

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE MEDICINA**



TESIS DOCTORAL

**Valoración de la condición biológica : metabografía de  
esfuerzo**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Julio César Legido Arce**

Madrid, 2015

R. 13678

DE 796/612  
LEG

BIBLIOTECA UCM



5304540994

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

TA 1930

VALORACION DE LA CONDICION BIOLOGICA

METABOGRAFIA DE ESFUERZO

Julio César Legido Arce

Tesis para aspirar al grado de  
Doctor en Medicina y Cirugía

DEPARTAMENTO DE FISILOGIA Y  
BIOQUIMICA.  
Cátedra I de Fisiología.

A mis padres

X-53-151602-3

## AGRADECIMIENTOS

*Quiero expresar en primer lugar, el más profundo agradecimiento, a mi maestro, el Profesor Antonio Gallego. A él, debo todo cuanto sé de - Fisiología y mi vocación, ahora irrenunciable, por esta disciplina.*

*Su ayuda constante y generosa, los consejos en la dirección de este trabajo, junto con el clima de amistad y camaradería, que él ha sabido crear en su Cátedra, lo hicieron posible y agradable.*

*Al Dr. José Simón, por su ayuda en el tratamiento de los datos y su amistad inestimable.*

*A todos mis compañeros de Cátedra, que me descargaron de muchas otras tareas y permitieron la dedicación al trabajo de Tesis.*

*A los alumnos internos, R. Alonso, Sánchez-Criado, Sánchez Barceló y Lobo, por su ayuda en las gráficas y recogida de datos.*

INDICE

## I N D I C E

### I.- INTRODUCCION

I. 1.-	La Valoración de la Condición Biológica.-	16
I. 2.-	Condición Fisiológica.- Pruebas de Esfuerzo.-	38
I. 3.-	Respuestas cardiovasculares durante el esfuerzo.- Parámetros.-	43
I. 4.-	Adaptaciones respiratorias durante el ejercicio muscular.-	49
4. 1.-	Ventilación y frecuencia.	49
4. 2.-	Los volúmenes pulmonares en el esfuerzo.-	56
4. 3.-	Presiones parciales de gas en el alvéolo durante el esfuerzo.-	59
4. 4.-	Presiones parciales de los gases de la sangre arterial en el esfuerzo.-	64
4. 5.-	Regulación de la respiración en el esfuerzo.-	67
I. 5.-	Normalización de las pruebas de ejercicio muscular aplicadas en Fisiología Respiratoria.-	87
5. 1.-	Fundamentos de las pruebas.-	87
5. 2.-	Técnicas.-	89
5. 2.1.-	Medida del trabajo.-	90
	● movimientos corporales	
	● pruebas de escalón	
	● ergómetros	

	- manivela	
	- pedal	
	- mixtos	
	● tapiz rodante	
5. 2.2.-	Recogida de las respuestas del organismo.	104
	● respiratorias	
	● circulatorias y sanguíneas	
5. 3.-	Clasificación y métodos de aplicación de las pruebas de ejercicio muscular.-	106
5. 3.1.-	Generalidades.-	106
5. 3.2.-	Clasificación:	112
	● pruebas de corta duración	
	● pruebas de larga duración	
5. 3.3.-	Procedimientos de aplicación de las cargas.- Metodología.-	118
	● procedimientos ergométricos de carga creciente	
	● procedimientos ergométricos de carga fija	
	● pruebas de consumo de oxígeno máxima.	
5. 4.-	Las pruebas de larga y corta duración en la práctica.-	127
5. 4.1.-	Condiciones generales para la realización de las pruebas.-	127
5. 4.2.-	Resultados generales del examen:	129

- la ventilación (V)
- la eliminación de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)
- el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>)
- los equivalentes y el cociente

I. 6.-	Plan de trabajo.-	152
--------	-------------------	-----

## II.- MATERIALES Y METODO

II. 1.-	Características de los grupos experimentales.-	154
II. 2.-	Métodos.- Tipos de pruebas realizadas.-	156
2. 1.-	Pruebas rectangulares con coeficiente de - carga proporcional al peso.-	156
2. 2.-	Pruebas largas de carga creciente.-	161
2. 3.-	Pruebas de movimientos corporales. Escalón de Harvard.-	162
2. 4.-	Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-	163
2. 5.-	Adaptación al ejercicio en individuos con diferente estado vagotónico.	163
II. 3.-	Registro y medida de los parámetros.-	166
3. 1.-	Material utilizado para los registros.-	166
3. 1.1.-	Adaptación cardiovascular al es- fuerzo.	166
3. 1.2.-	Adaptación respiratoria al esfuerzo.	166
3. 2.-	Parámetros obtenidos.-	175

3. 2.1.-	Respiratorios.-	175
3. 2.2.-	Cardiovasculares.-	176
3. 3.-	Técnica de registro.-	176
3. 4.-	Medida.-	178
II. 4.-	Terminología.-	181
4. 1.-	Símbolos principales.-	181
4. 2.-	Símbolos secundarios.-	182
4. 3.-	Condiciones de temperatura y presión para los volúmenes de gas.	183
4. 4.-	Parámetros utilizados en metabografía.-	183
4. 5.-	Parámetros cardiovasculares.-	185
4. 6.-	Medida del trabajo (unidades físicas).-	186
4. 6.1.-	Trabajo y energía.-	186
4. 6.2.-	Potencia.-	187
4. 6.3.-	Velocidad.-	188
4. 7.-	Símbolos estadísticos utilizados.-	188
4. 8.-	Terminología gráfica.-	188

II. 5.-	Tratamiento de los datos.- Técnicas estadísticas utilizadas.-	189
II. 6.-	Ficha tipo de Condición Biológica.-	191

### III.- RESULTADOS

III. 1.-	Pruebas rectangulares con coeficiente de carga por kg. de peso.	206
1. 1.-	Introducción.-	206
1. 2.-	Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-	206
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ventilación (V)</li> <li>● eliminación de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)</li> <li>● consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>)</li> <li>● equivalentes (EQ)</li> <li>● cociente (QR)</li> <li>● CO<sub>2</sub>, DO<sub>2</sub>, CUO<sub>2</sub>.</li> </ul>	
1. 3.-	Adaptación cardiovascular.-	208
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● frecuencia cardíaca (Fc)</li> <li>● pulso de oxígeno (PO<sub>2</sub>)</li> </ul>	
1. 4.-	Otros datos.-	213
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● trabajo</li> <li>● calorías</li> <li>● aumento del metabolismo</li> </ul>	

1. 5.-	Correlación entre los valores de las diferentes variables.-	213
III. 2.-	Pruebas largas de carga creciente.-	219
2. 1.-	Introducción.-	219
2. 2.-	Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-	220
	● ventilación (V)	
	● eliminación de CO <sub>2</sub> (VCO <sub>2</sub> )	
	● consumo de O <sub>2</sub> (VO <sub>2</sub> )	
	● equivalentes (EQ)	
	● cociente (QR)	
	● CO <sub>2</sub> , DO <sub>2</sub> , CUO <sub>2</sub> .	
2. 3.-	Otros datos:	228
	● calorías	
	● aumento del metabolismo	
2. 4.-	Correlación entre los valores de las diferentes variables.-	228
III. 3.-	Pruebas de movimientos corporales.- Escalón.-	247
3. 1.-	Introducción.-	247
3. 1.1.-	Índice de Harvard.-	247
3. 1.2.-	Índice de Incremento.-	248

3. 2.-	Valores respiratorios obtenidos, en reposo, esfuerzo y recuperación.- Relaciones con ambos tipos de pruebas.-	248
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ventilación (V)</li> <li>● eliminación de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)</li> <li>● consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>)</li> <li>● equivalente (EQ)</li> </ul>	
3. 3.-	Resultados comparados de ámbos índices.-	251
III. 4.-	Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-	274
4. 1.-	Introducción.-	274
4. 2.-	Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-	275
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ventilación (V)</li> <li>● eliminación de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>)</li> <li>● consumo de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>)</li> <li>● equivalente (EQ)</li> <li>● cociente respiratorio (CR)</li> <li>● frecuencia respiratoria (FR)</li> </ul>	
4. 3.-	Adaptación cardiovascular.-	278
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● frecuencia cardíaca (Fc)</li> <li>● costes cardíacos</li> <li>● pulso de O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>)</li> </ul>	
4. 4.-	Otros datos:	297

- calorías
- trabajo total
- incremento del metabolismo

III. 5.- Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vagotónico.-	297
5. 1.- Introducción.-	297
5. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-	298
● ventilación (V)	
● consumo de O <sub>2</sub> (VO <sub>2</sub> )	
● equivalente (EQ)	
● cociente respiratorio (CR)	
● CO <sub>2</sub> , DO <sub>2</sub>	
5. 3.- Adaptación cardiovascular.-	300
● frecuencia cardíaca (Fc)	
● ritmo de incremento del pulso (F/t)	
● coste cardíaco (Ce)	
● presión diferencial (pd)	
● ritmo de recuperación (rr)	
● pulso de O <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> )	
5. 4.- Otros datos:	301
● rendimiento	
● calorías	

5. 5.-	Resultados comparados en ambos grupos.-	302
IV.-	DISCUSION	
IV. 1.-	Pruebas rectangulares con coeficiente de carga por kg. de peso.-	323
IV. 2.-	Pruebas largas de carga creciente.-	330
IV. 3.-	Pruebas de movimientos corporales,- Escalón.-	337
IV. 4.-	Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-	340
IV. 5.-	Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vagotónico.-	346
V.-	RESUMEN Y CONCLUSIONES	349
VI.-	BIBLIOGRAFIA	357

## I. INTRODUCCION.

## I . 1.- La valoración de la condición biológica.- Generalidades

Desde principios de siglo (1911 al 13), los médicos, fisiólogos del ejercicio muscular, educadores físicos, entrenadores, militares y dirigentes laborales, se vienen preocupando tenazmente de encontrar pruebas, "test", que permitan medir o valorar la capacidad física del individuo que realiza esfuerzos importantes, tales - como, gimnastas, deportistas, soldados, policías, bomberos, trabajadores, etc. Esta interesante pero difícil tarea, ha movilizadado una pléyade de investigadores de los distintos países, entre los que podemos citar a: *Schneider, Cureton, Karpovich, Ruffier, Jökl, Larson Letounov*, etc. entre otros.

En 1948 se formó en estados Unidos el "Baruch Commite on physical - medicine" en el que no se consiguió nada importante. Posteriormente la reunión del XI Congreso Internacional de Medicina Deportiva en 1956, intentó abordar el tema produciéndose un verdadero "caos" científico. A partir de 1964 se ha creado un Comité internacional de expertos, para la estandarización de los test de "physical fitness" (I.C.S.P.F.T.) que preside Larson y del que forman parte actualmente Fisiólogos de la mayoría de los países, se reunió por primera vez en Tokio coincidiendo con la Olimpiada, repitiéndose las reuniones en años sucesivos en, Japón, Noruega, Suiza, Checoeslovaquia (1968), Israel (1969), Oxford (1970) y Macolín (Suiza 1971). El número de participantes y datos aportados es abrumador, pero sin llegar a la hora actual, a síntesis y estandarización satisfactoria.

Las dificultades del tema radican en: la necesidad de aclarar el concepto del término denominado (aptitud física); en analizar correctamente los distintos factores que intervienen en dicha condición física y por último, en la imposibilidad de poder obtener, muchas veces, una correcta valoración de dichos factores.

La palabra inglesa internacionalmente utilizada "Physical fitness" que po-

demos traducirla por condición o aptitud física, creemos sería más conveniente substituirla por la de "condición o aptitud biológica" en el sentido de cualidad, capacidad o disposición del individuo ante cualquier clase de trabajo o ejercicio muscular.

La actitud física de un individuo, puede ser considerada, en relación con su trabajo, la conservación de la salud, su lucha en la vida, el combate, el deporte, el recreo, etc. Es evidente que según la finalidad que se persiga, el concepto ha de ser diferente. Por otra parte parece lógico pensar, que al pretender valorar exclusivamente la aptitud física del individuo, tal como: su fuerza muscular, su resistencia orgánica, etc., no se tengan en cuenta sus cualidades psíquicas, que pueden ser las que influyan definitivamente, en el éxito o fracaso, del mismo, para solucionar una situación de emergencia.

El término pues, de Physical fitness, que engloba como parte del mismo a todas las pruebas fisiológicas, ha sido objeto de amplias controversias, en cuanto a su definición.

La definición simple es; la capacidad para una tarea; (*Karpovich 1966*) lo define como la capacidad específica de llevar a cabo trabajos acompañados de - esfuerzo muscular.

En orden a averiguar cómo entienden y lo que abarca el término, los directivos, médicos, fisiólogos, educadores físicos, han sido analizadas multitud de definiciones, en un período de los últimos 60 años (*Mathews 1968*). El análisis que reveló el término "fitness" era interpretado, en su más amplio concepto y que en total podía ser dividido en cuatro áreas de interés o componentes.

#### 1.- Pruebas psicológicas

- a) de estabilidad emocional
  - b) suficiencia psicológica
- 2.- Funciones fisiológicas normales.
  - 3.- Mecánica corporal, eficiencia en habilidades, en tareas comunes y complejas. Tareas específicas deportivas.
  - 4.- Antropometría física, reflejado en el biotipo, peso, talla, diámetros óseos y musculares, etc.

En el trabajo preparado por 100 delegados de **AAHPER Fitness Conference** en Septiembre de 1956 (*American Association for Health, Physical Education and Recreation*), el grupo intentó definir, los componentes que debe poseer el individuo, en orden a "una función eficiente que satisfaga sus propias necesidades perfectamente y como contribución al bienestar de la sociedad" (definición moderna y amplia de la aptitud física). Relacionaron los siguientes aspectos:

- 1.- Salud orgánica óptima.
- 2.- Coordinación suficiente, fuerza y vitalidad ante emergencias y para los requerimientos de la vida diaria.
- 3.- Estabilidad emocional para soportar el stress de la vida moderna.
- 4.- Conciencia social y adaptabilidad, con respecto a los requerimientos del grupo al que pertenece.
- 5.- Suficientes conocimientos y discernimiento para hacer decisiones sencillamente y llegar a soluciones factibles de los problemas.
- 6.- Actitudes, valores y habilidades que estimulen a una participación satisfactoria y a plenitud de las actividades diarias.
- 7.- Calidades espirituales y morales que contribuyen a una vida mejor, etc.

Como puede verse, el término abarca multitud de aspectos, pero to-

dos ellos tienen participación en la actividad deportiva, e importancia similar a los criterios que más nos interesan personalmente, es decir los Fisiológicos.

Desde el punto de vista del Deporte y la Educación Física, interesa conocer, la particular aptitud de las personas para los trabajos que requieran esfuerzo, ante los cuales queremos conocer "a priori" el rendimiento de las mismas.

Desde el punto de vista ocupacional, el Physical fitness, puede definirse, como el grado de habilidad o predisposición, para ejecutar una tarea específica, bajo condiciones ambientales específicas. La condición física o Condición Biológica, no indica obligatoriamente salud: enfermos diabéticos, pulmonares y cardiopatas, han logrado ser campeones de tenis, afamados corredores de ski, etc.; es decir, que en muchos casos, la condición física se sobrepone a la falta de condiciones orgánicas y la condición patológica no limita inexorablemente el rendimiento del individuo, que posea una determinada aptitud física.

Los criterios que sobre aptitud física puedan tener: un Jefe militar, un Director de empresa, un Entrenador o un Médico Deportivo, han de ser forzosamente distintos, puesto que, para el primero, sería la resistencia física y el ardor combativo las mejores cualidades del soldado; para el segundo, sólo contaría un mejor rendimiento en el trabajo, con el mínimo absentismo por enfermedad o accidente; y para el tercero, la consecución de "mejores marcas" en competiciones. El médico deportivo apreciaría mejor, con criterio fundamentalmente biológico, todas aquellas cualidades que permitan al individuo dedicarse al ejercicio físico, no sólo sin comprometer su salud, sino mejorándola.

Esta diversidad de criterios, complica también el concepto de "aptitud" puesto que para unos significa el averiguar cuales son los "mejor dotados" para

emplearlos allí donde puedan rendir más: tal ocurre, con los especialistas, incluso con los "campeonísimos", mientras que otros, fundamentalmente el educador y el médico, sólo tratan de averiguar cuáles son las personas que acusando una normalidad biológica en sus tareas habituales, pueden ser capaces de dedicarse - con éxito y sin peligro para la salud, a tareas que exijan un mayor y continuo esfuerzo. Es decir, que mientras a los primeros les interesa la "selección de los mejores", a los segundos "el mayor número de los que puedan ser mejores". En resumen entendemos por aptitud o condición biológica, el conjunto de calidades o condiciones orgánicas, anatómicas y fisiológicas, que debe reunir una - persona para poder realizar esfuerzos físicos tanto en el trabajo como en los - ejercicios musculares y deportivos.

Como vemos por esta definición, para considerar un individuo como "apto" no basta con valorar sus condiciones físicas, con ser éstas muy importantes, si no que es también necesario que posea las debidas condiciones fisiológicas y orgánicas que le capaciten para adaptarse bien al esfuerzo.

La condición orgánica, anatómica y fisiológica son las cualidades básicas sobre las que se fundamenta la condición biológica "global" del individuo y a las que habría que añadir las siguientes: condición motora, nerviosa y psicosen-sorial, y de habilidad o destreza. Estas tres condiciones, aún rigurosamente fisiológicas, adquieren tal importancia en relación con la aptitud biológica del individuo, que merecen ser separadas de la condición fisiológica general.

Dentro de este criterio fraccionado de la condición biológica que hemos elaborado, son particularmente interesantes los "test motores" de "habilidad y - destreza" y los test llamados "cardiovasculares", puesto que aún formando parte del acervo fisiológico, se vienen utilizando, tan ampliamente, por los educadores, que es necesario repasar los aspectos más importantes de su nacimiento y aplicaca

cación al campo de la aptitud biológica, ya que del conocimiento de los primeros han nacido algunas pruebas utilizadas ampliamente hoy día como sistema de estandarización del esfuerzo.

### **Test de habilidad y destreza**

En 1925 Brace dió a conocer su test para baloncesto y Bell publicó los suyos para tenis. Más tarde en 1940 Scott, Fereno y Broer, contribuyeron a establecer los estudios sobre esta fase de evaluación de la condición biológica.

Desde 1941 y a partir de la segunda guerra mundial, un gran número de pruebas han sido experimentadas por las fuerzas armadas de todos los países, para selección de personal.

En este apartado se deben incluir los **Athletic Achievement Tests** (*Hackensmith, Charles W., 1966*) y (*Van Dalen D., 1953*) que incluyen destrezas motoras. Gulick los introdujo en 1904, para las escuelas primarias. Igualmente se introdujeron test de este tipo en las escuelas de Baltimore en 1908 (*Hackensmit C., y Van Dalen*). El popular **Athletic Badge Test** fue publicado en 1913. Desde 1918 hasta 1920, las Universidades de California, Oregon y Ohio State, aplicaron test, para medir la eficiencia física y fisiológica de los estudiantes Universitarios (*Van Dalen 1953*). En 1907, el Dr. George Meylon, profesor de la Universidad de Columbia, implantó tests, que tenían pruebas de mecánica corporal, natación y conocimientos de physical fitness.

En 1920 Mac Cloy publicó sus tablas de marcas atléticas, una de las primeras aplicaciones modernas de procedimientos estadísticos a la valoración de la condición física.

Entretanto en Harvard (*Sargent 1897*) (*Mathews 1968*) introduce el test para hombres, con pruebas muy interesantes.

Brace en 1927 y Cozens en 1929 publicaron sus standards de habilidad deportiva.

**Los llamados Sport skill tests.**- Brace en 1924, usó el primero, el método escalar, para construir nomogramas; estableciendo standards en pruebas de baloncesto para mujeres.

En 1938, Glasow y Broer publicaron una compilación de tests de habilidad.

**Pruebas de fuerza y de potencia.**- La medida de éstas cualidades motoras es antigua, antropólogos franceses inventaron los dinamómetros en el siglo XVII. (*Sargent*) en 1873 midió la fuerza en estudiantes de Yale. En 1880 introdujo su test en Harvard. No obstante su test era heterogéneo (espirometria, resistencia, fuerza, potencia, etc.). (*Kellog, 1910*) y (*Martin, 1921*), hicieron extensas contribuciones en el área de los test de fuerza. Después de diez años de estudio, Kellog, desarrolló el dinamómetro universal, con el que se pueden medir 25 grupos musculares.

Sobre 1905, serias dificultades fueron opuestas a estos tests, puesto que comenzó a comprenderse sus limitaciones y la importancia que las condiciones cardiovasculares y respiratorias tienen; por estas razones, en la primera parte del siglo XX la importancia absoluta de estos tests decreció.

(*Rogers*) en 1925, revalorizó estas pruebas mixtas de fuerza y potencia - junto con pruebas fisiológicas en su sentido estricto. Como resultado de sus estu

dios, se incorporaron dos nuevos tests, más elaborados y perfectos; el **Physical Fitness Index (PFI)** y el **Strength Index (SI)**.

Más recientemente (*Clarke, 1953*) desarrolló sus tests de fuerza, en grupos musculares responsables de 38 movimientos articulares. Este test, es muy objetivo, con coeficientes de correlación desde 7,4 a 9,9.

En 1954 (*Kraus*) publicó un número mínimo de pruebas musculares, que demostraba que los estándares de los niños americanos eran inferiores a los de los europeos, especialmente en categoría elemental, junior y senior de High schools.

El test lanzado en 1957 por la (A.A.H.P.E.R.) y aplicado a 8.500 chicos y chicas, desde el 5<sup>o</sup> al 12<sup>o</sup> grado, llevó a la determinación del nivel de fitness (aptitud) general de los jóvenes americanos. El test contiene pruebas motoras fundamentalmente, habilidades generales y alguna prueba de exigencia cardiovascular.

Otro índice muy usado, es el de la Universidad de Indiana (*Bookwalter, 1943*), que reúne destrezas y cualidades motoras como: salto de potencia con piernas juntas, flexión de brazos, en decúbito supino y prono, salto tierra inclinada a bipedestación, etc., pero no incluye aptitud cardiovascular. Es útil debido a su estandarización con tablas de valores, etc.

El **Army Air Force Physical Fitness Test (AAF test)** (*Larson 1946*), tiene parecidas características, aunque incluye algunos de condición cardiovasculares.

El **Navy Standard Physical Fitness Test (1943)**, con parecidas virtudes y defectos.

Por último, el **Youth Physical Fitness Test (Matews, 1961)**, de gran im-

pacto publicitario (*Youth Physical Fitness Manual*) (1961), pues el propio presidente John F. Kennedy lo realizaba y promocionó, incluye como todos, medidas mixtas de habilidades y destrezas generales y especiales, junto con pequeños - ejercicios de valoración de la condición cardiovascular, de poca fiabilidad.

Como puede onservarse, el movimiento de valoración de la condición típicamente motora, ha sido casi totalmente realizado, en países del ámbito anglo sajón.

Desde 1964, fecha de la primera reunión del Comité de expertos para valoración del Physical fitness en Tokio, se han estandarizado, o más bien se pretende hacerlo, en todo el mundo, todos los tipos de pruebas. Están codificadas en su mayoría y aplicándose, por todos los países interesados. En la última reunión celebrada en Agosto de 1971 en Macolin (Suiza), a la que nosotros - asistimos, como parte de la representación española, todavía continúan analizándose los resultados parciales y perfeccionando las pruebas. Esto dá una idea de la complejidad del tema, y de que la previsión razonable para poseer standards, completos y fiables, no se hará posible hasta 1975 por lo menos.

