº1 y nº5, ver Gráfica 20).

Por otra parte, siguiendo las Normas Técnicas Preventivas publicadas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, dependiente del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, NTP 295: “Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca”, (Solé 1991) y NTP 323: “Determinación del metabolismo energético” (Nogareda y Luna 1993), aplicamos los criterios de Frimat, indicados para fases cortas del ciclo de trabajo, a dos de los PERCUSIONISTAS de la OSPA durante 19 conciertos, (ver TABLA 18) y encontramos que, sumando los coeficientes de penosidad indicados, la puntuación obtenida da una valoración del trabajo entre “duro” y “extremadamente duro”, a pesar de los aparentes “tiempos muertos” de los percusionistas durante los conciertos de música clásica, vistos desde el patio de butacas.

Las curvas de FC obtenidas del mismo concierto durante dos días consecutivos, con el mismo director, a la misma hora, son solapables (ver Gráficas 6 y 21). En el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre las dos situaciones.

Las diferentes respuestas cardíacas de un mismo músico en las diferentes partes de un concierto, junto con el hallazgo de su reproducibilidad, en los ensayos y conciertos en que se repiten las obras, orienta a que esa respuesta de la FC se deba a un esfuerzo físico concreto relacionado con el trabajo realizado en cada momento.

## CONCLUSIONES

1. Los músicos profesionales estudiados presentan como promedio, durante los conciertos públicos, una frecuencia cardíaca media del 60,2% de su frecuencia cardíaca máxima teórica.
2. Estos músicos profesionales promedian, durante los conciertos públicos, unas frecuencias cardíacas máximas del 76,8 % de su frecuencia cardíaca máxima teórica.
3. Estos valores de frecuencia cardíaca observados son más elevados que los descritos previamente, situándose en un rango de intensidad de trabajo de “moderado” a “fuerte”.
4. La frecuencia cardíaca es significativamente más alta en conciertos públicos que en ensayos, para la misma obra musical.
5. La frecuencia cardíaca máxima real de los sujetos que se sometieron a un test de esfuerzo, en cicloergómetro, fue similar a su frecuencia cardíaca máxima teórica.

## RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

a) Consideramos que los médicos deben ser conscientes del esfuerzo cardíaco que puede tener que afrontar un posible paciente músico, a la hora de valorar, por ejemplo, la vuelta al trabajo tras un evento cardiovascular. Así mismo consideramos la importancia de estos hallazgos para los profesionales de la música, al mostrarles la necesidad especial de llevar unos hábitos de vida saludables.

b) A la vista de los resultados, los estudiantes de música deberían conocer que durante la interpretación musical la demanda cardíaca es mayor que durante el reposo, y que esa demanda puede llegar a ser bastante intensa en algunas ocasiones. Así como un deportista o un trabajador manual convive sin ansiedad con el aumento de pulsaciones debidas al esfuerzo realizado, el músico debe estar preparado física y psicológicamente para esa sensación.

c) Dado que el ejercicio físico aumenta la salud cardiovascular y musculoesquelética (Tulppo y col., 1998), disminuye la frecuencia cardíaca y aumenta las endorfinas, sustancias implicadas en la sensación de bienestar, relajación y tolerancia al estrés (Terrados, 1993), recomendamos especialmente a los músicos la práctica regular de ejercicio físico como medida de salud física y mental.



## **BIBLIOGRAFÍA**



## BIBLIOGRAFÍA

1. Abel J.L., Larkin K.T.: Assessment of cardiovascular reactivity across laboratory and natural setting. *Psychosom Res* 35(2-3):365-73, 1991.
2. Achten J., Jeukendrup A.E.: Heart Rate Monitoring. Applications and Limitations. *Sports Med* 33(7):517-538, 2003.
3. Ainsworth B.E., Haskell W.L., Leon A.S., Jacobs Jr D.R., Montoye H.J., Sallis J.F., Paffenbarger Jr R.S.: Compendium of Physical Activities: Classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc* 25(1):71-80, 1993.
4. Alijarde Guimera M., Vidal Secanell J.M., Palazuelos Bertó V.: Indicaciones y técnicas actuales de la prueba de esfuerzo. Guías de Actuación Clínica en Cardiología dirigidas a la Atención Primaria. Sociedad Española de Cardiología 1997.
5. American College of Sports Medicine (ACSM): La cantidad y calidad de ejercicio recomendadas para desarrollar y mantener una buena salud cardiovascular y muscular y una flexibilidad apropiada en los adultos jóvenes. *Med Sci Sports Exerc* 30(6):975-991, 1998.
6. Åstrand P.O., Rodahl K.: Fisiología del Trabajo Físico. Ed. Médica Panamericana S.A. 2ªed. Buenos Aires, 1985.
7. Åstrand P.O.: Exercise Physiology and its Role in Disease Prevention and Rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 68:305-309, 1987.
8. Bejjani F.J., Kaye G.M., Benham M.: Musculoskeletal and neuromuscular conditions of instrumental musicians. *Arch Phys Med Rehabil* 77:406-13 Rev., 1996.
9. Bernard T., Gavarry O., Bermon S., Giacomoni M., Marconnet P., Falgairette G.: Relationships between oxygen consumption and heart rate in transitory and steady states of exercise and during recovery: influence of type of exercise. *Eur J Appl Physiol* 75:170-176, 1997.
10. Borgia J.F., Horvath S.M., Dunn F.R., Von Phul P.V., Nizet P.M.: Some Physiological Observations on French Horn Musicians. *J of Occup Med* 17(11):696-701, 1975.
11. Bouhuys A.: Lung volumes and breathing patterns in wind instrument players. *J Appl Physiol* 19(5):967-975, 1964.
12. Boulay M.R.: Physiological monitoring of elite cyclists. *Sports Med* 20(1):1-11, 1995.
13. Brenner I.K., Thomas S., Shephard R.J.: Spectral analysis of HRV during heat exposure and repeated exercise. *Eur J Appl Physiol* 76(2):145-56, 1997.

14. Brown S.P., Wu Q., Li H., Mao X.: Cardiorespiratory responses to low-intensity heart rate controlled exercise in female subjects. *J Sports Med Phys Fitness* 34:279-83, 1994.
15. Brown T.E., Beightol L.A., Koh J. and Eckberg D.L.: Important influence of respiration on human R-R interval power spectra is largely ignored. *J Appl Physiol* 75(5):2310-2317, 1993.
16. Cáceres Armendáriz P., García González J.: El ruido y los músicos de la orquesta sinfónica. Póster. XII Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Valencia 20-23 noviembre 2001.
17. Casals. Fotografías de Fritz Henle. Ediciones Sven Erik Bergh. Gráficas Sorima, S.A. Málaga, 1975.
18. Clark D.B., Agras W.S.: The assessment and treatment of performance anxiety in musicians. *Am J Psychiatry*. 148:598-605, 1991.
19. Cortina A., Martínez Elbal L.: La respuesta del corazón normal al ejercicio. *Separata Arch Fac Med*. Madrid. Vol.XVII, nº 2. Feb., 1970.
20. Cousteau J. P.: Cardiología del deporte. Ed. Masson S.A. Barcelona, 1989.
21. Craske M.G., Rachman S.J.: Return of fear: Perceived skill and heart-rate responsivity *Br J Clin Psychol* 26:187-199, 1987.
22. Crisafulli A., Pittau G., Lorrain L., Carcassi A.M., Cominu M., Tocco F., Melis F., Concu A.: Poor reliability of heart rate monitoring to assess oxygen uptake during field training. *Int J Sports Med* DOI 10.1055/s-2005-837504, 2005.
23. De Meersman R.E.: Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 125:726-31, 1993.
24. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. XXI edición, 2001.
25. Díez Noguera A.: Ritmos biológicos en los seres vivos. En: *Crono Biología Farmacología Patología*. Directores Tamargo J., Barberá J.M. Ed. Mayo S.A. pp1-20. Barcelona, 2005.
26. Dimsdale J.E., Nelesen R.A.: French-horn hypertension. *The New Engl J Med* 333(5)326-327, 1995.
27. Eco U.: Apocalípticos e integrados. Ed. Lumen S.A. y Tusquets editores S.A. Barcelona, 1995.
28. Elbert T., Rockstroh B.: Una huella en el córtex de los violinistas. *Mundo científico*. 172:880-883, 1996.
29. Ellestad M.H.: Chronotropic Incompetence. The implications of Heart Rate Response to Exercise (Compensatory Parasympathetic Hiperactivity?) *Circulation* 93(8):1485-1487, 1996.

30. Engelen M., Porszasz J., Riley M., Wasserman K., Maehara K., and Barstow T.J.: Effects of hypoxic hypoxia on O<sub>2</sub> uptake and heart rate kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol* 81(6):2500-2508, 1996.
31. Fernández-García B., Pérez-Landaluce J., Rodríguez-Alonso M., Terrados N.: Intensity of exercise during road race pro-cycling competition. *Med Sci Sports Exerc* 32(5):1002-1006, 2000.
32. Fiz J.A., Aguilar J., Carreras A., Teixido A., Haro M., Rodenstein D.O., Morera J.: Maximum respiratory pressures in trumpet players. *Chest* 104(4):1203-1204, 1993.
33. Fletcher G.F., Balady G., Froelicher V.F., Hartley L.H., Haskell W.L., Pollock M.L.: Exercise Standards. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. Special Report. *Circulation* 91:580-615, 1995.
34. Fox E.L.: Fisiología del deporte. Editorial Médica Panamericana S.A. Buenos Aires, 1988.
35. Fredrikson M., Gunnarsson R.: Psychobiology of stage fright: The effect of public performance on neuroendocrine, cardiovascular and subjective reactions. *Biological Psychology* 33:51-61, 1992.
36. Fuertes García A.: Prueba de esfuerzo. Aspectos prácticos. Ediciones Ergon. Madrid, 1995.
37. Ganong W.F.: Manual de Fisiología Médica. Editorial El Manual Moderno, S.A. México, 1974.
38. Gorrotxategui A., Algarra J.L.: Entrenar con Pulsómetro. Preparación personalizada para el ciclista. Dorleta S.A. 1ª ed. Diciembre 1996.
39. Hiilloskorpi H.K., Pasanen M.E., Fogelholm M.G., Laukkanen R.M., Mänttari A.T.: Use of heart rate to predict energy expenditure from low to high activity levels. *Int J Sports Med* 24:332-336, 2003.
40. Hoppmann R.A.: Instrumental musicians' hazards. *Occup Med* 16(4):619-631 Review, 2001.
41. Howard J.A., Lovrovich A.T.: Wind instruments: their interplay with orofacial structures *Med Probl Perform Art* Jun;59-72, 1989.
42. Hulbert S.H.: Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol Monogr* 54:187-211, 1984.
43. Hunsaker L.A.: Heart Rate and Rhythm Responses during Trumpet Playing. *Med Probl Perform Art* 9:69-72, 1994.