**Pruebas cardiovasculares.**- El otro gran grupo de test que han venido - desarrollándose durante el largo período que abarca desde finales del siglo pasado hasta nuestros días, son las pruebas cardiovasculares. A menuda incluídas entre las pruebas motoras y habiendo perdido muchas veces su rigor fisiológico, por ser mal aplicadas y manejadas por educadores inexpertos.

En 1890 Mosso, el fisiólogo italiano, trabajó en la respuesta cardiovascular al esfuerzo, aplicando el ergógrafo de su invención, como instrumento de medida del trabajo.

En 1905 (*Crampton*) ideó uno de los primeros test cardiovasculares. Este test fue seguido por el *Mac Curdy's test* en 1910 y el *test de Schneider* para evaluar la condición cardiovascular de los pilotos británicos durante la primera guerra mundial.

En 1930, Tuttle publicó su test de relación del pulso.

Más tarde, (*Brouha y Cols, 1943 y 1944*), trabajando en el actualmente extinto Laboratorio de Fatiga de Harvard, en 1940, dieron a la luz uno de los test más perfectos, el *Harvard Step test*.

En 1954 (*Balke, 1954*) propone su "*progresive treadmill test*", que es una prueba de tipo máximo, hasta conseguir una frecuencia cardíaca de 180/min. El esfuerzo consiste en caminar a velocidad constante en un tapiz rodante, con incrementos de velocidad del tapiz cada minuto (lo que hoy día se llama una prueba de tipo triangular). Compara el trabajo efectivo en el último minuto  $W_i$  y su peso corporal  $K_i$ , con el standard del grupo estudiado. El tiempo de duración del esfuerzo hasta alcanzar 180/min. de frecuencia cardíaca se evalúa en tablas.

El *Burger test* (*Karpovich, 1953*), es parecido al de Flack, soplando el sujeto sobre una columna de mercurio de 40 cm. y midiendo los cambios en la presión sistólica.

El *Barach Index* (*Barach, 1914*), da un índice "energy indice", en el que se tienen en cuenta: la presión sistólica y diastólica y el pulso.

El famoso "*Carlson fatigue-curve test*" (*Carlson, 1945*), en el que se toma el pulso cinco veces, con esfuerzos de carrera de 10 segundos, alterna-

dos con períodos de descanso de 10 segundos. Se comparan después los resultados con curvas de fatiga estandaradas.

El Crampton's blood ptosis test (*Mathews 1964*) parecido al referido y actualmente en vigencia test de Schneider.

El Foster's test (*Mathews, 1964*), con carrera in situ, durante 15 segundos y tablas estandaradas.

El Gallagher an Brohua test for High Schools Boys (*Gallagher, 1943*) para individuos entre 12 y 18 años, parecido al Harvard step test y la novedad de incluir la medida de la superficie corporal, menor de 1,85 m<sup>2</sup> y mayor de 1,85 m<sup>2</sup>, con objeto de hacer dos grupos y aplicarles a cada uno un valor de esfuerzo (escalón de 18 pulgadas o de 20).

Gallagher y Brohua, adaptaron el test para mujeres (*Gallagher, 1943*).

El Harvard step test (*Brohua, 1944*), sin duda el test más eficiente y mejor estudiado en diferentes países (*Madehava, K. y cols, 1953; Elbel, E.R., - 1958; Karpovich, 1966; Astrand, P. O., 1970; Hettinger y cols, 1961; Morehouse, L. E., 1969; Sloan, A. W., 1966, Legido, 1967-68, y aplicaciones e incluso múltiples variaciones del mismo, M. Kaltenbach, 1968; R. J. Shepard, 1966*). Relaciona la variación del pulso después de un trabajo muy bien estandarizado, en ritmo, duración, intensidad, etc.

Es un índice de elección, como prueba de esfuerzo estandarado, no sólo cardiovascular, sino respiratorio. Actualmente sobre la base de este test y con sistemática parecida y variando la altura del escalón, se ha convertido en un tipo de sobrecarga estandarada para las pruebas de esfuerzo, que llevan el nombre

genérico de step-test.

El pack test, desarrollado durante la segunda guerra mundial (*Sloan, 1959*), también utiliza el método de la sobrecarga en escalón.

El test de Schneider, (*Karpovich, 1966*) combina los efectos del pulso y la presión, echado y ortostática y después de un ejercicio ligero. Es valioso para valorar grupos que no sean de élite.

El Sloan's test, (*Sloan, 1969*), es una modificación del Harvard, que puede usarse para mujeres.

El Test de Tuttle, se basa en la razón entre el pulso en reposo y después del ejercicio, (*Tuttle, W.W., 1938*), con una ingeniosa relación que nos dá el resultado, en eficiencia, por el número de escalones subidos. Hoy día se utiliza ampliamente para mujeres y jóvenes varones.

Por último hay incluso una versión, el Harvard fitness test, sobre el treadmill (*Johnson, 1942*).

Condición Orgánica, Anatómica, Fisiológica, Motora, Nerviosa y Psicosen-sorial y por último de Habilidad o Destreza, forman el conjunto, de como enten-demos actualmente, la "Condición Biológica".

Las condiciones Orgánica, Anatómica y Fisiológica, serían las básicas, pe-ro con el complemento indispensable de las otras tres condiciones: Motora, Ner-viosa y Psicosen-sorial y Habilidad o Destreza. Podrían considerarse como fisioló-gicas y, evidentemente lo són, pero es más práctico separarlas de la condición - fisiológica general, como luego veremos.

El entrenamiento, puede y debe obtener el mejor rendimiento de todas las cualidades o "Condición Biológica" total, que posea un individuo.

Con este criterio, hemos confeccionado un sistema de datos o ficha, que examinaremos brevemente, ya que nuestro objetivo específico, es analizar una parte sólo de la Condición Fisiológica, correspondiente a las "pruebas de esfuerzo respiratorias", la Metabografía de esfuerzo y su estandarización.

No obstante, es necesario presentarlas, incluídas en el criterio general, a que hemos llegado respecto a la Condición Biológica, para no perder la perspectiva general y poderlas situar, dentro de su nivel e importancia en relación con la totalidad.

Estas fichas siguen rigurosamente el concepto que hemos expresado en relación con la condición biológica y en su disposición se sigue el mismo orden, anteriormente mencionado.

Por otra parte advertimos que algunas de las pruebas, que en ella figuran puedan no ser las mejores, ni siquiera las más prácticas, puesto que pueden resultar incluso complicadas y solamente utilizables, por especialistas o centros dedicados a la investigación biológica. De ahí la utilidad de su fraccionamiento.

Su extensión quizá pueda parecer excesiva, pero hay que tener en cuenta que la enumeración de todas las pruebas que en ella aparecen no han de ser forzosamente realizadas; sin que ésto perjudique al criterio de valoración de la misma. Por otra parte consideramos, que con objeto de hacer más práctica su elaboración, pueden hacerse pequeñas fichas de aspectos parciales de la misma, para ser utilizadas en aquellos centros que no posean aparatos complicados o personal muy especializado.

Por ejemplo: la Condición Motora y la de Habilidad o Destreza, y partes de la Anatómica, pueden ser fácilmente realizables, por Profesores de Educación Física, en sus distintos centros de trabajo, mediante una breve instrucción.

Otra de las ventajas que el fraccionamiento de las diferentes condiciones parciales puede ofrecer en esta ficha, es la posibilidad de estudiar por organismos diferentes, sus respectivas partes. Por ej.: valores mínimos de aptitud motora, pruebas psicológicas, valoración de la habilidad o destreza en determinados deportes, valoración del entrenamiento, en deportes, trabajo, etc.

Los primeros datos que se consignan en la misma, se refieren a la filiación de la persona objeto del examen, a continuación un pequeño resumen de su historial médico. Dos pequeños epígrafes que siguen nos aclararán los ejercicios físicos practicados, ya sea Gimnasia formativa, deportes, así como en casos de atletas, las competiciones en que han tomado parte y las marcas obtenidas. A continuación vienen, distribuidas por epígrafes separados, las distintas condiciones parciales que forman parte de la aptitud física global del individuo.

En primer lugar la Condición Anatómica: en este apartado se consignan los datos anatómicos y biotipológicos que caracterizan la condición somática - del individuo, representados por : medidas antropométricas, panículo, índices - constitucionales, silueta fotográfica en posición frontal y lateral y clasificación biotipológica.

En segundo lugar la Condición Fisiológica, en la que valoramos exclusivamente las condiciones, cardiovasculares, respiratoria y hemática, por considerarlas como fundamentales para la ficha y que desarrollamos más ampliamente, en el apartado 1.2.-.

**Condición motora.**- Las pruebas incluídas en este apartado, estudian la aptitud física del individuo en relación con la potencia y tono musculares, flexibilidad, agilidad, resistencia, coordinación motora, equilibrio, etc., con ejercicios fáciles de estandarizar y comprensibles.

La potencia instantánea puede medirse, mediante dinamómetros; el resto de la aptitud motora requiere ejercicios especiales que van a determinar el grado de aptitud, en cada una de las propiedades enumeradas.

**Dinamometría.**- Por este procedimiento se mide la potencia muscular mediante dinamómetros. Hay dinamómetros de muchas clases y en general, cualquier sistema, que en una escala graduada nos determine la fuerza instantánea de un músculo o grupo de ellos, es un dinamómetro.

Corrientemente debe utilizarse la dinamometría manual, escapular, lumbar y de empuje, aunque con los debidos aditamentos pueden evaluarse prácticamente todos los grupos musculares.

En la dinamometría manual se utiliza el clásico dinamómetro de Collins y consiste en intentar cerrar con la máxima fuerza el dinamómetro, colocado en la mano entre las eminencia tenar e hipotenar, de una parte y los dedos de otra, leyéndose después en la escala más pequeña que ocupa la posición más interna, graduada en Kgs. Para la dinamometría escapular se utiliza el mismo modelo de dinamómetro, pero que lleva acoplados dos ganchos de tracción. La lectura se realiza en la escala más exterior.

La dinamometría lumbar se realiza fijando un dinamómetro corriente en el suelo, mediante cadena y un gancho y traccionándolo sobre el otro extremo del dinamómetro mediante otro gancho tractor, que termina en una empuñadura

que puede ser cogida con ámbas manos. El individuo permanece con el tronco flexionado casi en ángulo recto con las piernas rígidas y los pies juntos sobre una pequeña plataforma de madera a la cual está fija por la parte inferior el dinamómetro.

En la dinamometría de empuje, puede utilizarse el mismo dinamómetro lumbar, pero variando la posición del cuerpo; las piernas son ahora las que se flexionan y también los brazos, el tronco permanece lo más rígido posible y de esta manera el tirón representa la fuerza extensora de los músculos de las piernas, con el eje de rotación de las rodillas. Otro sistema es la realización de la prueba en decúbito supino, con los hombros apoyados en un soporte, de esta manera, el empuje de las piernas no tiene que vencer el peso propio (acción de la gravedad).

**Masa muscular.**- Para la valoración de la masa muscular del individuo - en relación con su aptitud motora, se mide con cinta métrica, los perímetros del cuello, brazo, antebrazo, pectorales, muslo y pierna, realizándose en relajación y en máxima contracción. De esta manera y teniendo en cuenta el espesor del panículo adiposo, se puede tener una idea bastante aproximada de la masa muscular del individuo (perímetro de la sección transversal de los músculos).

**Flexibilidad.**- Para averiguar la flexibilidad del individuo, se le ordena - practicar algunos ejercicios, como por ej.: flexión y extensión del tronco en posición de decúbito prono y decúbito supino. Amplitud de los movimientos de rotación del tronco y de flexión y extensión en general. Posición japonesa sentado, con las piernas cruzadas, y otros muchos ejercicios dinámicos, que indican la flexibilidad tanto en las articulaciones, como en los músculos, que realizan el ejercicio.

Estos ejercicios se valoran a veces midiendo el ángulo que son capaces - de alcanzar desde la posición de partida o la altura sobre el plano horizontal de la posición de partida.

**Agilidad.-** Para medir la aptitud motora en cuanto a la agilidad se le hacen realizar al individuo, pruebas dinámicas, en que intervengan la fuerza, velocidad y flexibilidad en conjunto, como por ej.: saltos en cuclillas, volteretas, saltos con giros y cambios de posición en el aire, volteos sencillos en barra o trapecio, saltos, etc.

**Equilibrio.-** La aptitud motora en relación con el equilibrio, está basada fundamentalmente, en la coordinación de movimientos y en el aprendizaje y entrenamiento de los mismos, por lo cual es muy difícil desde el principio conocer esta clase de aptitud. Sin embargo algunos ejercicios, como balanceo de piés y piernas, equilibrio sobre las manos en cuclillas, ejercicios sobre un solo pié, - cambios rápidos de situación de la cabeza, etc. pueden orientarnos sobre esta - condición motora del individuo. En general, desplazamientos del centro de gravedad, disminución de la base de sustentación y aumento de la velocidad de ejecución.

**Resistencia.-** La resistencia como condición motora no tiene nada que ver con la resistencia física de las pruebas de ejercicio prolongado, que miden aquí a la resistencia muscular al realizar determinados trabajos. Como índice de esta - clase de resistencia podemos utilizar: levantamientos de pesas, ejercicios de suspensión en barra, cargas en determinadas posiciones, etc.

**Velocidad.-** La medida de esta clase de aptitud debe realizarse en forma de ejercicios cortos, donde intervenga la rapidez de movimientos, como por ejemplo: carrera de 60 u 80 metros, carrera de vallas. Velocidad para levantarse des-

de el suelo o para voltear, etc.

En general podemos decir, en relación con la aptitud física motora, que las pruebas relacionadas con la misma, no permiten muchas veces valorar satisfactoriamente la aptitud física del individuo, puesto que el resto de las condiciones psíquicas, fisiológicas, etc., condicionan aún más que las motoras, la aptitud física.

**Condición nerviosa y psicosenorial.**— Estas pruebas engloban factores múltiples de: tiempo de reacción, atención, percepción auditiva, visual y táctil, etc., así como pruebas mentales que pertenecen más bien al estudio de la psicología del deporte.

Unicamente se emplean en la práctica las determinaciones del tiempo de reacción acústico y visual, mediante los aparatos adecuados. Pruebas de habilidad neuro-vegetativa, etc., también pueden utilizarse y valorarse.

**Condición de habilidad o destreza.**— En esta parte se ha de valorar la capacidad del individuo para realizar la mayor cantidad de ejercicio, con un esfuerzo relativamente pequeño. Es evidente que un proceso de perfeccionamiento en la coordinación de movimientos, pueden mejorar la eficiencia en la realización de los mismos, es decir, el movimiento adiestrado resulta fácil, natural y al mismo tiempo elegante; el característico "estilo" que poseen algunos atletas, cuando realizan ejercicio, puede conseguirse por un adiestramiento persistente; pero también es muy cierto que hay individuos que poseen condiciones especiales que les permiten realizar determinados deportes o ejercicios con una gran facilidad y naturalidad y no son producto del aprendizaje, sino más bien de condiciones personales.

Los movimientos del cuerpo que se realizan con habilidad o destreza, - supone que, los impulsos motores del sistema nervioso central llegan a los músculos con un alto nivel de integración, en el cual la facilitación y la inhibición se producen en una secuencia perfectamente correcta. Recordemos los elegantes movimientos de brazos y piernas del nadador estilista. El braceo y la zancada de los buenos atletas en la pista, mientras que el nadador o el atleta que no poseen destreza, producen la penosa sensación de luchar denodadamente con el agua, o realizar un esfuerzo agotador en la pista; aunque ambos puedan conseguir velocidades idénticas, el esfuerzo realizado por los no diestros, supone muchas veces un gasto energético mayor para los trabajos complicados y pesados (*Astrand, 1970*), que el de los diestros.

En el mecanismo fisiológico que actúa en esta condición, intervienen en primer lugar, los sistemas propioceptores de los músculos, articulaciones, laberinto, etc., y por otro, el mecanismo efector dependiente del sistema nervioso central, con su alto proceso de integración. Cuando se produce un nuevo movimiento, al principio resulta tosco, difícil e inelegante, puesto que, los reflejos más o menos sencillos que intervienen no disponen de la suficiente coordinación en los movimientos, resultarán así torpes y dismétricos; posteriormente, la práctica, consigue un verdadero mecanismo de autorregulación, muy parecido al que se produce en los reflejos condicionados.

Entre los factores que limitan la destreza, encontramos los siguientes: estatura, peso, ritmo, biotipo, coordinación, sentido propioceptivo, equilibrio, velocidad, etc.

En cuanto a la estatura, las personas de talla elevada desplazan a mayor distancia su centro de gravedad, que los de estatura reducida. El atleta de talla menor tiene ventajas, en muchas actividades del movimiento, como por ej.: en

la zambullida, ejercicios acrobáticos, en el regate de balonpié y en general, en los ejercicios gimnásticos. Mientras que los de talla alta disponen de mejor condición para encestar, lanzar jabalina o disco, jugar al tenis, etc.

En cuanto al peso corporal, en relación con su musculatura, es por lo general un gran factor limitante de su destreza física. Es evidente que la disminución de peso en atletas que engordaron, mejora extraordinariamente su condición física.

El tipo constitucional representa por sí sólo una parte muy importante de la condición de habilidad de la persona para determinados deportes, por ej.: los nadadores son en general individuos discretamente engrasados, los luchadores suelen ser claramente de condición pícnica, aunque con una gran masa muscular y muchas veces busca su sobrealimentación para conseguir mejores resultados. El ritmo es una consecuencia del mecanismo nervioso que hemos comentado anteriormente. De la afinada coordinación en el ritmo, surge la mejor destreza; cada músculo debe contraerse y relajarse en el momento adecuado, para que el movimiento no se encuentre interferido e incluso anulado. El aprendizaje es importantísimo en esta clase de movimientos, para poder incluso desechar todos aquellos movimientos que resultan inútiles o fatigantes.

La llamada coordinación ojo-muscular (oculo-manual de *Le Boulch, 1968*) es la que caracteriza a la precisión del movimiento, siendo por lo tanto completamente necesaria en todo ejercicio de habilidad, la sensibilidad propioceptiva, la táctil, los propioceptores de los órganos del equilibrio, los mecanismos de integración del tono y postura, etc.; son los que establecen la relación entre el objeto y el cuerpo, a fin de conducir los movimientos directamente hacia su objetivo. El adiestramiento permite de tal manera mejorar la precisión de un movimiento que incluso puede llegar a prescindir del factor "ojo-músculo" y realizarse el movimiento

to con los ojos cerrados.

El equilibrio es imprescindible para la precisión de un movimiento y -  
junto con el mecanismo de regulación del tono y la postura, imprescindibles -  
en todo proceso de adiestramiento.

Recordemos, que en la regulación de la postura, actúan reflejos tónico  
posturales que tienden a mantener la postura en contra de la acción de la gra-  
vedad evitando la caída o recuperarla mediante los reflejos tónicos laberínticos,  
dependientes de la posición de la cabeza en el espacio. Los reflejos de acelera-  
ción recogen la sensación de velocidad; la respuesta a la aceleración lineal, es  
utilizada por el saltador cuando cae sobre sus pies, la aceleración angular actúa  
sobre los propioceptores labrínticos y junto con los estímulos visuales intervie-  
nen en la orientación del atleta. Los reflejos de aceleración rotatoria y en gene-  
ral los reflejos posturales, sirven para orientar al individuo tanto cuando el cuer-  
po tiene algún apoyo, como cuando se encuentra suspendido en el espacio.

La velocidad de movimiento es también una de las características de la  
destreza. En general el peso disminuye la velocidad, pero ésto depende de las -  
clases de palanca que intervienen en el movimiento.

Las pruebas que realizamos para medir la condición de Habilidad o Des-  
treza, han sido divididas, con arreglo a los factores antes enumerados y en cuan-  
to a la valoración hemos preferido clasificarlas en tres grupos: bueno, regular y -  
deficiente, por parecernos más sencillo para su valoración.

Para los ejercicios de precisión, por ej.: utilizamos movimientos de ámbas  
manos realizados de derecha a izquierda y de izquierda a derecha, para darnos -  
cuenta de la rapidez con que pueden ser utilizadas. Tirar bolas de distinto peso

y tamaño para acercarlas a una raya colocada a una determinada distancia, supone un mecanismo de precisión, en el que intervienen, mucho los factores fisiológicos que hemos comentado.

Incluimos también, pequeños ejercicios de puntería, con flecha, monigotes, fusiles, etc., que ponen en evidencia la condición de puntería del individuo.

Todos estos ejercicios de habilidad y destreza son tan varios que es necesario elegir un grupo de ellos para de esta manera poder valorar, con criterio uniforme, la condición de habilidad o destreza general del individuo.

La que llamamos "destreza especial", tiene que ser adaptada, a la clase de trabajo o actividad física que queramos valorar, ajustando las pruebas correspondientes, de acuerdo con el especialista en la actividad o deporte.

**Valoración.-** Siguiendo el criterio general (*Comité Internacional de Estandarización del Physical Fitness test*), una vez elegida la batería de pruebas que se va a realizar, del total de ellas, se debe valorar, si se trata de magnitudes sencillas, expresando el resultado numéricamente.

No obstante, la valoración total de la Condición Biológica, en la hora actual, se nos presenta como inasequible globalmente. Es preciso pensar en los problemas que presentan las pruebas Psicosensoriales, para su transcripción a números, por ej.: Sólo en las pruebas escogidas para el exámen de un determinado grupo, se pueden hacer las precisiones correspondientes, antes de ser utilizadas.

El criterio eficaz, creemos que consiste, en fraccionar la Condición Biológica en grupos de pruebas, asequibles a distintos niveles de aplicación, y la valoración total es labor de equipo, en el que debe contar con importancia decisoria el ni-

vel alcanzado por la Condición Fisiológica.

Para la realización de la Ficha de Condición Biológica, se han consultado las obras fundamentales de evaluación y medida en "physical fitness", que relacionamos a continuación y que se especifican en la bibliografía general.

"Physical Fitness measurement standards" del International Committee on standardization of Physical Fitness test (ICSPFT). Volúmenes correspondientes a las reuniones de: 1967-68-69-70 y 71. (Stacy, W. Ralph y Mathews, 1964); - Karpovich, P., 1966; Campbell, W.R. y N.M. Tucker, 1967; Mathews, D.K., 1969; Astrand, P.O., 1970; De Vries, Herbert A., 1966; Lucherini y Cervini, 1960; - Scherrer, J., 1967; Asmussen, E., ; Ricci, B., 1967; Ulmeanu, Fl. C., 1969; Kraus, H. y Hirschland, R., 1954; Browsell, Clifford Lee, 1951; Nixon, E.W. y Cozens, F.W., 1942; Jokl, E., 1964; Harrison, H. Clarke, (1970).

#### I. 2.- Condición Fisiológica.- Pruebas de esfuerzo.- Generalidades.

La Condición Fisiológica se divide en la ficha, en los apartados A) y B). En el primero de ellos se recogen los más importantes valores de reposo: temperatura, pulso, presión arterial, electrocardiogramas de reposo (en distintas derivaciones), prueba electrocardiográfica de apnea voluntaria, datos espirométricos - con sus correspondientes índices, valores hemáticos no rutinarios (que fueron ya recogidos en la ficha médica) y que presentan mayor interés para el ejercicio - muscular, tales como: glucemia, lactacidemia, piruvemia, etc.

En el apartado segundo, incluimos las llamadas pruebas de esfuerzo, con las que se pretende valorar, la capacidad de adaptación cardiovascular y respiratoria, en determinadas condiciones de sobrecarga, como son: ejercicios físicos - (flexiones de piernas, subida de escalones, ergómetro de bicicleta o de manivela,

correa sinfín, ejercicios con halteras, etc.).