44. Iellamo F., Legramante J.M., Raimondi G., Castrucci F., Calogero Foti C.D., Peruzzi G., Caruso I.: Effects of isokinetic and isometric submaximal exercise on heart rate and blood pressure. *Eur J Appl Physiol* 75:89-96, 1997.
45. Jeukendrup A., Van Diemen A.: Heart rate monitoring during training and competition in cyclists. *J Sports Sci* 16 supp 1, pp 91-99, DOI 10.1080/026404198366722, 1998.
46. Kamath M.V., Fallen E.L., McKelvie R.: Effects of steady state exercise on the power spectrum of heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 23(4):428-434, 1991.
47. Koang Q.C.: Étude audiométrique d'une population d'étudiants du CNSM. *Médecine des Arts*. 33, 2000.
48. Larger E., Ledoux S.: Cardiovascular effects of French horn playing. *Lancet* 348:1528, 1996.
49. Lazoglu A.H., Glace B., Gleim G.W., Coplan N.L.: Exercise and heart rate variability. *Am Heart J*. 131:825-827, 1996.
50. Lockwood A. H. :Medical Problems of musicians. *N Engl J Med* 320:221-227, 1989.
51. María Moliner. Diccionario del uso del español, Ed. Gredos. Madrid, 1998.
52. Martin P., Bateson P.: Measuring Behaviour: An Introductory Guide. 2nd ed. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 222 pp. 1993.
53. McArdle W.D., Katch F.I., Katch V.L.: Fisiología del Ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. Edit. Alianza Deporte. Madrid, 1995.
54. Michels U.: Atlas de música, I. "Alianza Atlas". 3ª reimpresión. Madrid, 1989.
55. Montoliu M.A., González V., Palenciano L.: Cardiac frequency throughout a working shift in coal miners. *Ergonomics*. 38(6):1250-1263, 1995.
56. Mulcahy D., Keegan J., Fingret A., Wright C., Sparrow J., Curcher D., Fox K.M.: Circadian variation of heart rate is affected by environment: a study of continuous electrocardiographic monitoring in members of a symphony orchestra. *Br Heart J* 64(6):388-392, 1990.
57. Nizet P.M., Borgia J.F., Horvath S.M.: Wandering atrial pacemaker (prevalence in French hornist). *J Electrocardiol* 9(1):51-52, 1976.
58. Nogareda Cuixart S., Luna Mendaza P.: Determinación del metabolismo energético. Normas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, NTP 323, 1993.
59. O'Leary D.S.: Heart rate control during exercise by baroreceptors and skeletal muscle afferents. *Med Sci Sports Exerc* 28(2):210-217. Review, 1996.

60. Oka R.K.: Evaluación de la actividad física en el paciente con insuficiencia cardíaca. cap.7, pag.53-61 Serie monográfica de la *American Heart Association*: Insuficiencia Cardíaca Congestiva. Aspectos clínicos actuales. Editores: Kennedy G.T., Crawford M.H. 1ªEd. Española, 1998.
61. Okin P.M., Lauer M.S., Kligfield P.: Chronotropic response to exercise. Improved performance of ST-segment depression criteria after adjustment for heart rate reserve. *Circulation* 94(12):3226-3231, 1996.
62. Orozco Delclós L., Solé Escobar J.: Tecnopatías del Músico. Prevención y tratamiento de las lesiones y enfermedades profesionales de instrumentistas y cantantes. Aritza Comunicación. S.L. Barcelona, 1996.
63. O'Toole M.L., Douglas P.S., Hiller W.D.B.: Use of heart rate monitors by endurance athletes: lessons from triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 38:181-187. Review, 1998.
64. Perini R., Orizio C., Baselli G., Cerutti S.: The influence of exercise intensity on the power spectrum of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol* 61(1-2):143-148, 1990.
65. Perini R., Orizio C., Milesi S., Biancardi L., Baselli G.: Body position affects the power spectrum of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol* 66(3):207-213, 1993.
66. Robergs R.A., Landwehr R.: The surprising history of the "HR max=220-age" equation. *JEPonline* 5(2):1-10, 2002.
67. Romero E., Marín B.: Introducción a la Fisiología Clínica Cardiovascular. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo. 1995.
68. Rowell L.B., O'Leary D.S.: Reflex control of the circulation during exercise: chemoreflexes and mechanoreflexes. *J Appl Physiol* 69(2):407-418. Review, 1990.
69. Sallis J.F., Buono M.J., Roby J.J., Micale F.G., Nelson J.A.: Seven-day recall and other physical activity self-reports in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 25(1):99-108, 1993.
70. Schuman J.S., Massicotte E.C., Connolly S., Hertzmark E., Mukherji B., Kunen M.Z.: Increased intraocular pressure and visual field defects in high resistance wind instrument players. *Ophthalmology* 107(1):127-133, 2000.
71. Solé D.: Valoración de la carga física mediante la monitorización de la frecuencia cardíaca. Normas Técnicas de Prevención del INSHT. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, NTP 295, 1991.
72. Stadler E., Szende O.: Violin playing and respiration. Oxygen consumption and respiratory function during violin playing. *Int Z Angew Physiol* 21(3):195-211, 1965.
73. Stravinski I: Poética Musical. Ed. Acanalado. Quaderns Crema, S. A. Barcelona, 2006.

74. Tamargo J., Delpón E.: Enfermedades cardiovasculares. En: Crono Biología Farmacología Patología. Directores: Tamargo J., Barberá J.M. Ed. Mayo S.A. pp114-144. Barcelona, 2005.
75. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation*; 93(5):1043-65, 1996.
76. Terrados N: Metabolismo energético durante la actividad física. En: Fisiología de la Actividad Física y el Deporte. Ed. J. González-Gallego. Madrid. McGraw-Hill. Interamericana. pp75-94, 1992 a.
77. Terrados N.: Altitude training and muscular metabolism. *Int J of Sports Med* 13(1):206-209, 1992 b.
78. Terrados N.: Effects of Aerobic Training in Midlife Populations. En Sports and Exercise in Midlife. Eds: Gordon S.L., González-Mestre X. and Garret W.E. American Academy of Orthopaetic Surgeons. Publ. Rosemont, IL. USA.; pp309-315, 1993.
79. Terrados N., Maughan R.J.: Exercise in the heat: Strategies to minimize the adverse effects on performance. *Journal of Sports Sciences*. 13, S55-S62, 1995.
80. Tulppo M.P., Mäkikallio T.H., Takala T.E.S., Seppänen T., Huikuri H.: Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamic during exercise. *Am J Physiol*. 271 (*Heart Circ. Physiol*.40): H244-H252, 1996.
81. Tulppo M.P., Mäkikallio T.H., Takala T.E.S., Seppänen T., Laukkanen R. T. and Huikuri H.V. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. *Am J Physiol* 274 (*Heart Circ. Physiol* 43):H424-H429, 1998.
82. van Ravenswaaij-Arts C.M., Kollée L.A., Hopman J.C., Stoeltinga G.B., van Geijn H.P.: Heart Rate Variability. *Annals of Internal Medicine* 118:436-447, Review, 1993.
83. Wesner R.B., Noyes R., Davis T.L.: The occurrence of performance anxiety among musicians. *J Affective Disord* 18:177-185, 1990.
84. Woo M.A: El uso de la variabilidad de la FC en poblaciones especiales. cap. 9, pg.116-133. Serie monográfica de la *American Heart Association*: Muerte súbita cardíaca. Pasado, presente y futuro. Editores: Dunbar S.B., Ellenbogen K.A., Epstein A.E., 1ªEd.española, 1998.
85. Wright R.A., Dill J.C, Geen R.G., Anderson C.A.: Social evaluation influence on cardiovascular response to a fixed behavioral challenge: effects across a range of difficulty levels. *Ann Behav Med* 20(4):277-285, 1998.

86. Yamamoto Y., Hoshikawa Y., Miyashita M.: Effects of acute exposure to simulated altitude on heart rate variability during exercise. *J Appl Physiol* 81(3):1223-1229, 1996.
87. Yamamoto Y., Hughson R.L., Peterson J.C.: Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. *J Appl Physiol* 71(3):1136-1142, 1991.
88. Yamasaki Y., Kodama M., Matsuhisa M., Kishimoto M., Ozaki H., Tani A., Ueda N., Ishida Y., Kamada T.: Diurnal heart rate variability in healthy subjects: effects of aging and sex difference. *Am J Physiol* 271(*Heart Circ Physiol* 40):H303-H310, 1996.
89. Zaza C.: Playing-related musculoskeletal disorders in musicians: a systematic review of incidence and prevalence. *CMAJ* 158:1019-25, 1998.
90. Zelený A., Kujalová V.: Evaluating the Work Load of the Members of the Symphonic Orchestra of the Czechoslovak Broadcasting Corporation in Prague on the Basis of Catecholamine Excretion. *Čas Lék čes* 114(26):795-799, 1975.



## Anexo

Autores	Obras	Instrumentistas monitorizados			
Agüeria, F.	<i>Trans-Dos, dúo para Clarinete y Flauta (1999).</i>	Clarinete 9	Flauta 4		
Albéniz, I.	<i>Suite Iberia nº 5: Almería.</i>	Piano 1			
Albéniz, I.	<i>Suite Iberia nº 5: Málaga.</i>	Piano 10			
Albinoni, T.	<i>Concierto para Trompeta y Piano en Sib M.</i>	Trompeta 1			
Arévalo, J.	<i>Cuarteto de cuerda nº 1.</i>	Violín 1	Violín 5	Viola 2	Violonchelo 3
Bach, C.Ph.E.	<i>Sonata en Si bemol Mayor Wq 161/2 para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Bach, J.Ch.	<i>Sinfonía en Re mayor, Op.18, nº4. Orquesta.</i>	Clave (Piano 1)			
Bach, J.S.	<i>Cantata BWV 140, Coral Zion hört die Wächter singen.</i>	Violonchelo 1			
Bach, J.S.	<i>Concierto de Brandenburgo nº 4 en Sol M. Orquesta.</i>	Oboe 1			
Bach, J.S.	<i>Concierto para dos pianos y orquesta en Do menor BWV 1060.</i>	Piano 5	Piano 6		
Bach, J.S.	<i>Concierto para dos pianos y orquesta en Do mayor BWV 1061.</i>	Piano 5	Piano 6		
Bach, J.S.	<i>Fantasía cromática y Fuga.</i>	Piano 1			
Bach, J.S.	<i>Partita nº 1 para Violín solo.</i>	Violín 1			
Bach, J.S.	<i>Partita nº 5.</i>	Piano 10			
Bach, J.S.	<i>Partita nº 6: Allemande y Corrente.</i>	Piano 7			
Bach, J.S.	<i>Partita en La m para Flauta sola.</i>	Flauta 4			
Bach, J.S.	<i>Preludio y Fuga en Sol mayor nº 15 BWV860.</i>	Piano 1			
Bach, J.S.	<i>Sonata para Violín solo.</i>	Violín 1			
Bach, J.S.	<i>Suite nº 2.</i>	Trombón 1			
Barce, R.	<i>Musica fúnebre. Orquesta.</i>	Viola 5	Violín 10	Contrabajo 2	
Bartók, B.	<i>Concierto nº 1 para Violín y Orquesta, Sz.36 (Op.póstumo).</i>	Percusión 2			
Bartók, B.	<i>Concierto para Orquesta.</i>	Clarinete 1	Oboe 1	Percusión 1,2	Trompa 2
Bartók, B.	<i>Concierto para Violín y Orquesta nº 2.</i>	Viola 3	Viola 4	Contrabajo 1	
Bartók, B.	<i>Danzas Rumanas .Orquesta.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Violín 1	
Bartók, B.	<i>Suite Op.14, para Piano.</i>	Piano 1			
Beethoven, L. van	<i>Concierto para Violín y Orquesta.</i>	Oboe 1			
Beethoven, L. van	<i>Leonora, Obertura.</i>	Fagot 1			