Las pruebas cardiovasculares de mayor interés son las que valoran: el pulso, la presión arterial, el gasto cardíaco y las modificaciones electrocardiográficas, producidas por esfuerzos de distinta intensidad y duración.

El registro del volumen minuto, por métodos directos y con la técnica del cateterismo cardíaco (*Cournand y Cols, 1945*), es el método más exacto y nos permite, aplicando la fórmula de Fick, averiguar fácilmente el gasto cardíaco en reposo. Las dificultades surgen al pretender usar este método durante el ejercicio y actualmente se hace en ejercicios de tipo ligero, realizados con el cicloergómetro y el tapiz rodante, o después de ejercicios intensos.

Otros procedimientos indirectos como el de Gladman o la modificación de Winslop, el procedimiento rápido de Starr, no ofrecen garantías suficientes de exactitud. Ultimamente la incorporación de técnica que utiliza isótopos radiactivos E. Van Thiel (*1964*), que se diluyen en el torrente circulatorio, han venido a mejorar los procedimientos de determinación del gasto cardíaco y resultan de más fácil aplicación al ejercicio muscular.

Conocido el volumen minuto y la superficie corporal (deducida del peso y la talla), podemos averiguar el índice cardíaco. El valor normal del mismo - en reposo es de  $3,2 \pm 0,2$  litros por  $m^2$  de superficie y minuto Doyle (*1953*), - que es de la misma magnitud que en los métodos de aplicación directa del principio de Fick según H. Denolin (*1964*). Sobre la aplicación práctica de estos principios, son interesantes los trabajos de Visscher, M.B. y Johnson, J.A. (*1953*) y la revisión actual de Rushmer, R.F. (*1970*).

La electrocardiografía durante el ejercicio muscular, presenta serios incon

venientes, debido a la aparición simultánea de electromiogramas. Ultimamente las más importantes casas de aparatos de electrocardiografía (*Samborn, Helligge, etc.*), parecen haber resuelto eficazmente este problema, pero con aparatos muy costosos y que por el momento no resultan de aplicación práctica. Las modificaciones – que pueden aparecer en el electrocardiograma del individuo sano, pueden ser muy variadas: modificaciones del ritmo, amplitud de complejos, depresión de ondas o espacios isoeleétricos, retardos e incluso bloqueos. Chaylley-Bert y F. Pas (1962); Jokl, E. (1964); Barringer, T.B. (1968); Ottani, G. (1968); Rushmer, R.F. (1970).

**Prueba de apnea voluntaria.**– Un hallazgo reciente A. Gallego (1965); A., Gallego (1968) de los efectos de la apnea voluntaria produce en el electrocardiograma de individuos jóvenes, con excelentes condiciones físicas, nos ha permitido incluir la citada prueba en nuestra ficha.

Se realiza una prueba de apnea voluntaria, tanto al final de la espiración como de la inspiración, durante el tiempo máximo que pueda soportar el individuo. Este tiempo en espiración suele oscilar entre 15 y 45 segundos y en inspiración entre 30 segundos y más de 4 minutos (casos excepcionales).

Los efectos demostrados son los siguientes:

- a) bradicardia sinusal por acción vagal
- b) arritmia sinusal o respiratoria
- c) disminución de la conducción aurículo-ventricular con posibilidad de producir bloqueos completos; la prolongación del espacio PQ, no se establece progresivamente (fenómeno de Wenkebach) sino - de forma brusca.

El brusco “tirón” de refuerzo vengal que sigue al primer movimiento - respiratorio después o al final de la apnea, pudiera estar producido por el refle

jo de Hering-Breuer. La importancia de esta prueba dentro de la Condición Biológica, creemos resulta fundamental, en submarinistas, pilotos de aviación, etc., - Gallego y Cols (1965 y 1968); Lucherini (1960); Schenone (1970); Song, S. H. y Cols. (1969); Gaderman, E. (1970).

Entre las numerosísimas pruebas que miden preferentemente la adaptación cardiovascular del individuo en relación a las modificaciones del pulso o la presión arterial, hemos incluido en nuestra ficha únicamente aquellas que han sido sancionadas ya por la práctica y que vienen siendo utilizadas por nosotros, en la Escuela de Profesores de Educación Física de la Facultad de Medicina y en el I.N.E.F. En la prueba de Ruffier se mide la modificación del pulso, producida después de realizar 30 flexiones de piernas en 45 segundos, tomándolo cada 15 segundos, Lucherini y Cervini (1960). En la modificación de Dickson, se emplea el índice, que hemos consignado en la ficha, valorando el pulso inmediatamente después del ejercicio (durante 15 segundos) y al final del primer minuto del período de recuperación, Andrivet, R. (1969).

En 1931, Tuttle introdujo una modificación al test del escalón de Hambley, Karpovich (1966). En la prueba se averigua el número de pulsaciones en reposo e inmediatamente después de la subida de 20 escalones completos en 1 minuto y en una segunda medición, el incremento del pulso después de un esfuerzo doble del anterior, en el mismo tiempo. El fundamento de la prueba es el siguiente, Tuttle (1931): para un cierto número de escalones, una persona - menos capaz, tiene un ritmo de pulso durante los dos minutos inmediatos al período de recuperación, más elevado relativamente.

Hemos seguido el criterio de valoración de la prueba original, en el cual se valora, el número de escalones, que es capaz de subir el individuo en la segunda prueba, para obtener una relación del pulso de 2,5 (utilizando la fórmula

que se consigna en la ficha). La forma simplificada, (*Tuttle y Dickinson, 1938*), se debe aplicar más bien con propósitos de diagnosis médica, aunque el test de Master es más utilizado.

La prueba de Schneider, también se incluye, valorándose los siguientes factores: a) pulso basal; b) modificación ortostática del pulso; c) pulso basal levantado; d) incremento del pulso después de un ejercicio de escalón ligero; e) tiempo de recuperación en segundos después del ejercicio; f) la diferencia de la presión arterial sistólica en la posición reclinada y de pié. Realizamos la prueba por el método original y la valoramos con arreglo a la puntuación en ella asignada. (*Schneider, E.C., 1920; Lucherini y Cervini, 1960; Chaulley-Bert y F. Plas, 1962*).

En la prueba de Harvard, (*Brohua, 1944; Madehava, K. y Cols, 1953; Elbel, E.R., 1958; Karpovich, 1966; Hettinger y Cols, 1961; Sloan, 1966; Morehouse, 1969; Astrand, 1970*), o de subida y bajada de un escalón de 50 cms. de altura y durante un tiempo máximo de 5 minutos, hemos utilizado el índice de la forma rápida y su valoración correspondiente. Es indudable que de estas cuatro pruebas, la que requiere un mayor esfuerzo es la de Harvard, por lo que nos sirve para valorar gradualmente la adaptación cardiovascular y respiratoria, de individuos jóvenes a esfuerzos progresivos.

Indudablemente, podríamos haber utilizado también las pruebas de MacCurdy-Larson, la de Kraus y Weber, Letounov y otras muchas más, que no creemos aventajen a las mencionadas. (*Kraus, H. y Hirschland, R., 1954; Dembo, A. A., 1963; Karpovich, 1966; Lucherini y Cervini, 1960*).

Entre las pruebas de esfuerzo para comprobar la adaptación fisiológica respiratoria, incluimos las siguientes determinaciones: consumo de oxígeno ( $VO_2$  min),

eliminación de  $\text{CO}_2$  ( $\text{VCO}_2$ ) min., cociente respiratorio (QR), equivalente ventilatorio para el oxígeno (EQ), volumen minuto respiratorio (V) y frecuencia respiratoria.

Estas determinaciones se realizan durante el esfuerzo y después de terminado el mismo (recuperación). El esfuerzo o sobrecarga puede ser medido en intensidad y duración, mediante ergómetros, correas sinfín, etc. De esta manera — averiguamos también la deuda de oxígeno, la deuda ventilatoria, la máxima capacidad aeróbica, la sobrecarga máxima soportada, etc. Asmusen, E. y Nielsen, M. (1964); Mathews, 1968; Ricci, B. (1967); Asmussen, E. (1967); Scherrer, J. — (1967); Hebbelinck, M. (1968); Astrand, P.O. (1970).

Las pruebas electrocardiográficas de esfuerzo, como la de Master, Lucherini (1960), pruebas con ergómetros, carreras sin desplazamiento y las pruebas telemétricas, de electrocardiograma, pulso, etc. pueden realizarse y se consignan también en la ficha, así como las pruebas hemáticas, en las cuales con diferentes tipos de esfuerzo y sobrecarga, se deben estudiar las modificaciones, que pueden experimentar algunos valores como: Glucemia, lactacidemia, piruvemia, y amonemia, como determinaciones fundamentales, A. H. de Vries (1966); Karpovich — (1966) Ulmeanu, Fl. C. (1969); Astrand (1970); Crescitelli, F. y Taylor, C. (1968) Henry, F.M. (1951).

### 1.3.- Respuestas cardiovasculares durante el esfuerzo.- Parámetros.-

En la vida normal, los incrementos de actividad de los diferentes tejidos u órganos, son posibles gracias al ajuste consiguiente del flujo de sangre a los mismos; lo que impone un pequeño stress a la capacidad del sistema cardiovascular. Naturalmente el incremento del gasto cardíaco, puede ser muy pequeño o no existir, para actividades como la digestión, excreción, pérdida de calor, etc.

En el ejercicio, el aumento de flujo en las estructuras que trabajan, es la principal actividad a realizar.

En el hombre, el perro y el caballo, el gasto cardíaco durante el esfuerzo está directamente relacionado con el consumo de oxígeno; **Barger y Cols (1956)**; en el hombre, **Ekblom y Hermansen (1968)**; **Astrand (1971)**.

El consumo de oxígeno, desde el reposo al esfuerzo, puede aumentar más de 20 veces, puesto que en reposo se consume 250 ml/mín. y en los esfuerzos más violentos, como en otro capítulo exponemos, se ha llegado a la cifra récord de 6 litros/mín., es decir, 24 veces más.

Estas cifras vienen a representar, (con las conversiones correspondientes del equivalente calórico para el oxígeno y teniendo en cuenta que, 1 horse-power=10.688 Kcal./mín.) un incremento de energía desde 0,12 Hp., hasta 3 Hp. (correspondientes a un consumo de oxígeno de 6 l./min.).

**Ekblom y Hermansen (1968)**, indican valores verdaderamente extremos, en cuanto a su magnitud, para el gasto cardíaco, de 42,3 l/min., con un volumen de eyección de 205 m., una frecuencia de 206 p./min., y 81,1 ml./kg./min. de consumo de oxígeno.

En una carrera de 100 yardas (91,4 ms.), el atleta consume aproximadamente 30 litros de oxígeno por minuto, lo que equivale a unos 15 horse-power, **Rushmer (1970)**.

Sin embargo, como sólo ha tardado 10 segundos, sólo ha quemado alrededor de 0,5 litros de oxígeno, y su deuda es de 5 litros aproximadamente. Es decir, que el nivel máximo de energía gastada nos conduce desde los 0,12 Hp.

correspondientes a los 250 ml/min. del reposo, hasta los 30 litros teóricos del esfuerzo máximo, que sólo puede realizarse durante unos pocos segundos y - que corresponden a 15 Hp. Es decir, el incremento de gasto energético llega a ser 125 veces más, en el máximo esfuerzo. Para Fenn (1953) en un sprinter, el trabajo real de la carrera correspondería a 3,95 Hp. del trabajo total de 14,4 Hp., aproximadamente el 21%.

Basándose en estas observaciones, para Rushmer (1970), el incremento en la utilización del oxígeno por el músculo que trabaja, se consigue por: a) incremento del gasto cardíaco; b) redistribución del flujo sanguíneo, desde los tejidos inactivos a los activos; c) incremento en la extracción de oxígeno de la sangre, d) deuda de oxígeno.

El volumen de eyección, depende de los siguientes factores: Astrand - (1970); a) retorno venoso, b) distensibilidad de los ventrículos.

Los factores finales que determinan el volumen de eyección son: la fuerza de contracción en relación a la presión en la arteria (aorta o pulmonar).

El concepto actual sobre el volumen sistólico en el hombre, durante el ejercicio, se puede resumir, en que el esfuerzo realizado en posición supina o erecta, no incrementa significativamente el volumen sistólico, respecto a los valores medidos en reposo, en posición supina, datos que son aportados, entre otros por: Wade y Bishop (1962); Bevegard, S. (1962); Bevegard, S. y J. T. Shepherd (1967); Rushmer, R.F. (1959).

Cuando se cambia de posición, desde decúbito supino a de pie o sentado, hay una disminución en el tamaño diastólico final del corazón y un decremento del volumen sistólico, Rushmer (1966).

Si se realiza de pié o sentado, trabajo muscular, el volumen sistólico se incrementa aproximadamente en la misma magnitud, que el obtenido en posición de echado.

**Rushmer, R. F. (1970)**, resume ocho trabajos de: Donald, Barrat-Boyes, Dexter y Cols, Asmusen y Nielsen, Brucey Cols, Riley y Cols, Mitchel y Cols y Thielen y Cols, sobre los cambios en el volumen sistólico, que son muy ligeros, en ejercicios de amplio rango de nivel de esfuerzo, la severidad del ejercicio fué clasificada sobre la base del consumo de oxígeno.

Para **Rushmer (1970)**, citando a **Chapman**, afirma, que el volumen sistólico durante el ejercicio es muy poco mayor que durante la posición echado.

Parece bastante posible, que el volumen sistólico en la posición relajado y reclinado (echado), está cerca del máximo nivel a que se llega normalmente durante el trabajo pesado. **Rushmer (1970)**.

La discrepancia entre los primitivos estudios y los hallazgos de recientes trabajos, no se debe a resultados inconsistentes, sino a audaces conclusiones, basadas en extrapolación de datos a condiciones no examinadas. La ley de Starling es exacta en la preparación corazón-pulmón, pero cuando el corazón funciona en el animal intacto, hay otros mecanismos superimpuestos **Astrand (1970)**.

Resumiendo, el hombre en reposo echado, tiene baja frecuencia de pulso, las mayores dimensiones ventriculares y gran volumen sistólico (muy cerca del máximo). El ejercicio en posición supina produce, pequeño o ningún incremento en el volumen de eyección, aún cuando el ejercicio sea severo.

Los atletas tienden a poseer, más baja frecuencia cardíaca, mayor volumen

de sangre, más alta presión de llenado ventricular, mayores dimensiones ventriculares y mayor volumen de eyección, que los individuos sedentarios igualmente - en reposo y echado. **Rushmer, R.F. (1970).**

Los atletas también tienden a responder al ejercicio en posición supina, con taquicardia y pequeño o ningún incremento en el volumen de eyección. - **Bevegard y Cols. (1963).**

Al asumir la posición erecta, la frecuencia se incrementa algo y el volumen de eyección declina rápidamente alrededor del 30 al 40 %. **Bevegard y Cols (1963).**

**Wang y Sheperd (1960)** demostraron que en ejercicios medianos, era suficiente el volumen sistólico de valor aproximado al de control del individuo echado.

Para **Rushmer (1970)**, los incrementos en el ejercicio a niveles extremos producen sólo ligeros incrementos en el volumen de eyección, sobre cualquiera - de los dos niveles de control elegidos, ya sea en el reposo echado o de ligero - ejercicio.

**Astrand (1970)** indica que no hay correlación significativa entre la máxima frecuencia de pulso y un eventual decremento en el volumen de eyección, durante el esfuerzo máximo y por tanto, está fuera de regla la hipótesis de que una - alta frecuencia (alrededor de 200) durante el esfuerzo, interfiere en el llenado del corazón, los trabajos de **Braunwald y Cols (1967)** se interpretan en igual sentido.

En la mayoría de los tipos de trabajo, el incremento de la frecuencia es lineal con el incremento de la potencia. Hay excepciones y estas excepciones, son quizá más frecuentes entre los sujetos desentrenados.

Cuando los sujetos hacen un esfuerzo muy pesado, la diferencia arteriovenosa de oxígeno ( $A-VO_2$ ) se incrementa y el consumo de oxígeno se incrementa relativamente más que el gasto cardíaco.

La evaluación, a partir de trabajos de potencias submáximas, de valores máximos de  $VO_2$  individuales, se basan en registrar la frecuencia durante el estado de equilibrio y extrapolar, a una frecuencia a la que se asimila el  $VO_2$  máximo. Este es el principio del nomograma de (*Astrand-Ryhming, 1954*).

Puede haber muchos errores en este método, el mismo (*Astrand, 1970*) lo afirma, pues la desviación estándar para el esfuerzo, cuando se alcanza la máxima frecuencia, es de  $\pm 10$  latidos/min.

Por otra parte, hay un decremento de la frecuencia máxima, con la edad, ya que a los 10 años, ésta llega a 210/min. y a los 65, sólo a 165/min.

Los datos de (*Astrand, P.O., 1952; Astrand, I., 1960; Hollmann, 1963*), así lo demuestran.

Es por tanto fundamental, en relación con la exploración funcional respiratoria, en fisiología del esfuerzo, tomar en cuenta, especialmente la frecuencia cardíaca como criterio de medida, ya que es el parámetro que refleja más fielmente la respuesta al ejercicio del corazón, y al mismo tiempo, el de medida relativamente más fácil.

#### I. 4.- Adaptaciones respiratorias durante el ejercicio muscular.-

Las adaptaciones que se presentan en el curso del ejercicio, son distintas para el esfuerzo de larga o corta duración, que desarrollaremos, en el apartado quinto. Sin embargo, hay aspectos de la adaptación que conviene estudiar los con carácter más general, son: la ventilación, los volúmenes pulmonares estáticos, las presiones parciales en alveólos y sangre y por último la regulación de la respiración en el esfuerzo.

##### **4. 1.- Ventilación y frecuencia.**

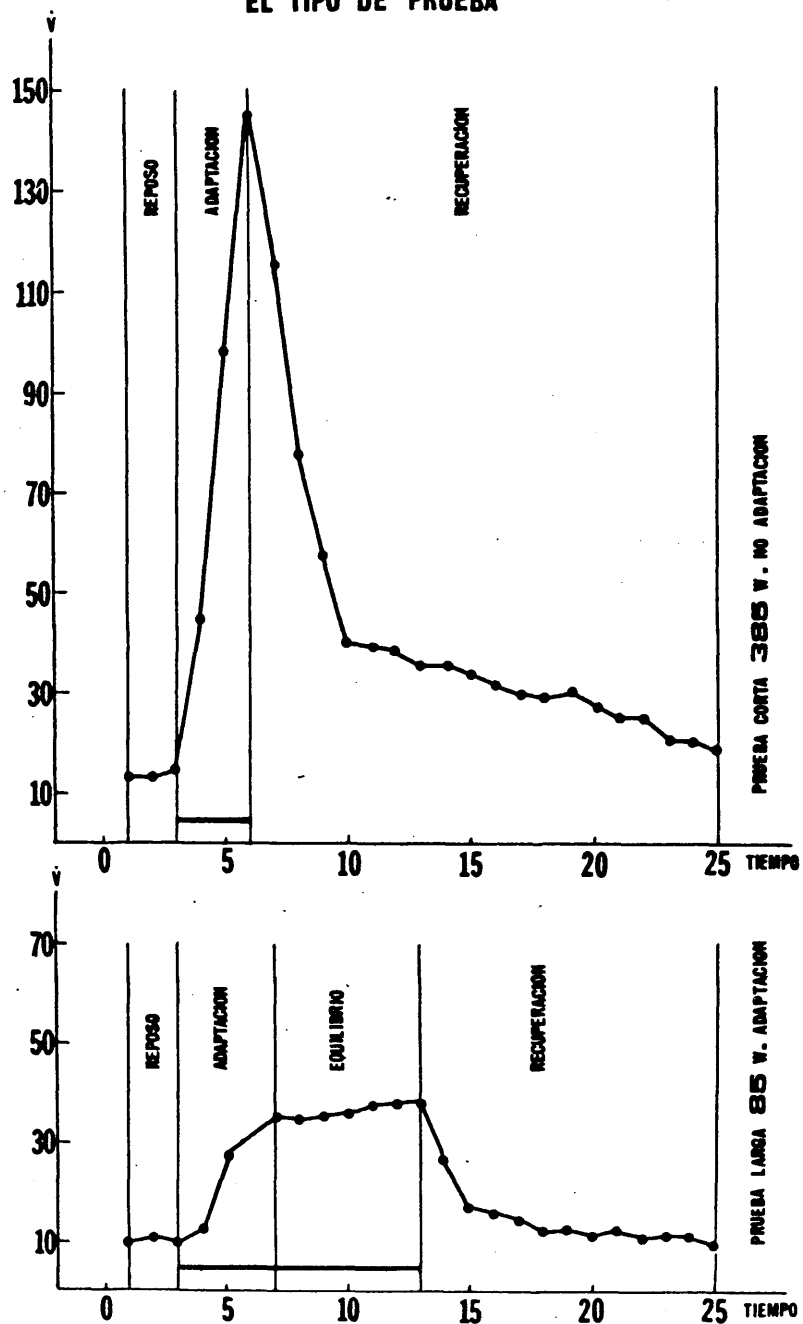
El aumento, muchas veces grande de la eliminación de  $\text{CO}_2$  y la elevación del consumo de  $\text{O}_2$ , como consecuencia del trabajo muscular, sólo son posibles gracias a un aumento de la ventilación. Esta se eleva desde que el esfuerzo físico comienza (*Krogh, A. y Lindhard, J., 1913; Asmussen, E. y Nielsen, M., 1948; Dejours, P., 1955*) aumentando rápidamente para luego detenerse y permanecer estable en un valor o valores que son función de la intensidad de trabajo. Para esfuerzos ligeros, se puede obtener un estado estacionario para el consumo de  $\text{O}_2$  y la ventilación también alcanza un valor relativamente constante.

Para esfuerzos más considerables, la subida es más abrupta, pudiendo durar de 5 a 10 minutos; el período estacionario es entonces sólo relativo. — Para esfuerzos más intensos, este período se hace más breve y por fin para el esfuerzo exhaustivo, la ventilación crece enormemente durante toda la duración del trabajo, sin producirse la adaptación Fig. ( 1 ).(*Nielsen, M., 1936*).

La importancia de la ventilación durante el período de estado estacionario es función de la intensidad del trabajo y en menor medida, de la na-

Fig.1

**COMPORTAMIENTO VENTILATORIO SEGUN  
EL TIPO DE PRUEBA**



turalidad del trabajo, este último pudiendo ser ejecutado por los grandes grupos musculares del cuerpo (músculos del tronco y las piernas) o por los grupos musculares menos importantes (músculos de los brazos, por ej.). Como muestra la Fig. ( 2 ), la ventilación aumenta proporcionalmente al consumo de Ox. hasta un determinado valor, posteriormente se nota un acrecentamiento proporcionalmente más considerable de la ventilación (*Galletti, P.M., 1959*).

El comienzo de este acrecentamiento corresponde a un aumento de la tasa de ácido láctico que rebasa su nivel base y marca (indica) probablemente la instalación de procesos metabólicos anaeróbicos. Esta hiperventilación relativa se produce a un nivel metabólico más bajo en los sujetos no entrenados y en un mismo individuo, éste acrecentamiento de la ventilación es por otra parte más precoz cuando el grupo muscular activo es más pequeño. Fig. ( 2 ). Todos los factores que tienden a favorecer los procesos anaeróbicos (intoxicación de Co<sub>2</sub>, disminución de la concentración de O<sub>2</sub> en el aire inspirado) contribuyen a la exageración de la ventilación (*Craig, F.N. y Cummings, E.G., 1960*); inversamente la inhalación de O<sub>2</sub> tiende a disminuir o a suprimir esta hiperventilación. Fig. ( 2 ) (*Asmussen y Nielsen, 1957*).