Beethoven, L. van	<i>Sinfonía nº 5 en Do menor, Op.67</i>	Trompa 2			
Beethoven, L. van	<i>Sinfonía nº 6, 2º mto.</i>	Clarinete 10			
Beethoven, L. van	<i>Sinfonía nº 7. Orquesta.</i>	Clarinete 10			
Beethoven, L. van	<i>Sinfonía nº 7 La M. Orquesta.</i>	Fagot 1	Trompeta 2		
Beethoven, L. van	<i>Sinfonía nº 9. Orquesta.</i>	Fagot 1			
Beethoven, L. van	<i>Sonata Op. 26.</i>	Piano 1			
Beethoven, L. van	<i>Sonata nº 3. Op.53 "Waldstein".</i>	Piano 1			
Beethoven, L. van	<i>Trío en SibM Op.11, Clarinete, Piano y Violonchelo.</i>	Clarinete 4			
Beethoven, L. van	<i>Trío nº 3, Op.1 para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Piano 3			
Berg, A.	<i>Concierto para Violín y Orquesta.</i>	Fagot 1			
Berio, L.	<i>Sequenza II, Arpa sola.</i>	Arpa 1			
Berio, L.	<i>Sequenza V, Trombón solo.</i>	Trombón 2			
Berio, L.	<i>Sequenza VII, Oboe solo.</i>	Oboe 3			
Berio, L.	<i>Sequenza IXa, Clarinete solo.</i>	Clarinete 4			
Berlioz, H.	<i>Noches de verano, Op.7.</i>	Trompa 2			
Berlioz, H.	<i>Obertura "El carnaval romano", Op.9.</i>	Viola 5			
Bernstein, L.	<i>Sonata para Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 8			
Bizet, G.	<i>Sinfonía nº 1 Do M. Orquesta.</i>	Fagot 1			
Bozza, E.	<i>Claribel. Clarinete y Piano.</i>	Piano 3	Clarinete 10		
Brahms, J.	<i>Concierto nº 1 para Piano y Orquesta.</i>	Fagot 1			
Brahms, J.	<i>Sinfonía nº 2 Re M Op.73.</i>	Clarinete 1	Violonchelo 2		
Britten, B.	<i>Peter Grimes, Cuatro interludios marinos.</i>	Trompeta 3			
Britten, B.	<i>Serenata para Tenor, Trompa y Cuerdas, Op.31.</i>	Viola 5	Violin 10	Contrabajo 2	
Bruch, M.	<i>Concierto en sol menor Op.26 para Violín y Piano.</i>	Violín 1	Piano 3		
Bucchi, V.	<i>Concierto para Clarinete solo (1965).</i>	Clarinete 10			
Chaikovski, P.I.	<i>Concierto para Violín y Orquesta en Re mayor, Op.35.</i>	Viola 5			
Chausson, E.	<i>Poema del amor y del mar.</i>	Clarinete 1	Oboe 1		
Chávez, C.	<i>Sinfonía nº 2 "India". Orquesta.</i>	Clarinete 10			
Chopin, F.	<i>Barcarola, Op.60.</i>	Piano 8			
Chopin, F.	<i>Estudio nº 2, Op.10.</i>	Piano 7			

Chopin, F.	<i>Estudio nº 5, Op.10.</i>	Piano 3			
Chopin, F.	<i>Estudio nº 1, Op.25.</i>	Piano 10			
Chopin, F.	<i>Estudio nº 2, Op.25.</i>	Piano 3			
Chopin, F.	<i>Estudio nº 4, Op.25.</i>	Piano 1			
Chopin, F.	<i>Estudio nº ,1 Op.27.</i>	Piano 1			
Chopin, F.	<i>Polonesa, fantasía, Op.61.</i>	Piano 3			
Copland, A.	<i>Appalachian Spring Suite.</i>	Clarinete 1	Oboe 1		
Copland, A.	<i>Concierto para Clarinete y Orquesta.(versión con Piano).</i>	Clarinete 10			
Copland, A.	<i>Dúo para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Cruz, Z. de la	<i>Impresiones madrileñas. Orquesta.</i>	Fagot 1			
de Pablo, L.	<i>Rostro. Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Debussy, C.	<i>Estudio: "Les tierces".</i>	Piano 10			
Debussy, C.	<i>Pequeña Suite. Orquesta.</i>	Fagot 1	Flauta 4		
Debussy, C.	<i>Preludios: Ondine y Las Colinas de Anacapri.</i>	Piano 3			
Debussy, C.	<i>1ª Rapsodia para Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 10	Piano 3		
Debussy, C.	<i>Syrinx, para Flauta sola.</i>	Flauta 4			
Donizzetti, G.	<i>Sinfonía para instrumentos de viento.</i>	Clarinete 10			
Dvorak, A.	<i>Sinfonía nº 8 en Sol.</i>	Fagot 1			
Dvorak, A.	<i>Trío Op.21 en Si bemol mayor para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 3	Violín 1		
Espasa, S.	<i>Argos. Flauta sola.</i>	Flauta 4			
Falla, M.	<i>Danza española, de La vida breve, para Violín y Piano.</i>	Violín 1			
Falla, M.	<i>El amor brujo.Versión Orquestal.</i>	Violonchelo 3			
Falla, M.	<i>El amor brujo.Suite. Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Falla, M.	<i>La vida breve: Interludio y Danza. Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Farkas, F.	<i>Serenade. Quinteto viento.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Trompa 1	
Fauré, G.	<i>Elegía para Violonchelo y Orquesta.</i>	Fagot 1			
Fauré, G.	<i>Morceaux de concours, para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Fernández Blanco,E.	<i>Danzas Antiguas.</i>	Trompa 2			
Fernández-Guerra,J.	<i>Obertura en verde.</i>	Violín 1			
García Sal, M.	<i>Barcarola.</i>	Clarinete 4			

Glazunov, A.	<i>Adagio del Ballet Raimonda.</i>	Violín 1	Piano 3		
Glinka, M.	<i>Trío Patético para Clarinete, Piano y Violonchelo.</i>	Clarinete 4			
Golterman, A.	<i>Concierto nº 5 en Re m para Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 4			
Gounod, Ch.	<i>Petite Symphonie. Octeto de Viento.</i>	Clarinete 10			
Halffter, E.	<i>Sinfonietta en Re Mayor para Violín, Violonchelo y Contrabajo.</i>	Clarinete 1	Trompeta 2		
Haydn, J.	<i>Concierto para Violoncello y Orquesta en Re mayor Op.101.</i>	Violín 1			
Haydn, J.	<i>La Creación (2 arias).</i>	Viola 5			
Haydn, J.	<i>Quinteto de Viento.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Trompa 1	
Haydn, J.	<i>Sinfonía nº 45 en Fa# menor.</i>	Violín 1			
Hindemith, P.	<i>Música de concierto para Metales y Cuerda.</i>	Trompeta 2			
Hindemith, P.	<i>Ocho estudios para Flauta sola.</i>	Flauta 4			
Holst, G.	<i>Quinteto de Viento.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Trompa 1	
Hüe, G.	<i>Fantasía para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Kodaly, Z.	<i>Danzas de Galanta.</i>	Clarinete 10			
Korngold, E.W.	<i>Concierto para Violín y Orquesta en Re M.</i>	Fagot 1			
Lalo, E.	<i>Sinfonía Española, para Violín y Piano.</i>	Violín 1			
Lefèbvre	<i>Suite Op.57. Quinteto de Viento.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Trompa 1	
Liszt, F.	<i>Los Preludios.</i>	Trompa 2			
Mahler, G.	<i>La Canción de la Tierra.</i>	Clarinete 2	Violonchelo2		
Mahler, G.	<i>Sinfonía nº 5 en Do# m. Orquesta.</i>	Trompeta 2.Solista			
Marco, T.	<i>Pulsar. Orquesta.</i>	Clarinete 10	Flauta 4.Pral	Violín 1	
Martinú, B.	<i>Sonatina para Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 10	Piano 3		
Mendelssohn, F.	<i>El sueño de una noche de verano (Scherzo).</i>	Clarinete 10			
Mendelssohn, F.	<i>Sinfonía nº 4. "Italiana"(Vetusta).</i>	Clarinete 10	Flauta 4.Pral	Violín 1	
Mendelssohn, F.	<i>Sinfonía nº 4 en La M."Italiana"(OSPA).</i>	Fagot 1			
Mendelssohn, F.	<i>Sinfonía nº 3 en La m, "Escocesa".</i>	Fagot 1	Trompeta 2		
Mendelssohn, F.	<i>Trío nº 1, Op.49.</i>	Clarinete 4			
Menéndez, J.	<i>Introducción, Andante y Danza. Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 10			
Mercadante, S.	<i>Concierto para Clarinete y Orquesta.</i>	Clarinete 7			
Messiaen, O.	<i>Abismo de los pájaros, del Cuarteto para el Fin de los Tiempos.</i>	Clarinete 10			