El valor máximo que puede alcanzar la ventilación pulmonar en el curso de un esfuerzo intenso (ventilación máxima), durante un semiestado estacionario es función de la talla del individuo, de su sexo y de su estado de entrenamiento. Fig. ( 3 ).

Esta ventilación máxima es relativamente más patente en los niños que en los adultos y más alta en las hembras que en los varones (*tabla 1, Astrand 1952*). Cuando se la expresa en función de la talla, la ventilación máxima crece de manera exponencial en los niños y los jóvenes, Fig. ( 3 ); (*Astrand, P.O., 1952*); en los adultos disminuye cuando la edad aumenta, Fig. ( 4 ), (*Tiffeneau,*

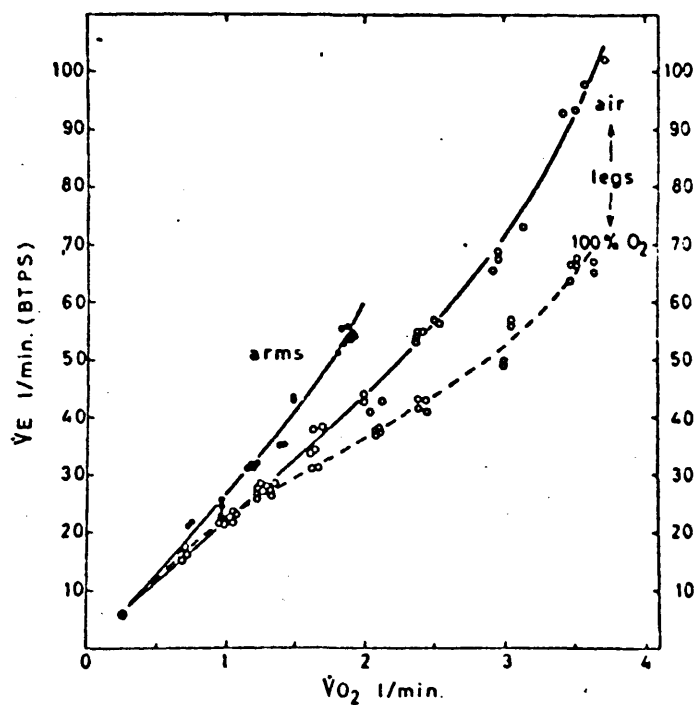
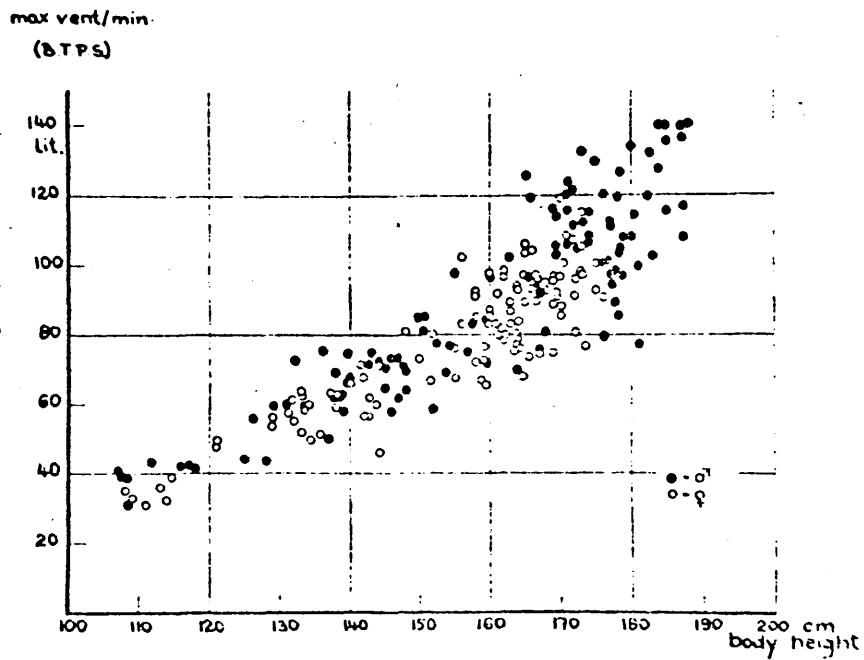


Figura 2: Relación entre la ventilación pulmonar y el consumo de oxígeno durante el trabajo en bicicleta.

○ — ○ trabajo con las piernas

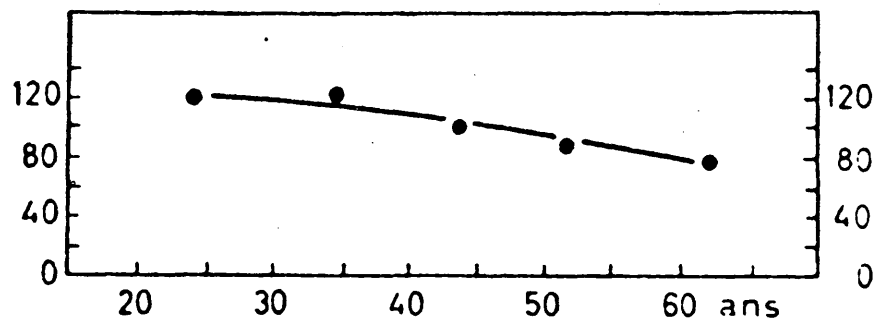
● — ● trabajo con los brazos

○ -- ○ trabajo con las piernas mientras respira oxígeno puro.



*Figura 3: La ventilación máxima en el trabajo muscular en relación a la talla.*

Vent. max  
l/min.(BTPS)



*Figura 4: La ventilación máxima en el esfuerzo, en relación con la edad.*

R. y Pinelli, A., 1948). Para los hombres jóvenes y bien entrenados, la ventilación máxima es del orden de 100 a 120 l./min. Para los períodos de corta duración y en los sujetos excepcionalmente bien entrenados, las cifras del orden de 200 l./min. han sido descritas. (Saltin, B. y P.O. Astrand, 1967).

Los movimientos respiratorios muy amplios que acompañan al esfuerzo físico entrañan un gasto considerable de energía (Craig, Albert B. Jr., 1960).

Se ha podido calcular la importancia del trabajo respiratorio en el curso de un esfuerzo sobre el cicloergómetro, determinando el exceso de consumo de O<sub>2</sub> que se produce cuando se aumenta intencionadamente la ventilación por adición de Co<sub>2</sub> al aire inspirado (Nielsen, M., 1936). En estas condiciones para una ventilación de 60 l./min. el trabajo respiratorio representa alrededor de 150 cm./min. ó 4%, y del 3% (Margaria, R. y cols., 1960) del metabolismo total y la eficiencia mecánica para la respiración, cuando se alcanzan ventilaciones entre 30-110 l./min., muy pequeña (G. Milic-Emili, 1960).

Se puede estimar por extrapolación que el trabajo ventilatorio para una ventilación máxima (110 a 120 l./min.) debe representar al menos 400 cm./min. ó 9% del metabolismo total. (Otis, 1964) utilizando constantes elaboradas por Otis, Rahn y Feun y estimando en 5% el rendimiento de los músculos respiratorios ha calculado el trabajo respiratorio correspondiente a una ventilación de 116 l./min., necesita un consumo de O<sub>2</sub> de 1100 ml./, o sea más del doble de las cifras citadas más altas. Dos trabajos ulteriores de los mismos autores han dado valores intermedios. (Cournand y Cols., 1954) encontraron valores análogos (ventilación de 100 l./min.). En los máximos valores de ventilación obtenidos durante el ejercicio, el trabajo mecánico de la respiración, alcanza alrededor de 100-120 cal./min. (Margaria, R. y Cols., 1960).

El aumento de la ventilación pulmonar en el curso del trabajo, se hace a expensas de un aumento del volumen corriente y de un aumento de la frecuencia respiratoria. Para esfuerzos débiles se nota principalmente, un aumento del volumen corriente, mientras que para esfuerzos importantes es sobre todo la frecuencia respiratoria quien se eleva (*Christensen, E.H., 1932*). Como sabemos, se puede espirar, por los trabajos de (*Tiffeneau y Pinelli, 1948*) del 70 al 80% y aún más en individuos jóvenes y entrenados, de la capacidad vital en un segundo, la observación muestra que en el curso de un trabajo muscular máximo no se utiliza apenas más del 50%, éste valor ha sido encontrado por (*Astrand, 1952*) estudiando el comportamiento en el esfuerzo de 225 niños y de adultos jóvenes de los dos sexos (edad comprendida entre 4 y 33 años). (*Robinson, 1938; Morse y cols., 1949*) dan valores parecidos.

En el curso de un esfuerzo máximo en un semiestado estacionario, *Astrand* observa que la frecuencia respiratoria depende netamente de la edad del sujeto y de su talla; esta frecuencia pasa de 20 respiraciones/min. para niños de 4 a 6 años, a 40-45 para sujetos de 20 a 30 años. (*Astrand, 1952*). Esto no se da en los adultos, en los que se encuentra una neta diferencia entre los dos sexos la frecuencia respiratoria, siendo un poco más elevada en la mujer.

Es necesario resaltar, que en el curso de un esfuerzo a ritmo impuesto tiende en muchos sujetos entrenados a armonizar con el ritmo de trabajo. Resulta que la frecuencia respiratoria aumenta por escalones sucesivos cuando la intensidad del trabajo se acrecienta; un trabajo de igual intensidad puede pues ser ejecutado a frecuencias respiratorias bastante diferentes, (*Astrand, 1970*). Es evidente que la amplitud respiratoria varía en relación inversa a la frecuencia. No obstante, las modificaciones de esta última pueden influenciar la eficacia de la ventilación pulmonar, (*Otis, 1964*); una respiración lenta y profunda puede -

entrañar una hipoventilación alveolar con modificación consecutiva de la tensión de los gases alveolares. Cuando el ritmo de trabajo es escogido libremente, este fenómeno no ocurre.

Al final del trabajo, la ventilación vuelve gradualmente a su valor inicial al mismo tiempo que la amplitud y la frecuencia respiratorias disminuyen. Al igual que el crecimiento inicial de la ventilación se manifiesta antes de toda modificación físico-química de la sangre, de la misma manera la vuelta (el retorno) de la ventilación, que comienza inmediatamente al fin del esfuerzo físico, se observa antes de que se pueda poner en evidencia las modificaciones sanguíneas. Estas consideraciones son un argumento en favor de la intervención de factores nerviosos en la regulación de la ventilación. El retorno de ésta última a sus niveles de base es función de la intensidad del trabajo, de la presencia o de la ausencia de procesos anaeróbicos responsables de la importancia de la deuda de oxígeno.

Para un esfuerzo ligero, la ventilación vuelve rápidamente a su nivel de reposo. Por el contrario, después de un esfuerzo intenso, hace falta a veces esperar más de una hora antes de retornar a las condiciones basales. Cuando es un esfuerzo estático, se constata inmediatamente después de finalizado el trabajo un aumento temporal de la ventilación, después una caída gradual. En los sujetos no entrenados, el retorno de la ventilación al nivel de reposo, necesita más tiempo que en los sujetos entrenados y para ciertos autores, este tiempo de recuperación es un reflejo del estado de entrenamiento (*Galletti, P. M., y Cols., 1956; Andersen, K.L., 1959*).

#### 4.2.- Los volúmenes pulmonares en el esfuerzo.-

Se había emitido la hipótesis de un aumento del volumen residual fun-

cional en el curso del trabajo muscular. Sin embargo, estudios posteriores no han podido demostrar un desplazamiento automático del tórax hacia la posición inspiratoria en el curso de un esfuerzo físico, pero las variaciones individuales no pueden ser expluías, Fig. ( 5 ). (*Asmussen y Nielsen, 1964*), han determinado el volumen residual de los pulmones por el método del hidrógeno para los esfuerzos, alcanzando una ventilación de 80 l./min.; los resultados obtenidos, Fig. ( 5 ) no muestran ninguna modificación sistemática (*Asmussen, E. y Christensen, E.M., 1939*). Fig. ( 5 ) (*Durand, 1967*).

La capacidad vital queda prácticamente inmutable durante el esfuerzo físico (*Gordon y Cols., 1924*), por lo tanto, éste último no dificulta los movimientos del tórax; ésto se ha observado igualmente cuando se inhala un aire pobre en O<sub>2</sub>. No ocurre con ventilaciones muy importantes, en las que se puede notar una ligera disminución de la capacidad vital. Las modificaciones de esta última que se pueden producir en reposo provocando desplazamientos de la masa sanguínea torácica, por ejemplo modificando la posición (Tabla I) se encuentran igualmente en el esfuerzo; si en el curso de un trabajo continuado, el volumen sanguíneo intratorácico es modificado, repercutirá sobre la capacidad vital de la misma forma que en reposo. Estas observaciones, no abogan pues en favor de la hipótesis, considerando la masa sanguínea intratorácica como un depósito sanguíneo activo, pudiendo variar en el curso del ejercicio muscular y del que el organismo puede disponer en el curso del esfuerzo. Resulta que la capacidad pulmonar total así como la capacidad media permanecen constantes.

El espacio muerto anatómico que comprende la parte de las vías aéreas no revestidas de un epitelio respiratorio (nariz, boca, faringe, tráquea, bronquios) se acrecienta, por dilatación de los pulmones (*Krogh, A. y Lindhard, J., 1913; Krahl, V.E., 1964; Holmgren, A. y P.O. Astrand, 1966; Turner, J.M., 1968*).

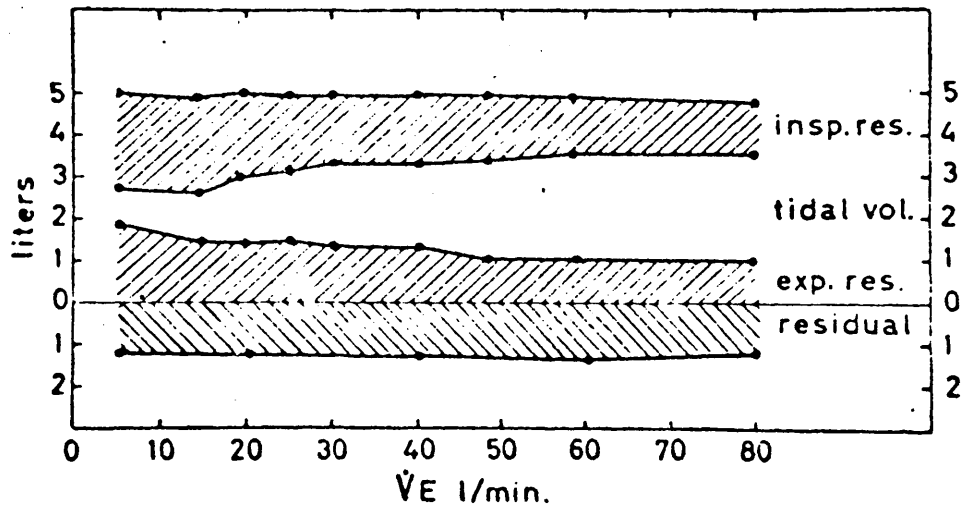


Figura 5: Volúmenes pulmonares en reposo y durante el ejercicio, en relación a diferentes niveles de ventilación pulmonar.

	CAPACITÉ VITALE	VOLUME RÉSIDUEL	CAPACITÉ pulmonaire totale
Tête en haut -- 60° . . . .	4,85 l	1,23 l	6,08 l
Tête en bas -- 60° . . . .	4,34 l	1,16 l	5,50 l

TABLA 1: Volúmenes pulmonares en los cambios de posición pasivos (camilla basculante de 60 a - 60°)

*Krogh y Lindhard (1913)* y (*Bargeton, 1967*) han probado por el método del hidrógeno, que el espacio muerto anatómico en caso de inspiración máxima, está aumentado alrededor de 100 cm.<sup>3</sup>, y (*Fowler, 1948*) utilizando el método del nitrógeno, ha encontrado valores semejantes (11 a 150 ml.). Este autor ha calculado basándose en las medidas anatómicas de *Rohrer (1915)* y las determinaciones radiológicas de *Huizinga (1936)*, que el espacio muerto anatómico puede aumentarse hasta alrededor de 230 ml. en una dilatación máxima de los pulmones; esto explica las diferencias entre el método de dilución de gases y el de cálculos por la existencia de corrientes laminares, por difusión y los movimientos provocados por el latido cardíaco, factores que tienden todos a disminuir el espacio muerto anatómico calculado. Conviene notar que la posición de la cabeza y de la mandíbula, por su influencia sobre las vías aéreas superiores, pueden igualmente hacer variar el tamaño del espacio muerto anatómico. Las variaciones del espacio muerto fisiológico en el curso del trabajo han sido estudiados también por *Weibel (1964)*.

#### 4. 3.- Presiones parciales de gas en el alvéolo en el esfuerzo.-

La composición del aire alveolar tanto en el reposo como en el esfuerzo, se modifican rítmicamente en el curso del ciclo respiratorio (*Rahn y Farhi, 1964; Bates, D.V., 1965*). Estas modificaciones, son sobre todo considerables en el esfuerzo, pues el metabolismo aumenta proporcionalmente más que la frecuencia respiratoria. Es por esta razón que las muestras de aire alveolar (método de *Haldane-Priestley*), prueba del end-tidal air (última porción del volumen corriente) y otras pruebas semejantes, no son más que un reflejo poco fiel de la composición media del aire alveolar. Así lo han señalado *Krogh y Lindhard* en 1914.

La mejor forma de determinar la composición media del aire alveolar, es la de calcular a partir de la fórmula de Bohr, el espacio muerto del sujeto en

experimentación habiendo sido determinado previamente. Después en la fórmula de Bohr, el aire espirado está constituido por dos fracciones: 1º el aire del espacio muerto, cuya composición es semejante al atmosférico; 2º el aire alveolar del que se ha hecho una abstracción, pues el gas que se encuentra en cada alveolo difiere de un lugar del pulmón a otro y se modifica en función de las necesidades metabólicas. El espacio fisiológico obtenido por la fórmula de Bohr es por otra parte un valor abstracto, que puede ser definido como la cantidad de aire inspirado que no sufre modificación en el curso del ciclo respiratorio.

*Enghoff en 1938*, ha propuesto sustituir la medida de la presión de CO<sub>2</sub> alveolar por la del gas en la sangre arterial; estos dos valores son iguales de una a otra parte de la membrana alveolar. La PCO<sub>2</sub> arterial es el resultado final de los cambios gaseosos que pueden ser heterogéneos en las diferentes partes del pulmón. Este método de determinación del espacio muerto fisiológico ha sido utilizado por otros autores (*Cohn, J.E., 1953; Asmussen, E. y Nielsen, M., 1956*). Asmusen y Nielsen han determinado, partiendo de la PCO<sub>2</sub> arterial, el espacio muerto fisiológico de 4 individuos normales inspirando, ya sea el aire atmosférico, ya sea un aire pobre en O<sub>2</sub> (12 ó 13% O<sub>2</sub>) en el curso de un trabajo muscular de intensidad creciente. Estos estudios han demostrado un aumento del espacio muerto fisiológico que pasa de un valor medio de 170 ml. en reposo a 355 ml. en el curso de un trabajo por el cual el volumen corriente alcanza 3,300 l. Fig. ( 6 ).

En estas condiciones, la relación espacio muerto-volumen corriente, pasa de 28% a 11%. Se ha podido así trazar una gráfica en la que son expresadas las relaciones que unen el espacio muerto fisiológico a las variaciones del volumen corriente, Fig. ( 6 ). Este gráfico puede, eventualmente, ser empleado como referencia para el cálculo de las Pa CO<sub>2</sub> y Pa O<sub>2</sub> después de la fórmula

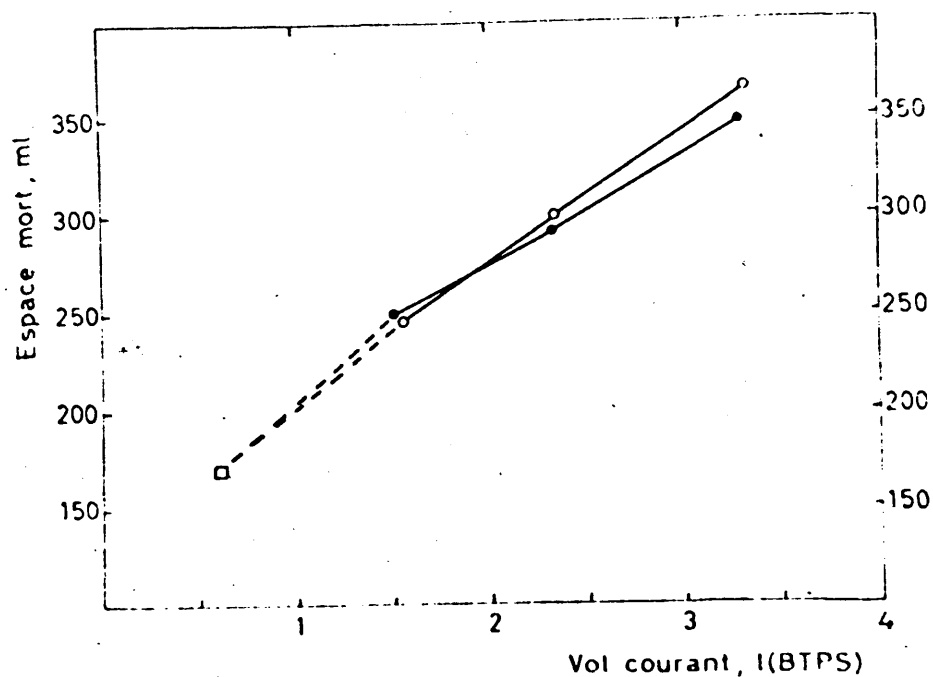


Figura 6: Espacio muerto fisiológico en los sujetos normales, en relación con el volumen corriente.

□ Reposo

● Trabajo en aire atmosférico

○ Trabajo inspirando aire que contiene 12,5 p.100 de oxígeno

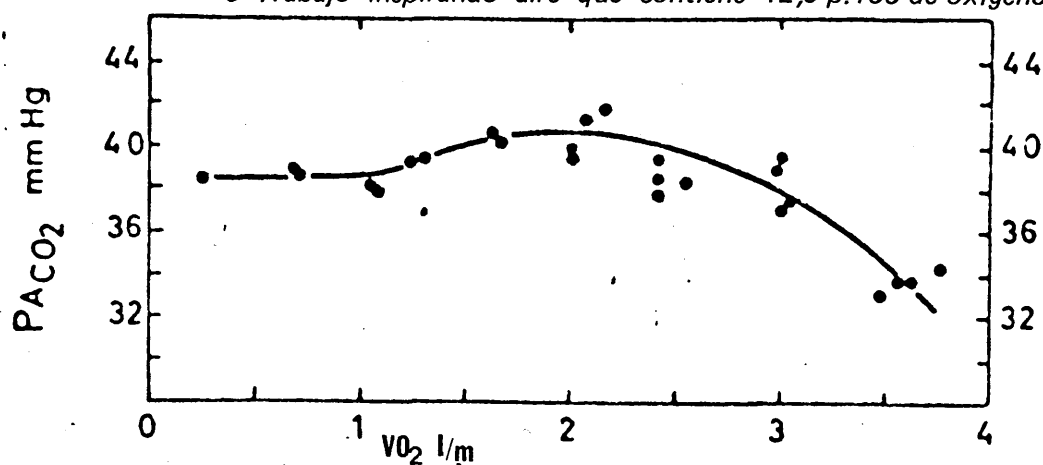


Figura 7:  $P_{CO_2}$  alveolar y consumo de  $O_2$  durante el reposo y ejercicio muscular.

la de Bohr, cuando los sujetos son normales y por lo tanto, cuando la amplitud del volumen corriente sea suficiente (o más allá de  $1^{1/2}$  a 2 l.). Estas determinaciones no son por otra parte rigurosamente exactas, ya que se calcula la tensión de los gases alveolares admitiendo que el espacio muerto permanece constante en el curso de toda la duración del ciclo respiratorio. El espacio muerto fisiológico para el  $\text{CO}_2$  puede ser igualmente utilizado para calcular la presión parcial de  $\text{O}_2$  alveolar, a condición de que el espacio muerto para el  $\text{CO}_2$  sea igual al espacio muerto para el Oxígeno. Si es así, se pueden escribir las ecuaciones siguientes:

$$V_T = \frac{F_E \text{O}_2 - F_A \text{O}_2}{F_I \text{O}_2 - F_A \text{O}_2} = V_T \cdot \frac{F_A \text{CO}_2 - F_E \text{CO}_2}{F_A \text{CO}_2} \quad (1)$$

en las cuales, por reordenación:

$$F_A \text{O}_2 = F_I \text{O}_2 - \frac{F_A \text{CO}_2 (F_I \text{O}_2 - F_E \text{O}_2)}{F_E \text{CO}_2} \quad (2)$$

La ecuación (2) es semejante a las ecuaciones elaboradas de Fenn y cols. (1946). Ella puede ser utilizada para el cálculo de la  $\text{Pa O}_2$  alveolar a partir de la composición del aire Figs. (7) y (7b), inspirando, del aire espirado y de la  $\text{PaCO}_2$  convertida en % e introducida en la ecuación en el lugar de la  $\text{FaCO}_2$ .