Milhaud, D.	<i>La Creación del mundo (Cámara).</i>	Clarinete 1	Trompeta 2		
Milhaud, D.	<i>La Creación del mundo (Orquesta).</i>	Clarinete 1	Oboe 1		
Montsalvatge, X.	<i>Sinfonía de Requiem. Orquesta.</i>	Clarinete 10	Flauta 4.Pral	Violín 1	
Montsalvatge, X.	<i>Trío para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 5	Piano 3		
Montsalvatge, X.	<i>Una página para Rubinstein: Balada para la mano izquierda.</i>	Piano 1			
Mozart, W.A.	<i>Concierto para Clarinete y Orquesta en La M.</i>	Clarinete 10			
Mozart, W.A.	<i>Concierto para Oboe en Do, KV 314.</i>	Oboe 2			
Mozart, W.A.	<i>Concierto para Piano y Orquesta nº 20, KV466.</i>	Trompeta 2			
Mozart, W.A.	<i>Concierto para Piano y Orquesta.</i>	Violín 1			
Mozart, W.A.	<i>Concierto para Violín nº 3 en Sol mayor, K216.</i>	Violín 1			
Mozart, W.A.	<i>Don Giovanni (2 arias).</i>	Viola 5			
Mozart, W.A.	<i>La flauta mágica, Obertura.</i>	Violín 1			
Mozart, W.A.	<i>Sinfonía nº 20 en Re mayor, K133.</i>	Violonchelo 2			
Mozart, W.A.	<i>Sinfonía nº 25 en Sol m.</i>	Fagot 1			
Mozart, W.A.	<i>Sinfonía nº 40. Orquesta.</i>	Clarinete 1			
Mozart, W.A.	<i>Sonata en Do mayor KV 521 para piano a cuatro manos.</i>	Piano 5	Piano 6		
Olah, T.	<i>Sonata para Clarinete solo.</i>	Clarinete 10			
Orff, C.	<i>Carmina Burana.</i>	Percusión 1	Percusión 2	Trompa 2	
Paganini, N.	<i>Capriccio para Violín solo nº 16.</i>	Violín 1			
Paganini, N.	<i>Capriccio para Violín solo nº 20.</i>	Violín 1			
Paubon, P.	<i>Croquis d'Hiver, para Clarinete y Flauta.</i>	Clarinete 9	Flauta 4		
Penderecki, K.	<i>Concierto para Violoncello y Orquesta.</i>	Percusión 1	Percusión 2	Trompa 2	
Penderecki, K.	<i>Sinfonía nº 4 ("Adagio").</i>	Percusión 1	Percusión 2	Trompa 2	
Penella, M.	<i>Don Gil de Alcalá (Aria "¡Jerez!, este es el vinillo de la tierra mía").</i>	Viola 5			
Poulenc, F.	<i>Sonata para Clarinete y Piano.</i>	Piano 3	Clarinete 10		
Prada, R.	<i>Epicedio. Orquesta.</i>	Fagot 1			
Prada, R.	<i>Noche Celta.</i>	Violín 3	Oboe 3		
Prohens, J.	<i>Música para Orquesta nº 1.</i>	Percusión 1	Percusión 2	Trompa 2	
Prokofiev, S.	<i>Concierto nº 1 para Piano y Orquesta.</i>	Trompeta 2			
Prokofiev, S.	<i>Sinfonía nº 5 en Sib M.</i>	Fagot 1	Flauta 4		

Prokofiev, S.	<i>Vals del ballet de la Cenicienta para Violin y Piano.</i>	Violín 1			
Rachmaninov, S.	<i>Estudio Op.23, nº 5.</i>	Piano 3			
Rachmaninov, S.	<i>Estudio Op.23, nº 7.</i>	Piano 3			
Rachmaninov, S.	<i>Estudio Op.39, nº 5.</i>	Piano 1			
Rautavaara, E.	<i>Isle of Bliss.</i>	Viola 3	Viola 4	Contrabajo 1	
Ravel, M.	<i>Bolero. Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Ravel, M.	<i>Concierto para Piano y Orquesta en Sol M.</i>	Clarinete 1	Fagot 1	Oboe 1	Trompeta 2
Ravel, M.	<i>Daphnis y Chloé. Suite nº 2. Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Ravel, M.	<i>La Valse.</i>	Trompa 2	Percusión 1	Percusión 2	
Ravel, M.	<i>Ma Mère L'Oye, Suite para piano a cuatro manos.</i>	Piano 5	Piano 6		
Ravel, M.	<i>Pavana para una infanta difunta. Orquesta.</i>	Clarinete 10			
Ravel, M.	<i>Rapsodia Española para piano a cuatro manos.</i>	Piano 5	Piano 6		
Respighi, O.	<i>Fuentes de Roma.</i>	Trompa 2	Percusión 1	Percusión 2	
Revueltas, S.	<i>Homenaje a García Lorca.</i>	Clarinete 1			
Revueltas, S.	<i>Ocho por radio. Cámara.</i>	Trompeta 2			
Rimski-Korsakov, N.	<i>Sheherazade.</i>	Clarinete 1	Fagot 1	Oboe 1	Trompeta 2
Rivier, J.	<i>Dúo Flauta y Clarinete.</i>	Clarinete 9	Flauta 4		
Rossini, G.	<i>Introducción, tema y variaciones. Clarinete y Orquesta.</i>	Clarinete 10			
Rossini, G.	<i>Introducción, tema y variaciones. Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 10	Piano 3		
Rossini, G.	<i>La Cenerentola (Aria: "Come un'ape nei giorni d'aprile").</i>	Viola 5			
Rossini, G.	<i>La Scala di Seta. Obertura. Orquesta.</i>	Oboe 1			
Saint-Saëns, C.	<i>Concierto para Violonchelo y Orquesta. nº 1.</i>	Fagot 1			
Saint-Saëns, C.	<i>Introducción y Rondó caprichoso Op.28.</i>	Violín 1			
Saint-Saëns, C.	<i>Sonata Op.167 para Clarinete y Piano.</i>	Clarinete 10	Piano 3		
Samperio, M.A.	<i>Concierto para Violín y Orquesta.</i>	Fagot 1	Trompeta 2		
Sarasate, P.	<i>Romanza andaluza.</i>	Violín 1	Piano 3		
Scarlatti, D.	<i>Sonata nº 16, K55, L335.</i>	Piano 3			
Scarlatti, D.	<i>Sonata nº 27, K107, L474.</i>	Piano 3			
Scarlatti, D.	<i>Sonata nº 50, K159, L104.</i>	Piano 3			
Schedrin, R.	<i>Al estilo Albéniz. Violín y Piano.</i>	Violín 1			