En el curso de un trabajo ligero en estado estacionario, no se producen más que pequeñas modificaciones de las presiones de gas alveolares; la  $\text{PaCO}_2$  se mantiene al nivel de reposo o aumenta muy poco y la  $\text{PaO}_2$  puede disminuir algunos mm de Hg. En el curso de un trabajo muy intenso se produce una caída de la  $\text{PaCO}_2$  que puede caer a los valores bases, a veces inferiores a 30 mm de Hg., Fig. (7); ella se acompaña inversamente de un aumento de la  $\text{PaO}_2$ , Fig. (7b). Estas modificaciones son debidas a la hiperventilación

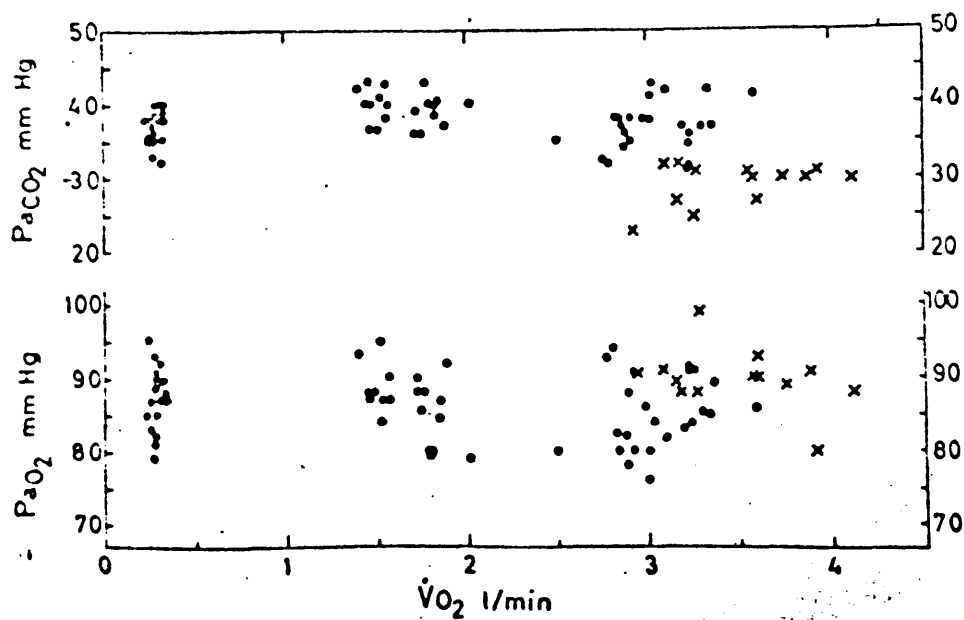


Figura 7 b:  $PCO_2$  y  $PO_2$  arteriales (determinaciones directas),  
en relación con el consumo de oxígeno.

● = Valores en steady-state, reposo y es-  
fuerzo sobre bicicleta ergómetro.

x = Esprint final hasta la extenuación.

considerable que acompaña a un trabajo intenso. Es evidente que todos los factores susceptibles de influencia de esta hiperventilación pueden repercutir sobre la composición de los gases alveolares.

Así, la inspiración de O<sub>2</sub> puro en el curso de un trabajo intenso, - tiene por efecto ocasionar una caída de la ventilación y como consecuencia, un aumento de la PACO<sub>2</sub>. Inversamente un esfuerzo físico realizado en una atmósfera pobre en O<sub>2</sub> acarrea una hiperventilación y una caída de la PACO<sub>2</sub>.

Cuando se produce el paso del reposo al trabajo, durante las primeras respiraciones se produce una caída de la cantidad de CO<sub>2</sub> en el aire alveolar espirado que indica que el aumento de la ventilación precede a éste del metabolismo. Después de un ejercicio intenso habiendo provocado la formación de una cierta cantidad de ácido láctico que acarrea una hiperventilación con eliminación de una cantidad importante de CO<sub>2</sub>, se observa durante varios - minutos una PACO<sub>2</sub> baja que traduce una retención temporal de CO<sub>2</sub> arterial y que retorna progresivamente a su nivel anterior. (*Asmussen, E.M. y M. Nielsen, 1956*), han revisado estos problemas en detalle.

#### 4. 4.- Presiones parciales de los gases de la sangre arterial en el esfuerzo.-

El estudio de la presión parcial de los gases de la sangre y más particularmente de la PAO<sub>2</sub> constituye un problema interesante sobre todo para la comprensión de los mecanismos que regulan el paso de O<sub>2</sub> a través de la - membrana alveolar (difusión simple o activa). Este es el motivo por el que se ha estudiado particularmente el gradiente alveolo-arterial de O<sub>2</sub>, utilizando sean los métodos polarográficos (*Bergren, S.M., 1942; Bahnson, E.R., 1949; Wiesinger K., 1950*), sean las modificaciones del micrométodo tonométrico (*Riley, R.L., 1945; Asmussen, E. y Nielsen, M., 1958*).

Las investigaciones sobre la  $PACO_2$  en el curso de un trabajo, han - confirmado los resultados obtenidos por la determinación de la  $PACO_2$ ; en - el curso de un trabajo ligero o moderado, la presión parcial de  $CO_2$  en la sangre arterial se mantiene o aumenta ligeramente; en el curso de un trabajo intenso, se nota una caída de la presión de  $CO_2$  en la sangre arterial correspondiente a la caída de la presión parcial de este mismo gas en el alveolo, Fig. (7b).

La presión parcial de  $O_2$  en la sangre arterial, no se aparta apenas - de los valores de reposo, ya sea intenso o ligero el ejercicio (87 a 94 mm. de Hg.), Fig. (7b). En el curso de un trabajo fatigante y de corta duración, realizado sobre el cicloergómetro, algunos investigadores han observado una - caída de la  $PAO_2$ , llegando hasta 79 mm. de Hg., y aún puede ser la desa- turación más neta con ejercicios máximos en altura (*Saltin y cols. 1968*), - cuando otros no han observado esta misma disminución en el curso de un - trabajo exhaustivo y señalan (igualmente) un aumento moderado de la  $PACO_2$  como por otra parte un aumento de la  $PAO_2$ . (*Rowel, L.B. y cols., 1964*) señalan una saturación hasta 85% en esfuerzos grandes.

Estas divergencias están quizás en relación con las formas diferentes del esfuerzo impuesto a los sujetos; *Holmgren y Linderholm (1958)* han empleado una bicicleta ordinaria, mientras que *Asmussen y Nielsen* han utilizado una bi- cicleta para trabajo en decúbito, en la cual el trabajo recae exclusivamente so- bre los miembros inferiores y con la cual el consumo de  $O_2$  es quizás algo - menos elevado que con la bicicleta ordinaria. (*Bates, D.V. y Pearce, J.F., 1956*).

Conociendo la presión parcial de los gases en la sangre arterial y el ai- re alveolar, se puede asimismo, deducir el gradiente alveolo-arterial *Lilienthal y Cols. (1946)* han encontrado que este gradiente, que en reposo es

de 9 mm. de Hg. alcanza 16,5 mm. Hg. en el curso de un trabajo moderado. Para otros autores, alcanza en reposo un valor de 0,3 mm. (*Comroe, - 1944*) y alrededor de 5 mm. o de 17 mm. (*Asmussen, E. y Nielsen, M., - 1959*). Para estos últimos, este gradiente pasa de 17 mm. Hg. en reposo a 16 mm. en el curso de un trabajo ligero, pero aumenta hasta 25 mm. en el curso de un trabajo importante y alcanza igualmente 29-30 mm. de Hg. en el curso de un trabajo muy intenso. (*datos confirmados por Saltin y cols. 1968*).

Ya que la presión parcial en la sangre arterial permanece casi constante como muestra la Fig. (7b), el aumento del gradiente alveolo-arterial es imputable al aumento de la presión de O<sub>2</sub> en el alveolo. La posibilidad de una permeabilidad pulmonar máxima, implica una alteración humoral de difícil explicación (*F. Pirnay y Cols., 1969*).

Las causas que justifican la elevación del gradiente alveolo-arterial de O<sub>2</sub>, a pesar del aumento de la PAO<sub>2</sub>, pueden ser múltiples; puede tratarse de una saturación venosa exagerada, de una composición heterogénea del gas alveolar, de una perturbación de los mecanismos de difusión. La saturación venosa es bastante fácil de poner en evidencia pues ella sola persiste si se le aumenta la PO<sub>2</sub> alveolar por inhalación de aire enriquecido en O<sub>2</sub>. Asmussen y Nielsen han encontrado (*1964*), que cuando el aire inspirado contiene de 45 a 50% de O<sub>2</sub>, el gradiente alveolo-arterial alcanza 28 mm. de Hg. en el curso de un trabajo que lleva a un consumo de O<sub>2</sub> de alrededor de 3 l./min., cifras de igual orden de elevación que las observadas en reposo (20 mm. de Hg.). En las mismas condiciones experimentales, (*Bartels, 1953 y Cols.*) han encontrado un gradiente alveolo-arterial alrededor de 26 mm. de Hg. en el curso de un trabajo moderado (consumo de O<sub>2</sub> de 1,7 l./min.), mientras que en reposo, esta gradiente es de 16 mm. de Hg. Así, una saturación venosa aumentada, puede ser la causa -

de la elevación del gradiente alveolo-arterial en el esfuerzo.

Si se conoce la diferencia arterio-venosa de O<sub>2</sub> y el débito cardíaco, se puede calcular la importancia de la saturación venosa en valor absoluto y relativo, aplicando la fórmula de Baltels. Donde Q<sub>SH</sub> es la admisión venosa expresada en %, A<sub>ad</sub> es la diferencia entre la presión parcial del O<sub>2</sub> en el alvéolo y la sangre arterial y AVD la diferencia arteriovenosa en O<sub>2</sub> expresada en volúmenes %. (Craig, F.N. y Cummings., E.G., 1960) (Craig, Albert B. Jr., 1960).

$$Q_{SH} = \frac{A_{ad}}{AVD} \cdot 0,31$$

El efecto del entrenamiento sobre la capacidad de difusión, parece patente (Renschlein, P.S., 1968).

El límite superior de difusión parece que se aproxima al límite máximo de pulso en ejercicio, aunque sin llegar a alcanzarlo (Donevan, R.E. y Cols., 1962; Holmgren, A., 1965; Freyschuss, V. y Holmgren, A., 1965).

#### 4.5.- Regulación de la respiración en el esfuerzo.-

La adaptación de la ventilación a las nuevas condiciones metabólicas - creadas por el esfuerzo muscular, puede hacerse bajo la influencia de varios - factores humorales o nerviosos. Entre los primeros, es necesario tener en cuenta la presión parcial de CO<sub>2</sub> en sangre arterial, la PO<sub>2</sub> y el pH de la sangre arterial, así como eventualmente, los derivados resultantes del metabolismo. Estos pueden igual que la PACO<sub>2</sub>, influenciar directamente en el centro respiratorio o como la PAO<sub>2</sub> sobre los quimiorreceptores periféricos del glomus caroticum o aorticos. Es necesario tener en cuenta también la temperatura de la

sangre que irriga el centro respiratorio. Los factores nerviosos pueden igualmente ejercer su acción bajo la forma de estímulos, partiendo de zonas motrices del cerebro, las zonas del cuerpo que están activadas durante el ejercicio y más particularmente los músculos y las articulaciones que juegan el papel de zonas reflexógenas.

En resumen, hay dos grandes teorías relativas al origen del estímulo respiratorio durante el ejercicio:

**Teoría Córtico-cerebral;** (*Gardner, E. y Jacobs, J., 1948; Krogh y Lindhard, 1913 y 1917*).— Fué la base de la denominada Escuela de la Irradiación cortical. No hay duda que, desde la corteza puede estimularse la respiración (por ej., la hiperpnea voluntaria), pero en experimentos de ejercicio provocados en el hombre (*Asmussen, Nielsen y Wieth-Pedersen, 1943*) y perros descerebrados (*Kao y Cols., 1955*), se demostró la falta de evidencia para mantener esta teoría.

**Teoría muscular.**— La información parte del músculo activo o, en general, del aparato locomotor; bien por vía humoral, bien por vía nerviosa. A los estímulos procedentes de estas zonas, que son capaces de provocar hiperpnea, se les ha dado por algunos autores (*Kao, F.F., 1962*) la denominación genérica de "exercise stimulus o work stimulus", que nosotros empleamos.

Esta segunda teoría, ha sido repetidamente confirmada por la experimentación, como después veremos, en su mayor parte.

Hoy día, se han impuesto las teorías pluralistas, fundamentalmente de *Comroe (1967)*, teoría de los factores múltiples, cuya exposición ciertamente

compleja, trataremos de hacer.

Se sabe, desde largo tiempo, que un simple acrecentamiento del estímulo químico ordinario, la  $PACO_2$ , no puede explicar el aumento de la ventilación en el curso del trabajo (*Gray, J.S., 1950; Grodins, F.S., 1950; Dejours, P., 1959*).

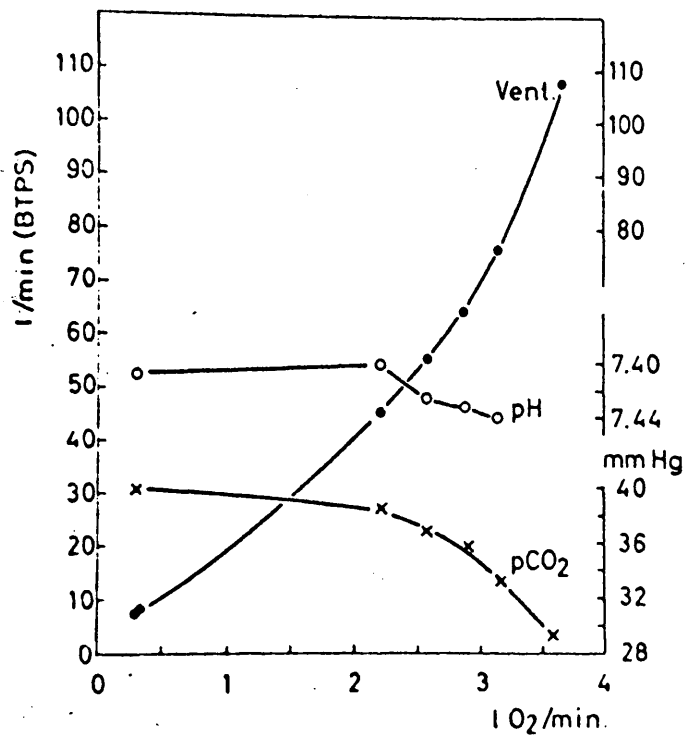
Las Figs. (7b) y (8), muestran en efecto que la presión parcial de  $CO_2$  no se acrecienta más que débilmente en el curso de un trabajo ligero y que desciende igualmente en el curso de un trabajo máximo. Nótese además, que la  $PCO_2$  disminuye y el pH aumenta, lo que en todo caso provocaría hipoventilación, de no actuar otros factores (*Nielsen y Asmussen, E., 1963*).

La Fig. (8) indica igualmente que el pH de la sangre puede aumentarse en el curso de un trabajo intenso, de forma que un aumento de la concentración de iones H no puede ser considerada como causa directa de la hiperventilación.

La Fig. (7b) recuerda igualmente que no se produce en la sangre arterial modificaciones de la  $PO_2$  susceptibles a causar hiperventilación.

Las "teorías monistas" sobre el origen de la hiperpnea del ejercicio no son exactas. Tales fueron las de *Haldane y Cols. (1905)* según los cuales la respuesta ventilatoria se debe exclusivamente al aumento de la  $PCO_2$  en sangre; o bien, la de *Winterstein (1911)* o la de *Douglas (1914)*, en las cuales se postulaba como único estímulo la caída del pH arterial.

Más recientemente, por el contrario, se han impuesto las "teorías plura-



*Figura 8: Ventilación pulmonar, pH de sangre arterial y PCO<sub>2</sub> alveolar, en relación con el consumo de oxígeno en una persona excepcionalmente bien entrenada.*

listas", fruto de las revisiones de *Comroe, 1944; Grodins, 1950 y Dejours, 1959*. Este último autor esquematiza todos los factores según la Fig. (15), ligeramente modificada por nosotros.

Se ha considerado también el aumento de la temperatura y su acción sobre el centro respiratorio, pero la ventilación aumenta y se mantiene en estado estacionario bastante antes que la temperatura del cuerpo se haya estabilizado.

Sabemos que un aumento de la temperatura provoca hiperventilación. También sabemos que el ejercicio muscular provoca un aumento de la temperatura corporal (*Asmussen E. y Böje O., 1945; Lundgren, J.P., 1946; Nielsen, M., 1938*). Existe pues la posibilidad de que el estímulo de trabajo sea al menos en parte de origen térmico.

Se ha visto en animales que la temperatura carotidea disminuye durante la excesiva ventilación que acontece al comienzo del ejercicio (*Morgan, D. P.; Kao, F.T.; Linn T.P.K. y Grodins, 1955*), lo que indica que no hubo estímulo térmico a nivel central, sino en todo caso, a nivel periférico. Pero es prematuro hablar de receptores térmicos a nivel muscular con efecto sobre la ventilación. Por ahora no hay datos suficientes para suponer su existencia.

También es imposible de explicar el aumento de la ventilación en el curso de un esfuerzo físico, Fig. (8) a partir de variaciones de presiones medias de los gases de la sangre arterial y de la concentración de iones H. Es por esto que *Rossier, Bühlmann y Wiesinger (1958)* han propuesto como estímulo respiratorio las modificaciones rítmicas de la composición de la sangre arterial, tomando en consideración no sólo los valores medios de la  $PACO_2$  sino también las variaciones muy rápidas y débiles de la amplitud de esta -

última. Esta teoría por interesante que sea no resiste las observaciones realizadas por la parada de la circulación en los músculos en trabajo y de la que se hará mención más tarde y los de circulación cruzada (Kao, 1962).

A pesar de que el aumento de la ventilación en el curso de un trabajo muscular no esté directamente en relación con un aumento del estímulo - respiratorio normal, la tasa de bicarbonatos y la  $PACO_2$  tienen sin embargo, una influencia sobre la ventilación. Es así que provocando una hiperventilación voluntaria en el curso de un trabajo en estado estacionario, se puede desencadenar una hipopnea mientras la presión parcial de  $CO_2$  desciende anormalmente. Inversamente, el aumento de la  $PACO_2$  por inhalación de un aire rico en  $CO_2$  provoca una hiperventilación.

La Fig. ( 9 ) muestra que el centro respiratorio responde a un aumento de la  $PACO_2$ , con un aumento tanto en reposo como en esfuerzo. La curva que liga ventilación y  $PACO_2$  es desplazada hacia la izquierda paralelamente a la curva de reposo; cada vez es más acusado este desplazamiento, cuando la intensidad de trabajo es más considerable. Si las curvas son extrapoladas hacia el eje de abscisas, se obtiene un valor de la  $PACO_2$  que se puede suponer - que es "un valor umbral". Este último desciende en el curso de un trabajo - cuando la intensidad de éste aumenta. Para concentraciones de  $CO_2$  elevadas en el aire inspirado, las curvas se aplanan tanto al reposo como en el trabajo, pero estas modificaciones se hacen para valores bajos de la  $PACO_2$  tanto en trabajo como en reposo. Fig. ( 9 ).

El efecto de la hipoxia arterial sobre la ventilación es igualmente más marcado en el curso del trabajo. La Fig. (10) demuestra la hiperventilación considerable que se desarrolla en el curso del esfuerzo cuando la  $P_{AO_2}$  es mantenida a 38 mm. de Hg. aproximadamente.

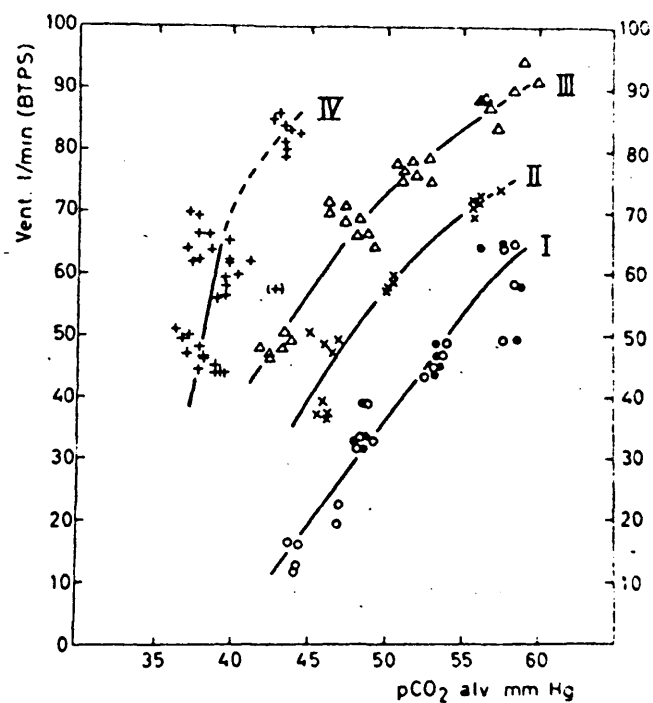


Figura 9: Ventilación pulmonar en relación con la PCO<sub>2</sub> alveolar.

I = Reposo

II = Trabajo: consumo de oxígeno 1,1 l/min.

III = Trabajo: consumo de oxígeno 2,1 l/min.

IV = Trabajo en hipoxia:

- o PO<sub>2</sub> alveolar de 55 mm. de Hg. aproximadamente
- o Consumo de oxígeno 1,8 l/min.

Cuando se combinan a la vez las pruebas de hipoxia con  $P_{A}O_2$  constante y los porcentajes variables de  $CO_2$  en el aire inspirado se nota en reposo que la presión parcial de  $CO_2$  puede elevarse moderadamente sin entrañar un aumento considerable de la ventilación; pero cuando la concentración de  $CO_2$  se acrecienta más tiempo, la hiperventilación aumenta. Este aumento, es más considerable que para las concentraciones de  $CO_2$  equivalentes sin hipoxia.

De esta experiencia se desprende que la  $P_{A}CO_2$  tiene un valor sola, que en reposo es sensiblemente equivalente en hipoxia o en condiciones fisiológicas. Por debajo de este umbral, el centro respiratorio es únicamente excitado por el estímulo hipóxico activado a nivel de quimiorreceptores. Por encima del umbral el  $CO_2$  actúa sobre el centro respiratorio y ya que la hiperventilación es más importante cuando la inhalación de  $CO_2$  actúa en hipoxia, se puede deducir que el estímulo hipóxico aumenta la sensibilidad del centro respiratorio al  $CO_2$ . Las experiencias correspondientes combinan la hipoxia y las presiones crecientes de  $CO_2$  en el aire inhalado en el curso de un trabajo, subiendo las curvas de ventilación, que están desde el principio más verticales, que en el aire atmosférico, Fig. (9); para explicar estos resultados, se puede suponer que el umbral de excitabilidad del centro respiratorio en el curso de un trabajo en hipoxia se encuentra desplazado de tal manera que los valores bastante bajos de la  $P_{A}CO_2$  se encuentran ya por encima del umbral, Fig. (10).

Las diferentes observaciones hechas en el curso de un trabajo, con o sin hipoxia e hipercapnia, se comprenden conjuntamente si se la supone que en el curso del ejercicio físico, un nuevo estímulo viene a añadirse a los factores físico-químicos "el estímulo de trabajo". Se puede suponer que este último actúa sobre el centro respiratorio en el cual la respuesta estará condicio-

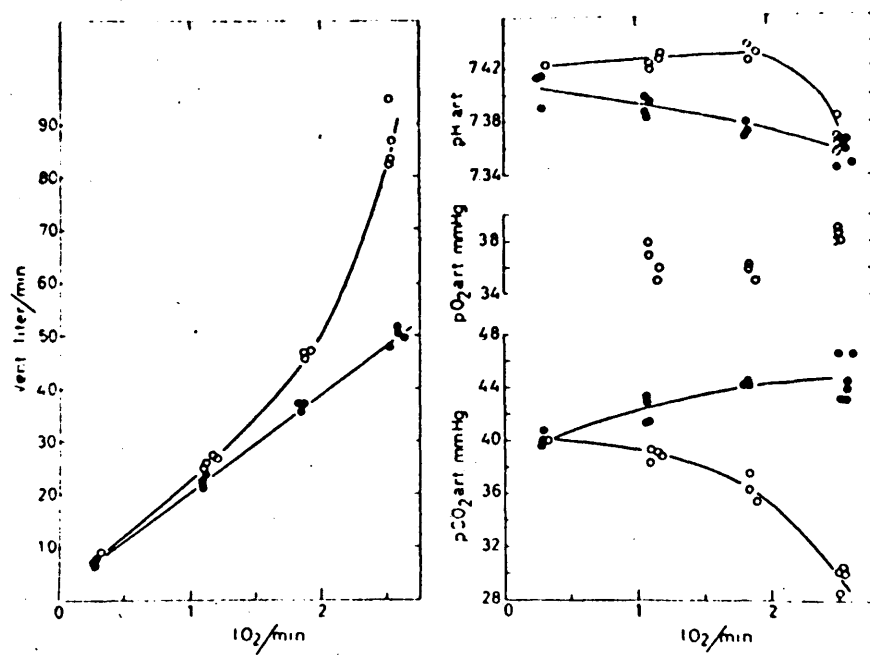


Figura 10: Izquierda: Ventilación pulmonar en relación con el consumo de oxígeno.

Derecha: pH, PO<sub>2</sub> y PCO<sub>2</sub> arteriales, en los mismos experimentos.

● — ● Aire atmosférico

○ — ○ 12,6 p% de oxígeno en el aire inspirado.

nada por la intensidad del estímulo de trabajo y la combinación de este último con las variaciones de  $P_A\text{CO}_2$  y los reflejos que tienen su punto de partida en los quimiorreceptores "estímulo hipóxico".

Se puede explicar el efecto de la  $P_A\text{CO}_2$  sobre la ventilación en el curso del esfuerzo admitiendo que el estímulo de trabajo baja el umbral del centro respiratorio para el  $\text{CO}_2$ , Fig. (9) o que el trabajo y el  $\text{CO}_2$  ejercen una acción aditiva sobre el centro, Fig. (10). Se puede por otra parte admitir que la hipoxia aumenta la sensibilidad del centro respiratorio al estímulo de trabajo, Fig. (9), ya que el aumento de la ventilación para un esfuerzo físico determinado, depende de la importancia de la hipoxia.

Es posible que los derivados del metabolismo anaeróbico jueguen igualmente un papel en la hiperventilación considerable que se desarrolle en la hipoxia; ésto no puede ser al contrario, explicado por el aumento de pH en la sangre arterial.

*Cunningham y Cols., (1957-1958)* han mostrado que la hipertermia, al igual que la inyección intravenosa de noradrenalina, aumenta la sensibilidad del centro respiratorio de cara al  $\text{CO}_2$ . Los estímulos ordinarios de la respiración ( $P_A\text{CO}_2$ ,  $P_A\text{O}_2$  y pH) de la sangre no pueden pues explicar el aumento de la ventilación en el curso de un trabajo muscular y su adaptación a un nivel elevado en el curso del estado estacionario.

Es posible que otros factores humorales constituyan los estímulos de trabajo. Se podría suponer que las sustancias formadas en los músculos llegan por vía sanguínea al centro respiratorio o eventualmente a los quimiorreceptores arteriales. Fig. (11).

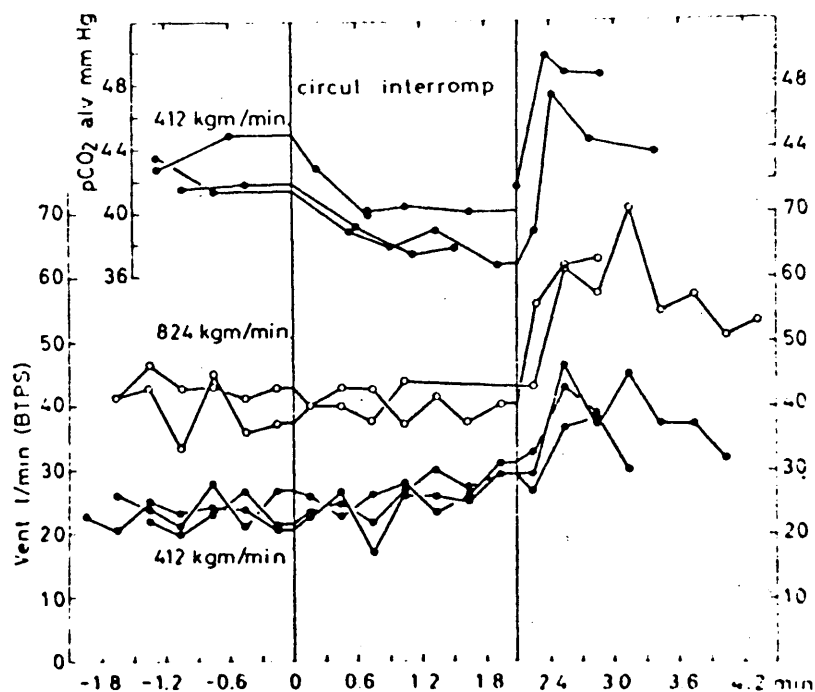


Figura 11: Ventilación pulmonar y  $PCO_2$  alveolar, en el ejercicio: antes, durante y después de interrumpir la circulación de las piernas con manguitos a presión.

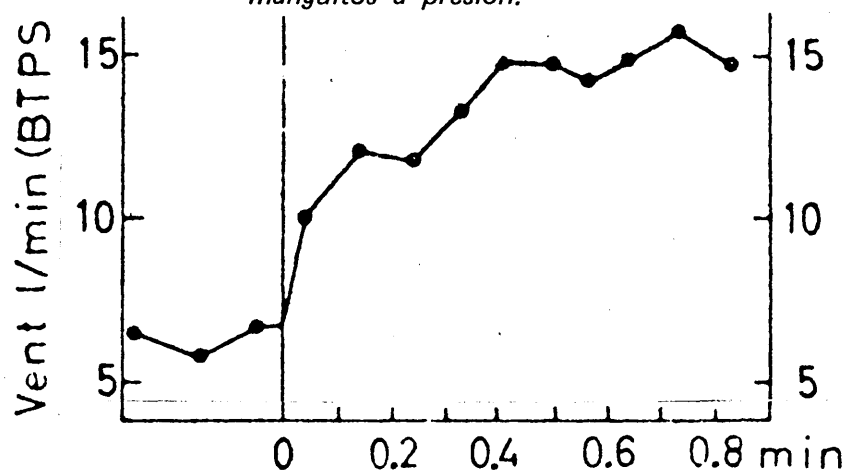


Figura 12: Incremento inmediato de la ventilación durante un trabajo inducido eléctricamente.

Bloqueando brutalmente la circulación de los miembros inferiores, en el curso de un trabajo físico, se puede suprimir en ellos una proporción importante (40 ó 50%) el paso de la sangre. Resulta una caída del consumo de O<sub>2</sub> y de la eliminación de CO<sub>2</sub>, consecuencia de la reducción circulatoria a nivel de los músculos activos, sin embargo, igualmente en estas condiciones, la ventilación pulmonar no varía apenas, Fig. (11).

Estas experiencias, Fig. (12) (*Tiffeneau, R. y Pinelli, A., 1948*) parecen excluir la intervención de factores humorales como punto de partida muscular en el curso de un trabajo moderado y en cambio, posibilidad de factores nerviosos de origen cortical o reflejo, constituyendo de hecho el "estímulo de trabajo" de Rossier.

Considerando el aumento inmediato de la ventilación cuando se pasa de reposo a esfuerzo, que se produce antes que toda modificación de la composición de la sangre arterial, *Krogh y Lindhard (1913)* habían emitido ya la hipótesis de una variación de la sensibilidad al CO<sub>2</sub> del centro respiratorio y consideraban que las excitaciones corticales eran la causa.

Este aumento súbito de la ventilación al principio del esfuerzo, ha sido verificado ulteriormente (*Dejours, P. y cols., 1955*); ya que no puede explicarse de otra manera que por un factor nervioso. Este último no debe ser necesariamente un factor de origen cortical; así lo suponían Krogh y Lindhard, pero podía tratarse de reflejos, teniendo su punto de partida en los miembros en movimiento.

En el curso de ciertas experiencias, donde el esfuerzo físico ha sido provocado por estímulos eléctricos y donde por consiguiente el cortex no interviene, se ha notado en efecto un aumento rápido de la ventilación -

desde la fase inicial al estado estacionario, Fig. (12). Se ha notado que la ventilación correspondía al consumo de O<sub>2</sub>, con igual importancia que en el curso de un trabajo voluntario (*Asmussen, E. y cols., 1943*).

Se puede concluir que las excitaciones nerviosas encuentran su punto de partida en los músculos o las articulaciones en trabajo, hipótesis ya emitida por *Harrison, Calhoun y Harisson (1932)* y más recientemente por *Comroe y Schmidt (1944)*.

Experiencias más precisas, destinadas a demostrar la importancia de estos reflejos, han sido seguidas con más o menos éxito. En el hombre o en el animal en los que los miembros son movidos pasivamente, algunos autores (*Bessou, P. y Cols., 1959; Dejourns, P. y Cols., 1954; Dejourns, P. y Cols., 1959; Dixon, M.E. y Cols., 1961; Duffner y Cols., 1962; Flandrois y Cols., 1965; Hugon y Cols., 1962; Hutt, B.K. y Cols., 1958; Kaizumi, K. y Cols., 1961*), han notado un aumento de la ventilación, contrariamente a *Bahnsen, Kao, F.F. (1962), Horvath y Comroe (1950)*. Es probable que en el curso de los movimientos pasivos, éstos son esencialmente de órganos receptores de articulaciones los que están excitados, los órganos musculares lo están mucho menos.

*Asmussen, Nielsen y Petersen (1943)* han estudiado la evolución de la ventilación en un paciente atacado de ataxia locomotriz con abolición de reflejos (tabes) y han observado que en el curso de un trabajo voluntario, la regulación de la ventilación de esta paciente era superponible a la del hombre normal. Este hecho descarta la posibilidad de que las columnas espinales dorsales se hallan involucradas en este tipo de fenómenos, lo cual coincide con los experimentos realizados en perros mediante cordotomía parcial. (*Kao, F.F., 1962*).

Se puede concluir que los reflejos responsables de la hiperventilación son diferentes a los reflejos propioceptivos ordinarios. Así, muchos de los reflejos en el punto de partida muscular o articular parecen jugar el papel, cuando el paso de reposo a trabajo, como en el curso de un estado estacionario, la naturaleza más precisa de este mecanismo queda siempre desconocida.

En el curso de un trabajo muy intenso, la ventilación aumenta desmesuradamente; este aumento aparece sobre todo cuando una parte del metabolismo se hace anaeróbico, hecho objetivado por el aumento de la tasa de ácido láctico en la sangre. Esta exageración de la ventilación, puede ser reducida o igualmente eliminada por la inspiración de un aire rico en  $O_2$ , Fig. ( 6 ). Se podría suponer que el estímulo responsable de esta ventilación excesiva es una hipoxia arterial creciente, pero así como en el resultado de la Fig. ( 7 ), no hay hipoxia arterial en los sujetos normales mientras que la hiperventilación es manifiesta.

Sin embargo, la inspiración de un gas conteniendo 33% de  $O_2$  es susceptible de acrecentar la  $P_{AO_2}$  y de reducir la ventilación y aumentando hasta 99% la cantidad de  $O_2$  del aire inspirado, se puede reducir todavía más, Fig. (13). Cuando la inhalación de un aire conteniendo 33% de  $O_2$ , la  $P_{AO_2}$ , tanto en los resultados de los experimentos hechos sobre animal u hombre, es del orden de 180 mm. Hg.

Esta cifra está considerablemente por encima de los valores de umbral de los quimiorreceptores arteriales (Comroe, 1967; Dejourns, P., 1957); es necesario pues suponer que estos no juegan ningún papel importante para las presiones parciales de  $O_2$  así elevadas y la disminución progresiva de la ventilación en el curso de un trabajo intenso ya que el  $O_2$  inspirado pasa de

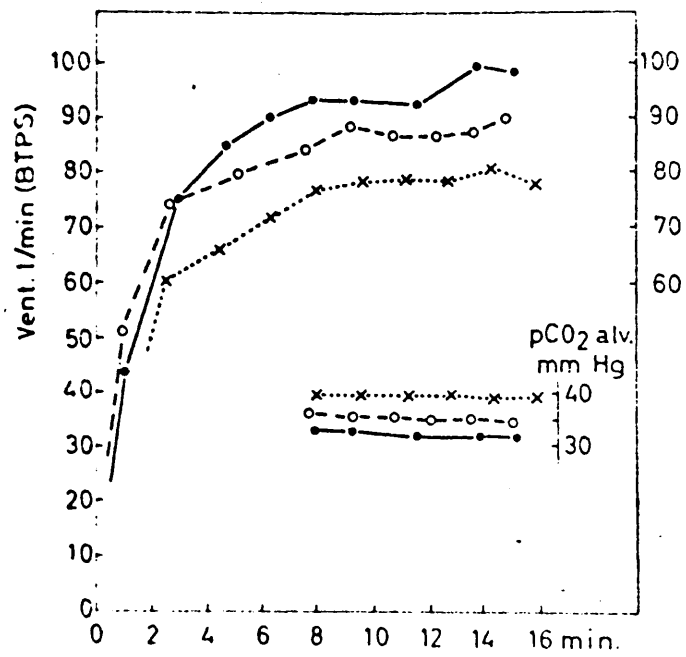


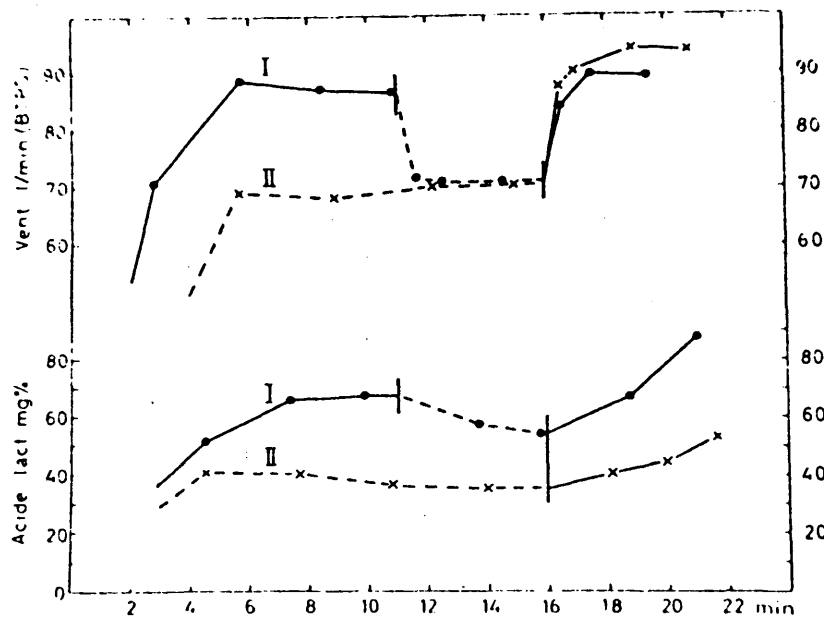
Figura 13: Ventilación pulmonar y PCO<sub>2</sub> alveolar en el esfuerzo  
(VO<sub>2</sub> de 3,11 l/min.)

- Aire atmosférico
- Oxígeno
- ×—× 99 p.% de oxígeno.

33%, debe haber otros motivos. El paralelismo muy neto que existe entre la hiperventilación y el metabolismo Fig. (13) anaeróbico, en el curso de un trabajo ejecutado por pequeños grupos musculares o en el curso de las pruebas de hipoxia por óxido de carbono, permiten suponer que en estas condiciones, se produce en los músculos activos una sustancia capaz de acrecentar la ventilación. La inspiración de un aire conteniendo mucho  $O_2$  aumenta la cantidad de este gas disuelto en la sangre y reduce los procesos anaeróbicos; esto podría explicar en parte la reducción de la ventilación cuando se inhala aire enriquecido en  $O_2$ . La substancia propuesta no puede ser el ácido láctico mismo, pues modificaciones bruscas del contenido en  $O_2$  del aire inspirado, entrañan cambios casi inmediatos de la ventilación, mientras que variaciones en la cantidad de ácido láctico y pirúvico de la sangre arterial son mucho más lentas, Fig. (14).

Bloqueando inmediatamente al final de un trabajo intenso con la ayuda de manguitos a presión, la circulación en los músculos activos, se obliga a mantener en el lugar de producción esta sustancia hipotética; cuando la ventilación vuelve a ser normal, se puede, desinflando los manguitos, liberar la masa sanguínea que queda aprisionada en los músculos y enviar a un organismo en reposo, sangre modificada por las condiciones de ejercicio. En estas condiciones se observa un aumento súbito de la ventilación que no es aplicable únicamente por las modificaciones concomitantes de la presión sanguínea o de la  $P_ACO_2$ , pero que es probablemente debida a una sustancia activa retenida en los músculos que acaban de realizar un trabajo físico. Fig. (11) y Fig. (14).

La regulación de la ventilación en el curso del trabajo muscular no está pues enteramente aclarada. Las variaciones de los estímulos químicos parecen insuficientes para explicar las modificaciones particularmente rápidas de la ventilación y es bastante posible que las variaciones de la presión de los gases de



*Figura 14: Ventilación pulmonar y concentración de lactato en sangre durante un trabajo de 1440 kg./min. = 235 watt.*

*I Comienzo en aire atmosférico, a los 11 min. cambio súbito a O<sub>2</sub> 100 p. 100 (línea discontinua) y en el minuto 16, aire atmosférico otra vez.*

*II Comienzo en O<sub>2</sub> 100 p. 100, en el min. 16 aire atmosférico.*

la sangre sean secundarias a cambios en la ventilación. Muchos hechos llevan a creer que los influjos nerviosos juegan un papel decisivo en el descenso - de la sensibilidad del centro respiratorio, que se observa en el curso de un trabajo ligero y moderado. Las características de estos influjos nerviosos son sin embargo desconocidas; encuentran sin duda su origen en la periferia, pero no se sabe si su punto de partida está localizado en las articulaciones - o en los músculos. Se ignora otro tanto si estas variaciones de tensión mecánica, los cambios de presión o las modificaciones químicas o térmicas locales que causan estos reflejos.

Las experiencias de *Kao (1962)*, con circulación cruzada, demuestran que se alcanzan localmente en perros, valores humorales de  $PCO_2$  y pH suficientes para estimular los hipotéticos quimiorreceptores musculares del perro llamado "neural", de su preparación, sin embargo, vé éste efecto.

*Comroe y Cols., (1943)* también fracasó al intentar hallar quimiorreceptores en las extremidades.

Además de estos factores, hace falta todavía contar con la posibilidad de una intervención de productos metabólicos activos, teniendo origen en el trabajo muscular que se realiza en anaerobiosis. En fin, el efecto sensibilizante de una hipoxia arterial igualmente ligera, puede asimismo ejercer una acción sobre el centro respiratorio haciéndole más sensible a un "estímulo de trabajo" de origen desconocido.

Lo que debemos tener presente es que, tanto los estímulos corticales y humorales como los nerviosos periféricos, actúan durante el ejercicio en un individuo intacto, si bien:

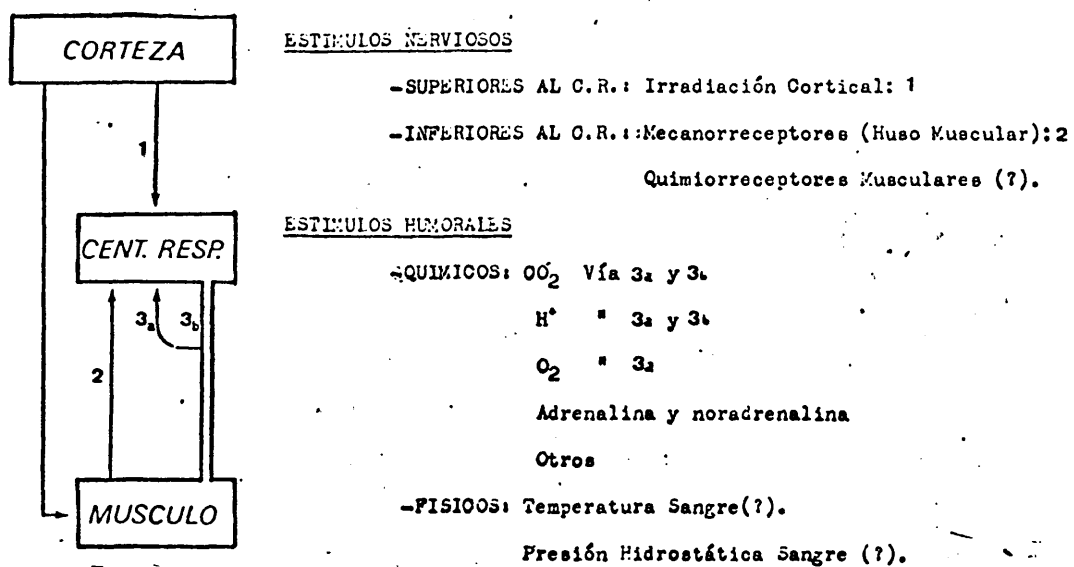


Figura 15: Cuadro resumen del control nervioso y humoral de la respiración durante el ejercicio.

– Los estímulos necesarios periféricos son muy importantes en cuanto a la intensidad de su acción y además se hallan siempre presentes.

– Los estímulos corticales pueden faltar en muchas ocasiones.