Schönberg, A.	<i>Pierrot Lunaire, Op.21.</i>	Piano 4			
Schubert, F.	<i>Fantasía en Fa menor D940 para piano a cuatro manos.</i>	Piano 5	Piano 6		
Schubert, F.	<i>La Muerte y la doncella. Orquesta.</i>	Violonchelo 1			
Schubert, F.	<i>La Muerte y la doncella. Orquesta, arreglo de G.Mahler.</i>	Violín 1			
Schubert, F.	<i>Sinfonía nº 4 Do m, "Trágica".</i>	Clarinete 1			
Schubert, F.	<i>Sinfonía nº 5. Orquesta.</i>	Flauta 4			
Schubert, F.	<i>Tres marchas militares.</i>	Clarinete 1			
Schumann, R.	<i>Piezas Fantásticas.</i>	Clarinete 4			
Schumann, R.	<i>Sinfonía nº 2 en Do M. Orquesta.</i>	Oboe 1	Trompeta 2		
Schumann, R.	<i>Tres piezas fantásticas para Piano.</i>	Piano 1			
Schumann, R.	<i>Variaciones Abegg, Op 1.</i>	Piano 1			
Scriabin, A.	<i>Estudio nº 2, Op.8.</i>	Piano 3			
Scriabin, A.	<i>Estudio nº 5, Op.42.</i>	Piano 10			
Shostakovich, D.	<i>Quinteto con Piano en Sol m, Op.57.</i>	Piano 1	Violín 9, I	Violín 8, II	
Shostakovich, D.	<i>Sinfonía nº 1 en Fa menor Op.10.</i>	Contrabajo 1			
Shostakovich, D.	<i>Trío para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 3	Violín 1		
Sibelius, J.	<i>Concierto para Violín y Orquesta.(Versión Piano).</i>	Violín 1			
Sibelius, J.	<i>Finlandia. Op.26.</i>	Trompeta 3			
Sibelius, J.	<i>Sinfonía nº 5 en Mi bemol Mayor, Op.82.</i>	Viola 3	Viola 4	Contrabajo 1	
Strauss, J.	<i>Polka de Rayos y Truenos. Orquesta.</i>	Violín 1			
Strauss, J.	<i>Polkas y Valses. Orquesta.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Trompa	
Strauss, R.	<i>D.Juan (Fragmento Orquestal).</i>	Violín 1			
Strauss, R.	<i>Don Juan, Op.20.</i>	Percusión 1	Percusión 2		
Strauss, R.	<i>Sangre vienesa. Orquesta.</i>	Clarinete 10	Flauta 4	Violín 1	
Stravinski, I.	<i>Apolo Conductor de las Musas.</i>	Fagot 1			
Stravinski, I.	<i>Concierto para Violín y Orquesta en Re M.</i>	Fagot 1	Flauta 3		
Stravinski, I.	<i>Divertimento de "El beso del hada". Orquesta.</i>	Viola 5	Violín 10	Contrabajo 2	
Stravinski, I.	<i>El pájaro de fuego.Suite. Orquesta.(Versión de 1945).</i>	Trompeta 2			
Stravinski, I.	<i>Estudio Op.7, nº 1.</i>	Piano 1			
Stravinski, I.	<i>La Historia del soldado. (Cámara, Octeto).</i>	Clarinete 1	Trompeta 2		

Stravinski, I.	<i>La Historia del soldado, Trío Violín, Clarinete y Piano.</i>	Piano 3	Violín 1	Clarinete 10	
Stravinski, I.	<i>Tres piezas para Clarinete solo.</i>	Clarinete 10			
Sutermeister, H.	<i>Capriccio para Clarinete solo.</i>	Clarinete 10			
Taffanel, P.	<i>Fantasia sobre Der Freischütz, de Weber para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Tchaikovsky, P.	<i>Sinfonía nº 6, 1º movimiento.</i>	Clarinete 10			
Tchaikovsky, P.	<i>Vals sentimental para Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 4			
Tchaikovsky, P.	<i>Variaciones sobre un tema Rococó para Violonchelo y Orquesta.</i>	Contrabajo 1			
Tejera, S.	<i>Obertura canaria.</i>	Fagot 1			
Teleman, G.Ph.	<i>Fantasia en La m, para Flauta sola.</i>	Flauta 4			
Timossi, A.	<i>Díptico para Flauta y Piano.</i>	Flauta 4	Piano 3		
Toyama, Y.	<i>Divertimento. Orquesta.</i>	Fagot 1	Trompeta 2		
Tubin, E.	<i>Concierto para Contrabajo y Orquesta.</i>	Fagot 1	Trompeta 2		
Turina, J.	<i>"Círculo": Trío para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 3	Violín 1		
Turina, J.	<i>Trío Op.76, nº 2 en Si menor para Violín, Violonchelo y Piano.</i>	Violonchelo 3	Violín 1		
Varèse, E.	<i>Octandre.</i>	Fagot 1			
Verdi, G.	<i>Otello.</i>	Flauta 2	Flauta 4		
Vivaldi, A.	<i>Conc. para dos Trompas, Fa mayor, RV538, Op.47nº 1. Orquesta.</i>	Viola 5	Violín10	Contrabajo 2	
Vivaldi, A.	<i>Concierto para dos Trompetas.</i>	Trompeta 1			
Vivaldi, A.	<i>Conc. para dos Violines, cuerda y continuo La m, Op3,nº8 RV 860.</i>	Clave (Piano 1)			
Vives, A.	<i>Maruxa. Zarzuela.</i>	Clarinete 1	Trompeta 2		
Wagner, R.	<i>El holandés errante (Obertura).</i>	Viola 5			
Weber, C.M.	<i>Concertino para Clarinete y Banda.</i>	Clarinete 6. Solista			
Weber, C.M.	<i>Concierto para Clarinete y Orquesta Nº 2.</i>	Clarinete 1. Solista			
Weber, C.M.	<i>Concierto en Fa m, Op.73 para Clarinete y Orquesta (piano).</i>	Clarinete 10	Piano 3		
Wieniawski, H.	<i>Scherzo y Tarantella.</i>	Violín 1	Piano 3		