– Los estímulos humorales, son cronológicamente, los últimos en actuar; cuantitativamente, no pueden explicar la hiperpnea. "Hasta que no dispongamos de más conocimientos, es necesario concluir que participan muchos factores en la hiperpnea del ejercicio muscular. Incluyen estímulos químicos (conocidos y desconocidos, que actúan en sitios centrales y periféricos conocidos y quizá - desconocidos), cambios en la temperatura e influencias nerviosas (de carácter reflejo y central). Algunos causan el cambio rápido en el inicio y en el final del ejercicio; algunos son los que causan las respuestas más lentas del comienzo y terminación, y otros para ambos. Y como (*Dejours, 1964*) ha subrayado, la influencia de cada uno de estos factores varía con tipo de ejercicio, su - intensidad y duración y con los factores ambientales", (*Comroe, 1967*).

## 1. 5.- Normalización de las pruebas de ejercicio muscular aplicadas en fisiología respiratoria.

### 5.1.- Fundamentos de las pruebas.- Generalidades.-

El enfrentamiento de un individuo con una tarea dada, lo más normalizada posible y el comportamiento del mismo frente a aquélla, es lo que actualmente se llama "pruebas de ejercicio muscular". Otros nombres, quizá no tan correctos, pero sancionados por el uso común a partir de los trabajos de Knipping, es el de "pruebas ergométricas"; el de "pruebas de esfuerzo" es muy conocido, pero algo incorrecto por el sentido clínico que tiene y lo difícil de definir el esfuerzo incluso para un mismo sujeto, con distinto grado de entrenamiento.

La denominación de "pruebas de trabajo", tiene confusión con otras terminologías médicas en uso.

Por tanto, nos parece correcto el de "pruebas de ejercicio muscular" aunque cualquier otra denominación, en el ámbito de la Fisiología del ejercicio, es perfectamente comprensible. No obstante, es muy corriente que, una vez examinado un sujeto, - habiendo hallado una respuesta satisfactoria y netamente suficiente, con los test espirográficos o metabográficos, en un tipo de ejercicio calculado como equivalente de una prueba deportiva dada, al enfrentarse con tareas reales, obtenga unos resultados que no concuerden exactamente con los supuestos.

Esta discordancia, entre las observaciones en el campo y los resultados del laboratorio, se explican, por el carácter que podemos llamar "analítico", de la mayor parte de los métodos de exploración corriente.

Las pruebas, en este caso las respiratorias, exploran sólo una parte de la función respiratoria y por tanto una pequeñísima de la función total, ya sea la ventilación externa, la mecánica ventilatoria, los intercambios gaseosos a nivel de

los alveólos, o la circulación pulmonar. La práctica habitualmente fragmentaria de estas investigaciones, explica las lagunas que dejan en el exámen completo de la función respiratoria.

Por supuesto que la exploración espirométrica simple, está aún más alejada de la realidad, bien diferente en el organismo en plena actividad.

En el caso de volúmenes hechos en "respiración forzada" (capacidad vital, etc.) o de gastos tomados en "ventilación máxima voluntaria" (Vems, VMM), son sólo "valores utilizables en el esfuerzo" según la clásica definición de la prueba de Tiffeneau; el esfuerzo medido de esta forma, es esfuerzo único, estático, un trabajo de músculos ventilatorios sólo y no representan de ninguna manera el trabajo global que un individuo puede realizar.

Para explorar un enfermo pueden ser suficientes las pruebas en reposo, pero para un atleta, a todas luces no lo es.

Por otra parte, las exploraciones de un sólo sistema son nulas; las relaciones del aparato respiratorio y circulatorio, la función neuromuscular, la inactividad física por la falta de entrenamiento, la influencia de una actividad voluntaria negativa (voluntad de simulación), o de una actitud inconsciente (neurosis respiratoria), hace afirmar, que la evolución del organismo entero en el ejercicio escapa por completo a los métodos de exploración de la función respiratoria corriente, sencilla.

• Por todas estas razones, es necesario completar estos exámenes corrientes, con métodos más "sintéticos" de los que las "pruebas de esfuerzo muscular" son el tipo ideal.

En estas pruebas, el trabajo muscular repercute sobre múltiples funciones del organismo y de esta forma, las pruebas ergométricas son capaces, no sólo - de explorar la función respiratoria en conjunto, sino también, traducir de una manera global la aptitud de un sujeto dinámico, que trabaja muscularmente, que es a fin de cuentas el problema fundamental.

Es decir, que cuando se plantea una prueba de esfuerzo muscular para un grupo de sujetos bien conocidos, ajustada a sus posibilidades y con la intencionalidad debida, con arreglo a lo que exploremos; no tiene tanta importancia el hecho de recoger enormes cantidades de datos (circulatorios, bioquímicos, psicosensores, anatómicos, etc.), si se dispone, en cambio, de una buena sistemática - para la recogida de datos respiratorios.

Una exploración de tipo Metabográfica completa, con toma de pulso simultánea, puede ser decisiva a la hora de enjuiciar, desde el punto de vista de la Condición Fisiológica, a un atleta, cuando comparamos los resultados de laboratorio, con los de sus pruebas en competición y lo que todavía es más importante; con sus entrenamientos.

### **1.5.2.- Técnicas**

Las técnicas de las pruebas son muy importantes, en la exploración del ejercicio muscular, puesto que, depende del tipo de prueba que se aplique, como y cuando se haga, el resultado del examen funcional. Hay numerosas técnicas, e intentaremos dar una visión general del problema.

Los dispositivos que se utilizan en la práctica de las pruebas ergométricas, comprenden por una parte, los procedimientos destinados a medir el trabajo producido por el sujeto y por otra los procedimientos destinados a medir la respues

ta o comportamiento de las diversas funciones del organismo, ante el trabajo realizado.

### 5.2.1.- Medida del trabajo.

Los procedimientos a emplear para que un sujeto realice un trabajo corporal y medir la potencia de esta manera desarrollada, deben cumplir algunas condiciones determinadas: debe ser un trabajo realizado en las condiciones más fisiológicas, naturales y cómodas. Es decir, acercarse a la realidad lo más posible. En caso contrario se establecerán diferencias significativas, entre individuos y en cualquier caso se necesitará un aprendizaje previo, por lo que debe ser, siempre que se pueda, un trabajo sencillo.

El trabajo ha de ser calculado, en razón a que haga ejercitarse el mayor número de grupos musculares (*Astrand, P.O. y Saltin, 1961; Stenberg y Cols., 1967*), de manera que el gasto energético sea elevado y se pongan en juego todos los mecanismos de adaptación. Es decir, salvo casos especialmente indicados, las exigencias hechas al organismo, no han de ser de grupos musculares específicos, sino considerándolo como un todo.

El trabajo debe ser estandar y regular, de manera que se pueda medir fácilmente y controlarlo bien; de esta manera podemos llegar a alcanzar el régimen estable o sobrepasarlo, a nuestra conveniencia.

Trabajo fisiológico, trabajo completo y trabajo estandar, son tres condiciones, que pueden parecer contradictorias, pero que han de estar presentes a la hora de juzgar la utilidad de una prueba de esfuerzo.

Por otra parte es muy importante la expresión de los trabajos, potencia,

etc., en unidades de medida, para poder hacer comparaciones, y resulta de interés primordial expresar las unidades en términos de medida invariables.

Sin embargo, hoy día hay un verdadero caos en cuanto a la expresión. Por un lado los países anglosajones y por otro los europeos.

La gran mayoría de los autores, emplean el sistema M.K.S. y adoptan - como unidad de trabajo el kilográmetro. Pero algunos de ellos, expresan la potencia (trabajo/unidad de tiempo), (*Astrand, 1952,1970; Ernest D., Michael, 1961; Davies, 1968, etc.*), en kilopondímetros por minuto (kilográmetros por minuto) (kgm/min), ésto realmente no es correcto, puesto que el minuto no es unidad de tiempo en ningún sistema de medida; sin embargo, hoy día, la gran mayoría de los autores así lo expresan.

Más correcto sería expresarlo en Kgm/seg. Lo ideal sería expresar la potencia en unidades del sistema C.G.S., que expresa el trabajo en Julios y la potencia en Vatios (1 watt = 1 julio/seg.). así lo expresan, (*Knipping, Reindell y - Holmann, 1968*).

No obstante, en las publicaciones actuales, se expresan las unidades, tanto en un sistema como en otro, ya que no hay una unidad de criterios y por otra parte, se puede pasar de un sistema a otro sabiendo que: 1 Kpm/seg = 9,81 Watt y que 1 watt = 6,12 Kpm/min.; razón por la cual nosotros expresaremos nuestros resultados en ámbos sistemas.

Se pueden considerar actualmente, múltiples procedimientos para hacer un trabajo lo más regular posible en el laboratorio. Los procedimientos de telemetría, permiten realizar el control y medida del esfuerzo, en las condiciones exactas de realización del ejercicio y es el ideal para la investigación, pero im-

practicable, por su enorme costo. Sólo se han realizado recogida telemétrica de constantes respiratorias completa en astronautas.

De los procedimientos de laboratorio se utilizan los siguientes: movimientos corporales, test de escalón o step test, ergómetros de manivela y pedales y el tapiz rodante.

### **Movimientos corporales**

Estos procedimientos son los más sencillos y están descritos con más detalle en la Valoración Motora; gran número de las pruebas motoras pueden realizarse como pruebas de esfuerzo. Sin embargo, su diferente grado de intensidad, su difícil estandarización y la amplitud de movimientos que entrañan, hacen muy difícil la toma de resultados fiables, durante el esfuerzo.

Bastará recordar los test de Martinet, Lian, Ruffier y Ruffier-Dickson, - Letounov, etc. Son empleados habitualmente en centros escolares, de reeducación funcional y medicina deportiva. En general se utilizan movimientos de los miembros inferiores (flexiones de piernas, pasos gimnásticos in situ) o de miembros superiores (elevación de pesas) o de tronco (flexiones).

Pero con estos métodos sólo es posible medir la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, son más bien pruebas de selección que medios de exploración cardiovascular.

Otro tanto se puede decir de los métodos de Schellog y Wolf, Durand - (1967), el primero con su test de genuflexiones, veinte ejecutadas entre 20 y 30 segundos y Wolf que hace realizar la "unidad de trabajo" de 15 Kgm/min por Kg. de peso. Ambos procedimientos tienen la dificultad de traducir la sobrecarga

teórica en trabajo real, en el que hay que tener en cuenta, peso, altura, centro de gravedad, velocidad, etc., para estandarizarlas, en relación a una recogida de datos respiratorios, por ejemplo.

Lo mismo cabe decir de la prueba de Ruffier-Dickson.

Es decir, estos procedimientos de movimientos corporales, tienen la enorme ventaja de su sencillez y no necesitan aparatos ninguno, pero en cambio sólo son utilizables como prueba de selección, ya que no pueden tomarse datos complejos, ni siquiera cardiovasculares relativamente sencillos (pulso), en ejercicios de dudoso nivel de intensidad y normalización; son en realidad una estimación aproximada del trabajo ejecutado.

#### Pruebas de escalón

Estos procedimientos, consisten en esencia en subir escalones, con un ritmo determinado y durante un tiempo fijo, que permiten el cálculo de un trabajo de manera muy precisa. Según Cara, la subida de una escalera de 5 metros en 30 segundos, corresponde a una potencia de 100 vatios.

Estos test sin embargo, tienen el inconveniente de no permitir de manera fácil los registros, al mismo tiempo que el ejercicio. Los movimientos corporales, dificultan el estudio del E.C.G. y de una exploración respiratoria completa.

Realizando determinaciones cuidadosas se pueden conseguir resultados con este tipo de pruebas, como nosotros hemos demostrado.

Este tipo de esfuerzo, se utiliza más para valorar la condición cardiovascular, después de un ejercicio normalizado. Han sido preconizados por numerosos au

tores anglosajones y hoy día son utilizados ampliamente, con modificaciones hechas a partir de los métodos originales.

Citaremos los más importantes de: **Harvard, Master, Pitteloud, submaximal de Astrand, Kaltenbach, James-Box test, Hugh-Jones o test de tolerancia al ejercicio estandard, Tuttle, etc.**

Cualquier test de escalón puede ser tan eficaz como los enumerados anteriormente, pero citamos éstos como los más conocidos.

**Test de Harvard.**— Se ha descrito, en las pruebas de Condición Fisiológica, y es un tipo de esfuerzo, con buena normalización y que se comporta, como prueba submáxima **Legido (1970)**, siempre que se realicen los 5 minutos completos. Las dificultades para la toma de constantes respiratorias y cardiovasculares, son grandes puesto que el movimiento es amplio (50 cms. de subida).

**Test de Master.**— Ideado por Master en 1929, ha sido muy aplicado en la clínica, como ejercicio suave y normalizado, para el estudio de estados preanginosos, **Master, A. M. y Rosenfeld, I. (1961)**, puede utilizarse perfectamente, como esfuerzo mensurable, en casos de niños o mujeres, en los que deseamos observar la tolerancia al ejercicio, (después de una lesión, enfermedad, etc.).

El sujeto sube y baja una escalera de dos peldaños de 23 cms. cada uno, durante 90 segundos. La cadencia o ritmo, se impone por medio de un metrónomo y depende de la edad del sujeto, pero corporal y sexo. El trabajo realizado para descender se considera como un tercio del necesario para subir. La potencia realizada se calcula por la fórmula:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{peso(kgs.)} \times 9,81 \times \text{altura de 2 peldaños (ms.)} \times \text{frec.(c/min.)}}{60} \times \frac{4}{3}$$

Lo que supone una normalización interesante.

**Prueba de Pitteloud.**- Se compone de tres test sucesivos J. Sherrer (1967) en tres escalones de 20,30 y 40 cms., sobre los que sube y baja a un ritmo - impuesto (10 a 35 veces por min.).

El sujeto realiza tres trabajos de potencia diferente, definidos por el peso del sujeto, el ritmo y la altura del escalón. Las potencias son determinadas rápidamente con un ábaco, que considera el trabajo de descenso como la mitad del trabajo total. La frecuencia cardíaca máxima medida por electrocardiografía, se anota para cada una de las pruebas. Se llevan sobre un mismo gráfico, los valores de la frecuencia cardíaca y las potencias correspondientes. Los tres puntos - que resultan, se alinean sobre una misma recta con el valor de la frecuencia cardíaca en reposo, correspondiente a una potencia 0.

Sobre esta recta y por extrapolación se halla el trabajo máximo o potencia máxima, que corresponde a una frecuencia de 170/min., para el autor, y que se considera prácticamente como valor máximo útil para estar seguros de que el individuo realiza una prueba máxima.

Como la potencia se expresa en vatios, es útil para determinar cuál es el nivel máximo de esfuerzo para un individuo; pero en la práctica, el ensayo se - hace directamente en la bicicleta ergómetro y más rápidamente. No se han determinado constantes respiratorias con esta prueba.

**Submaximal de Astrand.**- Astrand, P.O. y Ryhming, I. (1954) establecieron un nomograma que permite calcular la capacidad aeróbica máxima a partir de la respuesta observada en una prueba cubmaximal. El trabajo puede realizarse con bicicleta ergómetro o escalón de 40 cms. de altura para hombres y 33 cms.

para mujeres y con un ritmo de subida y bajada de 22,5 por min. El nomograma es muy conocido y de amplia utilización y sabiendo el peso y las pulsaciones alcanzadas durante el trabajo, (primero se calcula el  $VO_2$  en l/min. correspondiente al trabajo) y luego con la frecuencia cardíaca y este último  $VO_2$ , se halla fácilmente el  $VO_2$  máximo.

Existe una buena correlación entre los valores experimentales y los valores teóricos previstos de la capacidad aeróbica máxima.

**Prueba de Kaltenbach.**— Se viene usando desde el año (1968) M. Kaltenbach, en varios países (Alemania, Suiza, etc.), el procedimiento ideado para la Clínica Cardiológica de la Universidad de Frankfurt, por el Prof. Kaltenbach. Usando un ingenioso escalón convertible de 8 alturas y un bastidor para apoyo de manos, siguiendo el procedimiento general del step-test de la Ohio State University, Kurucz (1967); Mathews (1969), pero con notables modificaciones, que lo hace útil para todo tipo de sujetos, de distintas edades, pesos y condición física.

Una tabla nos calcula, con arreglo al peso y la altura elegida del escalón y la frecuencia del metrónomo, para el ritmo de subida y bajada, que nos permite obtener la potencia utilizada en la prueba, en vatios o Kpm/min.

Una vez en posesión de estos datos, el nomograma de Astrand, modificado por Kaltenbach, en el sentido de hacerlo más extenso, permite calcular con arreglo al pulso alcanzado, la capacidad aeróbica máxima. Esta prueba que es muy sencilla y fiable, nosotros la practicamos, en el Instituto de Medicina Deportiva de Macolin (Suiza), comprobando que el movimiento del sujeto hace muy difícil la toma de constantes respiratorias, obligándonos a limitarnos al  $VO_2$  máx. teórico calculado — con sus errores esperados de 15% Davies CTM (1968). Hace falta contar con un electrocardiógrafo para el conteo de la frecuencia cardíaca.

La prueba de James Box no se usa más que en clínica, pues no tiene la precisión esperada, el esvalón tiene tres alturas: 20, 25 y 30 cms. y una frecuencia de 80 movimientos por minuto, lo que para atletas es un esfuerzo pequeño. Por otra parte, se eligen las alturas de manera inversa al peso.

Tampoco el test de Hugh-Jones (1952), tiene utilidad para la Valoración Biológica en el deporte, puesto que la potencia además de ser invariable (350 - Kpm/min., es decir unos 60 vatios), es pequeña.

El test de Tuttle, se ha descrito en las pruebas Fisiológicas de esfuerzo y puede utilizarse como la de Harvard, con la diferencia de que es más molesto por tener que subir dos escalones de distinta altura y un intervalo de tiempo - entre ellos. Es preferible pues, el Harvard. Otro tanto podría decirse de la prueba de Schneider.

Hoy día contamos con algunos otros test de escalón, pero que no aportan nada de interés, sobre los relacionados.

Los test de escalón sólo precisan un material muy simple, aunque actualmente no deben hacerse en los Laboratorios, sin contaje de pulso por frecuenciómetros, lo que ya complica esta aparente sencillez.

Aportan sin embargo una precisión mucho mayor, para el cálculo del trabajo que los movimientos corporales simples. Los problemas de ajuste que suponen, talla, peso, etc., no son tan importantes como parecen Hettinger (1961); - Karpovich (1959); Morehouse (1965); Legido (1967 y 1968), pero plantean dificultades.

Por otra parte son prácticamente pruebas ubmáximas, excepto quizá las

grandes frecuencias de subida y bajada, normalizadas para la de **Kaltenbach**. A pesar de estos reparos, han sido desarrollados métodos de step-test progresivos por: **Nagle y Cols (1965)**; **Kasch y Cols (1966)**.

**Ergómetros.-** Son aparatos complejos, que nos permiten realizar un trabajo, para el que se pueden fijar las condiciones, en cuanto a tipo de movimiento y la potencia desarrollada.

El problema de medir la potencia corporal desarrollada, es muy difícil, - porque el organismo no es capaz de desarrollar un trabajo constante, en cambio es relativamente fácil medir la potencia desarrollada por un motor.

Por otra parte, en los ergómetros, el trabajo se limita a grupos musculares concretos, es decir, no trabaja toda la masa corporal, ya sea miembros superiores (ergómetros a manivela) o miembros inferiores (ergómetros a pedales).

Todos los ergómetros modernos, lo que hacen es regularizar el trabajo - del sujeto, una vez escogidos sus límites. Para ello el sujeto pone en movimiento un pesado volante que regulariza y sobre el que se aplica una fuerza de frenaje, de naturaleza mecánica o electromagnética; de manera que se fija exactamente la potencia al nivel deseado.

Hay muchos tipos de ergómetros, ya sean de pedal, manivela o mixtos.

**Ergómetros de Manivela.-** Son aparatos que describimos someramente, sólo por entrañar un interés histórico y porque han dado origen a los de pedales y mixtos descritos más adelante. Hoy día han sido abandonados. Citaremos el modelo de **Fick (1891)**, que es un dinamómetro, en el que se hace girar una - rueda con la ayuda de una manivela, ésta rueda está abrazada por una correa -

circular sujeta a un resorte que la comprime más o menos, produciendo un frotamiento que tiende a frenar. La fuerza desarrollada por el sujeto, alarga el resorte, que indica cual es su magnitud (es un dinamómetro en realidad).

Si multiplicamos esta fuerza por la longitud recorrida por un punto cualquiera de la circunferencia del volante, al desplazarse girando, nos dará el trabajo realizado.

El modelo de **Goertner** es todavía más simple, porque el frenado lo realiza una palanca que frota el volante y sobre la que se colocan pesas, más o menos cerca de su extremo, para que disminuyan o aumenten el frenado.

Pero naturalmente es muy irregular esta acción, por lo que es sumamente imperfecto o inutilizable hoy día.

**Ergómetro de pedal.**- El modelo de **Lanooy**, es un ergómetro de pedal - que en condiciones especiales, puede adaptarse a manual.

Su ventaja principal sobre otros tipos, es la de mantener una carga constante, independientemente de la frecuencia del pedaleo, manteniendo este último entre ciertos límites, de una forma sencilla. El principio de este aparato, es el fenómeno físico de que dentro de un campo electro-magnético, la fuerza de frenaje del imán crece proporcionalmente a la velocidad de rotación del volante, - hasta una velocidad de rotación dada; una vez sobrepasada dicha velocidad crítica, la fuerza de frenaje decrece, a medida que el volante gira más deprisa.

Si se emplean niveles de potencia tales, que para los mismos se cumple - que: fuerza de frenaje ( $F_f$ ) x velocidad de rotación ( $V_r$ ) es igual a una constante  $K$ ;  $F_f \times V_r = K$ , la frecuencia puede variar entre límites amplios y el rendimiento

to es bueno. Un tacómetro nos indica siempre la velocidad del pedaleo.

Este es el aparato de la casa **Godart**, que nosotros utilizamos. Es bastante exacto y con dos escalas de mediciones, de: 0 a 200 vatios y de 0 a 400 - vatios, *NV-Godart (1969)*.

**Modelo de Jahn.**- Está basado en la bicicleta dinamómetro de Fick. Los pedales por medio de una cadena, hacen moverse a una rueda que se encuentra frenada, por medio de una correa mantenida de un extremo, por un resorte, y por el otro con un peso de 15 Kg. El alargamiento del resorte es proporcional a la fuerza desarrollada por el sujeto que está pedaleando. Si se multiplica esta fuerza por el camino recorrido, se obtiene el trabajo realizado.

En el modelo de **Benedict**, el dispositivo de frenaje está constituido por una fuerza electromagnética, en lugar de mecánica. Un volante de cobre, por medio de pedales, gira entre las ramas de un electroimán que está fijo. Si se ha ce variar la intensidad de corriente, que produce la fuerza electromagnética, se puede frenar más o menos la velocidad de rotación del volante.

En este aparato, siempre que se mantenga una frecuencia de pedaleo cons tante, será posible obtener potencias variables. Dado que la fuerza de frenaje depende también de la velocidad de rotación del volante, es necesario un preciso - calibrado del aparato, que lo hace de difícil uso. La intensidad de la corriente - aplicada, nos da la medida del trabajo.

**Modelo de Muller.**- Es muy parecido a los ergómetros anteriores. Su prin cipio, es un volante metálico que rota entre los polos de un electroimán. El volante tiene una corona de plomo que produce una rotación continua. Un disposi tivo especial permite realizar trabajos de intensidad constante y de crecimiento -

automático.

La potencia desarrollada es leída sobre una escala graduada de 5 a 35 - vatios; la frecuencia de pedaleo es indicada al sujeto sobre un visor.

El ergómetro "Comform" de fabricación sueca lo describiremos entre - los mixtos.

Por último, el **modelo de Fleisch**: este aparato apunta una vuelta hacia el freno mecánico, pero siguiendo un nuevo principio de autorregulación de la fuerza de frenaje. Esta última se mantiene constante por el juego de dos pesas que actúan en sentido inverso sobre una correa, aumentando o disminuyendo de esta forma la superficie de frotamiento, entre correa y volante conectado a los pedales.

De los dos pesos uno de ellos es fijo y el otro lo podemos hacer añadiendo pesos suplementarios, de tal forma que alcanzamos mediante la oportuna graduación, la potencia en vatios. El pedaleo ha de ajustarse a tres cadencias, 30, - 60, 90 giros por minuto. El ejecutante lee sobre un velocímetro de aguja si su - velocidad es correcta. Nosotros hemos manejado un ergómetro de este tipo en el INEF, en el Gabinete de Medicina Deportiva.

**Ergómetros mixtos (de pedales y manivela).**- Los ergómetros de este tipo, son teóricamente iguales a los anteriormente descritos de pedales, pero tienen la - ventaja de que pueden realizarse trabajos con los brazos y con las piernas por se - parado o en conjunto; al mismo tiempo que adoptan distintas posturas de trabajo, de pié, sentado, tumbado, reclinado, etc.

Todos los ergómetros presentan ventajas e inconvenientes y más acentuados

en estos mixtos, respecto a la conocida "poca naturalidad" en el trabajo.

El movimiento de manivela de los miembros superiores, puede ser parecido a gran número de trabajos profesionales, pero menos a los deportivos. Por otra parte, el apoyo rígido sobre los miembros, bloquea la caja torácica y modifica la respiración probablemente. Aunque así no fuera, los movimientos cíclicos del pedaleo, tienden a acompasar la frecuencia respiratoria con el ritmo del pedaleo, es decir, una respiración cada tres o cuatro vueltas de manivela, según la intensidad del trabajo.. Por otra parte la inmovilización del tronco y brazos durante el pedaleo, hace innatural el ejercicio, para individuos entrenados en otro tipo de trabajo.

**Modelo de Jaeger.**— Es quizá el modelo de ergómetro "universal" más moderno y muy bien concebido, puede desarrollar potencias desde 0 a 400 vatios; tanto a la manivela como al pedal, en posiciones: de pié, acostado, o sentado, - puede funcionar a elección dependiente o independiente del número de revoluciones o bien combinando con ámbos sistemas.

El número de revoluciones es independiente del rendimiento del aparato, por encima de un cierto valor, señalado ópticamente (lámpara). Tanto el esfuerzo como revoluciones son medidas e indicadas directamente Jaeger (1970).

El modelo de Knipping, tiene el mismo principio que el de Bénédict, fuerza de frenaje de campo magnético, la potencia entre 0 y 400 vatios. El modelo de Blasius, tiene como el de Knipping el principio de la dinamo. En este sin embargo, las pérdidas por frotamiento son convertidas en trabajo por medio de un motor especial de calibrado de rendimiento conocido.

El modelo Comfom, sueco, tiene el principio del volante pesado construído

para que cada vuelta completa de pedal o manivela, avance 6 metros. La frecuencia normal de pedaleo es de 50 vueltas por minuto. Está graduado en Kilopondios (kp.) y multiplicando la distancia pedaleada (m.) por el trabajo en Kp, tendremos Kilopondímetros.

La escala de trabajo está calculada para oponer cargas desde 300 kpm/min. a 2.100. Es el ergómetro mixto que viene utilizando Astrand, P.O. *Comform(1972)*.

**Tapiz rodante.**- El tapiz rodante, correa sinfín o banda continua, tiene un principio, que es el mismo para todos estos aparatos: Una banda continua, que gira sobre sí misma, de una longitud aproximada de 3 metros, y provista de una rampa. La velocidad de giro y la inclinación pueden modificarse.

Hoy día los aparatos modernos tienen velocidades de 2 a 20 km/h. e inclinación de la rampa de hasta una pendiente del 50 %.

El trabajo se calcula en función de la velocidad, inclinación y peso corporal. Es decir, para un trabajo muy intenso, aumentamos la velocidad y la inclinación del tapiz. La distancia vertical se indica en metros, la velocidad en metros por min. o km./h. *Jaeger (1970)*.

Hay muchos modelos, pero citaremos el más perfecto quizá, hoy día, el Laufergotest. *ICSPFT (1968-69-70-71)*.

Este tipo de aparatos permite estudiar la adaptación al esfuerzo en la marcha y carrera. No es necesario ningún tipo de aprendizaje o habituación. Por otra parte, hace posible el trabajo de gran cantidad de grupos musculares en coordinación muy fisiológica.

Los trabajos de **Karrasch y Schmidt (1954)**, comparando esfuerzos realizados, en genuflexiones, escalones, ergómetros de bicicleta y manivela y banda sinfín, demuestran que los test de movimientos corporales y de escalón, son poco satisfactorios y no permiten alcanzar grandes potencias durante tiempos prolongados. Sin embargo concluyen que los test sobre bicicleta y sobre todo en banda sinfín, permiten alcanzar potencias máximas muy elevadas.

A potencias iguales, las genuflexiones y escalón tienen un consumo de oxígeno, superiores a los test con manivela, bicicleta y tapiz. Concluyen los autores que es conveniente ejercitar test en varios tipos de ergómetros, para comparar los resultados de sujetos, en diferente forma y tipo de entrenamiento.

Por tanto aunque consideremos lo más fisiológico el tapiz, la bicicleta ergómetro, es un procedimiento de elección igualmente, **ICSPFT (1968, 1969, 1970, 1971)**.

#### **5.2.2.- Recogida de las respuestas del organismo.**

Teóricamente pueden recogerse múltiples respuestas de un organismo ante el esfuerzo, desde cambios puramente físicos, hasta los psicológicos. Pero las funciones más interesantes son las cardiorrespiratorias, que además son las más accesibles desde el punto de vista práctico y por tanto son las recogidas normalmente en primer lugar ante un esfuerzo.

Por otra parte la perfección alcanzada por los aparatos de medida, hacen muy exactos los resultados.

En las respuestas respiratorias interesan fundamentalmente: el volumen corriente (VC), frecuencia, Volumen minuto (Vm ó V), gasto de O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>), expul-

sión de  $\text{CO}_2$  ( $\text{VCO}_2$ ), cociente respiratorio (QR) y Equivalente ventilatorio para el  $\text{O}_2$  (EQ). Estas medidas pueden ser realizadas en dos tipos de aparatos:

De circuito abierto: En esencia, consisten en mecanismos que permiten la toma de aire directamente de la atmósfera y su recogida en un saco de Douglas, para su posterior medición, de sistemática conocida B. Ricci (1967).

Los problemas de no conocer las variaciones instantáneas de los parámetros respiratorios y especialmente, el espacio muerto creado por la boquilla que tiene al sujeto conectado el aparato y que le obliga a hiperventilar, son grandes.

Ultimamente, la boquilla utilizada, B. Ricci (1967); Astrand (1970), es satisfactoria y no presenta tantos inconvenientes.

Los aparatos en Circuito cerrado, permiten seguir todas las variaciones de los distintos parámetros, en reposo, durante el ejercicio y en la recuperación, y esto minuto a minuto, Metabo (1966). Los espirógrafos de tipo corriente: Benedict, Godart, Jaeger, no permiten absorber el  $\text{CO}_2$  perfectamente. Por esta razón, se utilizan grandes espirógrafos del tipo: espirógrafo gigante de Knipping, la serie Spiro-test de Jaeger en sus modelos grandes, el Spiro-analysator de la misma firma. Por encima de todos ellos, hoy día existen dos tipos de aparatos: el Metabógrafo de Fleisch de la casa Metabo, utilizado por nosotros y recientemente, el Body-Test de la casa Jaeger.

**Respuestas circulatorias y sanguíneas.**- La medida de la presión arterial y el conteo de pulso, se llevan a cabo rutinariamente, como medida cardiovascular más sencilla. El conteo de pulso con frecuenciómetros de célula fotoeléctrica, normalmente. El registro del E.C.G. y sobre todo, el cálculo del volumen minuto y la media de presiones, por cateterismo de cavidades derechas del corazón, de arteria pulmonar, etc., son del dominio de los laboratorios de exploración muy

especialmente equipados.

En sangre, en general por punción arterial, se suelen tomar los parámetros relativos a: pH, PCO<sub>2</sub>, PO<sub>2</sub>, lactatos y piruvatos, etc.

### 5. 3.- Clasificación y métodos de aplicación de las pruebas de ejercicio muscular.-

#### 5. 3. 1.- Generalidades.-

Las actividades musculares del hombre, tienen diferencias de unas a otras según el gasto energético de las mismas.

Una tarea puede ser ligera respecto a otra, debido a que el gasto energético requerido para desarrollarla es menor. También puede variar para una misma tarea el comportamiento de un sujeto; si está muy entrenado, una tarea que para un individuo desentrenado sería media o dura, será considerada como ligera para él.

Por estas razones, han aparecido numerosas clasificaciones de los esfuerzos físicos, basadas en uno u otro punto de vista.

Los términos generales de referencia de un trabajo son: ligero, suave, medio, duro, intenso, penoso, fatigante, extenuante; los términos máximo y submáximo también se utilizan.

Es decir no hay acuerdo en la precisión de los términos y además en esta línea es muy difícil conseguirlo.

Relacionando el metabolismo básico con la intensidad del trabajo se han realizado clasificaciones: Dill (1936) distingue el trabajo moderado, en el que el -

metabolismo basal está multiplicado por 3, al duro en que lo estará por un coeficiente de 3 a 8. Expresando estos niveles en vatios, (*Durand, 1969*), los relaciona en los siguientes niveles:

trabajo ligero de 20 a 40 vatios

trabajo medio de 40 a 100 vatios

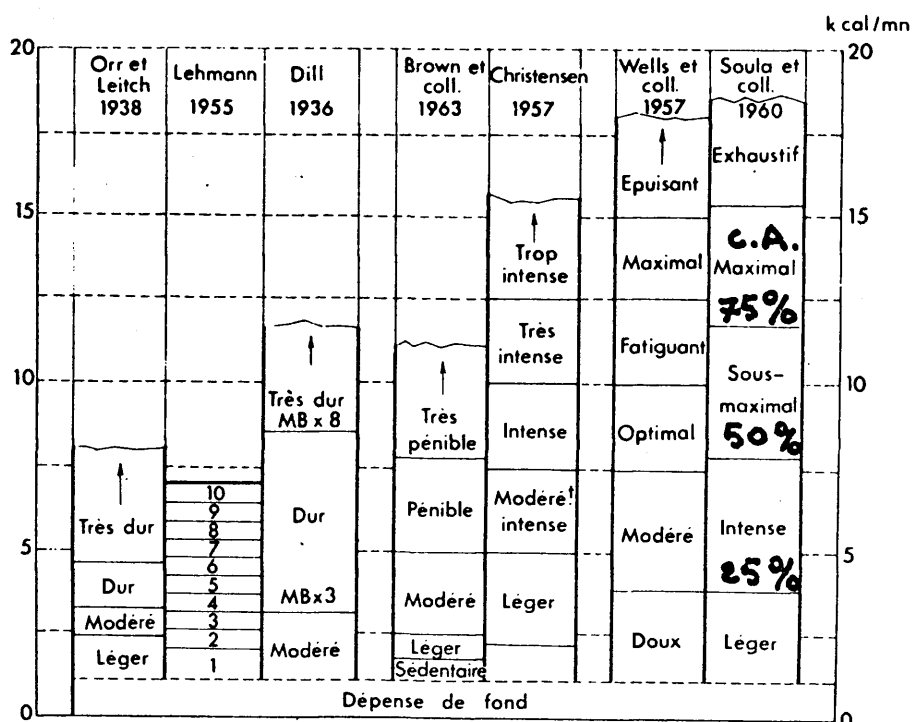
trabajo intenso de 100 a 140 vatios

trabajo máximo más de 140 vatios

Estas cifras, aunque arbitrarias, tienen valor para el individuo medio.

20 W = Repos	20 W = Loisirs
40 W = Marche lente (3 à 3,5 km/h)	40 W = Travail assis léger
60 W = Marche rapide (4,5 à 5 km/h)	60 W =
80 W =	80 W = Travail moyen
100 W = Bicyclette en terrain plat	100 W =
120 W	120 W = Travail intense
140 W = Pas de gymnastique	140 W =
160 W	160 W = Travail très intense (ne peut être
180 W = Course de fond	180 W = effectué sans pause)
200 W	200 W = Travail exceptionnel (ne peut être
220 W et davantage = Course de vitesse	220 W = maintenu que quelques minutes)

*Cuadro I.— Clasificación del esfuerzo físico y su correspondencia en vatios.*



Cuadro II.- Clasificación de esfuerzos, según diferentes autores

Niveau d'activité	Dépense énergétique		$\dot{V}$ (l/mn)	$f_r$ (c/mn)	Q. R.	$f_c$ (c/mn)	Lactates (mg p. 100)
	O <sub>2</sub> (ml, mn)	(kcal/mn)					
Repos .....	250	1,2	8	12	0,83	70	10
Travail :							
doux .....	750	3,5	20	14	0,85	100	10
modéré .....	1 500	7,5	35	15	0,85	120	10
Travail dur :							
optimal .....	2 000	10	50	16	0,90	140	15
fatigant .....	2 500	12,5	60	20	0,95	160	20
Travail intense :							
maximal .....	3 000	15	80	25	1,00	180	50-60
épuisant .....	>3 000	>15	120	30	>1,00	>180	>60

Cuadro III.- Clasificación de esfuerzos según las reacciones de adaptación cardio-vascular

pero no para el atleta, aparte de hacer caso omiso a peso.

**Lehmann (1955)** se ocupa sólo de las actividades profesionales y distingue cinco niveles de trabajo: sentado, menos de 2 cal/min

sentado, menos de 2 cal/min es equivalente a menos de 33 vatios  
 ligero de pié, de 1 a 3 cal/min de 16,5 a 50 vatios  
 semi pesado de 3 a 6 cal/min de 50 a 100 vatios  
 penoso o muy penoso de 6 a 11 cal/min de 100 a 180 vatios  
 excepcional más de 11 cal/min y más de 180 vatios

El trabajo considerado excepcional en la industria, no puede superponerse al atlético, puesto que sería el resultado de multiplicar por 2 vatios/kg de peso los 90 kgs. por ej. de un lanzador de peso de gran talla, y este esfuerzo no es muy excepcional y por supuesto puede mantenerse durante un tiempo bastante largo.

**Durand (1969)** propone las equivalencias relacionadas en el cuadro (I).

Otras clasificaciones se refieren a condiciones muy especiales de algún tipo de esfuerzo muscular; así podemos observar en el cuadro (II) las diferencias respecto a un mismo gasto metabólico de **Orr y Leitch** con **Christensen y Brow** y **Crowden**.

Más recientemente **Wells, Balke y Van Fossan (1957)**, clasifican el esfuerzo según la capacidad aeróbica, definen 6 clases de esfuerzo y fijan los límites energéticos en Kcal/min, sirviéndose de constantes respiratorias, frecuencia cardíaca y tasa sanguínea de lactatos, cuadro (III). **Benedict y Murchhauser (1967)**, clasifican los esfuerzos con arreglo al consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y le dan una equivalencia en vatios

	VO2 ml/min	equivalencia en vatios
Acostado	226 - 242	
Sentado	234 - 260	
De pié	228 - 293	
De pié balanceando los brazos	516	20
Marcha, 3,18 km./h.	667	35
Marcha, 6,72 km./h.	1.296	85
Marcha, 8,76 km./h.	2.240	160

**Bogey** dá cifras que son muy parecidas, para hombres de 23 años:

Marcha normal	300 ml/min.	
Marcha rápida	1000 ml/min.	60 vatios
Paso gimnástico	2000 ml/min.	140 vatios
Carrera de fondo	2500 ml/min.	180 vatios
Carrera de velocidad	3200 ml/min.	240 vatios
Nadador velocidad(en un min. 20 seg.)	3200 ml/	220 vatios

El consumo de oxígeno máximo varía con la edad y sexo Astrand y Christensen (1964), por lo que deberá ser tomado en cuenta. En esta línea, Saula, - Scherrer, etc. (1960), han propuesto una clasificación que tiene en cuenta la capacidad aeróbica del organismo y la variación con la edad, sexo y grado de entrenamiento, quedando de la siguiente forma:

**Trabajo exhaustivo;** se ejecuta a una potencia superior a la capacidad aeróbica.

Se pone a contribución fundamentalmente la capacidad anaeróbica, la deuda de oxígeno puede llegar de 16 a 20 litros.

**El Trabajo máximo;** pone en juego el 75% de la capacidad aeróbica. Son ejem-

plo típico de este esfuerzo, las carreras de fondo.

El Trabajo submáximo; corresponde a una utilización del 50 a 75%, de la capacidad aeróbica.

El Esfuerzo intenso; de un 25 a un 50%.

El Esfuerzo ligero; hasta el 25%.

La masa corporal puesta en juego, tiene su importancia, según demuestran *Astrand y Saltin (1961)*; *Stenberg, J. (1967)*.

*Spitzer y Hettinger (1959)*, hacen una clasificación de este tipo.

Por otra parte también el tipo de contracción, estática o dinámica, tiene importancia respecto al coste energético de la tarea *Scherrer (1967)*.

Se han realizado clasificaciones respecto a la duración del esfuerzo, como expresa el cuadro ( III ) de *Wells y Cols.*

Actualmente se intenta introducir la estandarización, en el sentido de expresar la intensidad de trabajo de una forma uniforme, sin clasificar los trabajos en ligeros, moderados, etc., que son límites siempre imprecisos.

El Comité de Estandarización del ICSPFT, en sus distintas publicaciones (1968-69-70), determina la definición de "METS", abreviatura de "Metabolic rates", significándola en la fórmula siguiente:

$$\frac{VO_2 \text{ máx } MR}{VO_2 \text{ BMR}} = \text{máx Mets}$$

siendo MR (metabolic rates); BMR (Basis metabolic rates). Considerando este último como 3,5 ml. de oxígeno por kg. de peso y minuto, tendremos:

$$\frac{\text{Máx VO}_2 \text{ ml/kg/mín}}{3,5} = \text{Máx Mets}$$

es decir, podemos expresar el gasto energético en Mets y así normalizar los resultados, hablando de niveles metabólicos alcanzados. El ICSPFT ha publicado - tablas de exploración para bicicletas ergómetros y banda sinfín, como procedimientos de rutina.

### 5. 3. 2.- Clasificación

El enorme número de procedimientos utilizados en la metodología de los test de esfuerzo, hace prácticamente muy difícil, agruparlos en sectores fijos.

La movilidad de criterios, en cuanto a ejercicio exhaustivo, por ejemplo, junto con el incremento cada vez mayor de la intensidad de los métodos de entrenamiento y las marcas conseguidas.

Por otra parte, los criterios sobre pruebas aeróbicas y anaeróbicas, junto con los conceptos de  $\text{VO}_2$  máximo, "máxima potencia aeróbica" y "capacidad - aeróbica máxima", son parámetros que en el caso del  $\text{VO}_2$  máximo o máxima - potencia aeróbica, puede conseguirse en pruebas de muy corta duración y gran - intensidad; en las de mediana duración y severa intensidad; e incluso en algunos casos, usando un ejercicio de intensidad no muy grande, pero después de un trabajo de larga duración y poca potencia.

Por tanto exponemos a continuación, una división de pruebas, en dos grandes grupos. Pruebas de corta duración y pruebas de larga duración.

Todos los estadios intermedios son concebibles e incluso se realizan habitualmente, como veremos después, al enumerar los tipos de pruebas que se utilizan, bajo el punto de vista de otra clasificación más pormenorizadora, que considera las pruebas de carga creciente o de carga fija (atendiendo a su modo de aplicación, según la clasificación de Hebbelinck (1968)).

El hecho de incluir, los tipos rectangular, en escalera, triangular y en almena, entre las pruebas de larga duración, no es un criterio estricto, puesto que una prueba en escalera puede ser de larga duración, si dejamos adaptarse al individuo en cada escalón. Si en una prueba triangular, marcamos los escalones, con incrementos muy discretos de potencia, será de larga duración y si son incrementos importantes es de corta duración.

Lo mismo cabe decir de las rectangulares, que con un coeficiente multiplicador, por kilogramo de peso, alto, de por ej. 4 vatios/kg. se convierte en corta. Si el coeficiente es de 1,5 por ej. se trata de una prueba de larga duración.

Lo mismo puede afirmarse de las pruebas interrumpidas o almenadas.

Pero no es sólo este hecho, el que impide definir y clasificar rígidamente los criterios de aplicación de potencia, sino, los factores personales: entrenamiento, pero corporal, edad, psicología, (en pruebas de  $VO_2$  máximo, es fundamental la voluntad del sujeto), estado de salud, etc., que hace realmente difícil clasificar los tests.

Sólo puede realizarse, tomando criterios flexibles, que pueden hacernos pasar de un tipo a otro de prueba.

Lo importante es el conocimiento de todas ellas, para de acuerdo con nues

tros deseos o posibilidades, elegir la que nos conviene, para el resultado que esperamos o buscamos.

### Pruebas de corta duración

Se emplean para evaluar las condiciones de respuesta del organismo que no llega al estado de equilibrio, al enfrentarse a una prueba; generalmente muy intensa, cuya potencia se calcula a menudo, una vez estudiada la respuesta a test espirográficos de reposo, VMM particularmente y pruebas cardiovasculares simples.

La duración de estas pruebas varía de unos a otros autores, así: *Cara (1950-1953)* hace una prueba de treinta segundos a 300 vatios, mientras que otros, *Hatzfeld, C. y Bille, D. (1958)*; *Astrand y Saltin (1961)* estudian pruebas cortas de 1,2 y 5 minutos; *Hebbelinck (1965)*, etc.

Naturalmente, estos tipos de pruebas cortas no pretenden explorar todas las respuestas del organismo ante el esfuerzo.

Permiten estudiar ante todo, las reacciones circulatorias iniciales que se traducen sobre el registro del consumo de oxígeno. Por consiguiente, en estas pruebas cortas, algunas medidas como por ej. la ventilación (V), ha estado sujeta a ciertas críticas. Sin embargo, de la ventilación estudiada en períodos cortos de 2 minutos de ejercicio por *William L. Beaver y Karlman Wasserman (1968)*, pueden extraerse multitud de consecuencias, lo que demuestra su innegable utilidad.

No obstante, éste tipo de pruebas de corta duración se vienen utilizando para estudiar el consumo de oxígeno y ha dado lugar a multitud de trabajos y variantes, con estudio del  $VO_2$  máx., en los últimos diez años. Sobre todo a -

medida que se va disponiendo de aparatos más perfeccionados.

Esto último, hace posible que el estudio de la ventilación (V) continuo, durante las pruebas de corta duración, al principio de la prueba y durante la recuperación sea interesante.

Estas pruebas de corta duración que en las primeras décadas del siglo - utilizaban espirómetros de tipo corriente, han recuperado su importancia, con las condiciones de exploración magníficas que los nuevos aparatos proporcionan.

Un aspecto interesante de las pruebas cortas, es su fácil estandarización para un mismo grupo de sujetos, junto con la rapidez de ejecución.

Muchas pruebas de corta duración, las describiremos al hablar de la clasificación en cargas crecientes y cargas fijas y en los procedimientos ergométricos para pruebas de  $VO_2$  máximo.

#### **Pruebas de larga duración.**

Han sido posibles, en virtud de los adelantos técnicos, que nos permiten registrar la respuesta del organismo, durante esfuerzos mantenidos por largo tiempo, por medio de aparatos de gran capacidad y rendimiento: gran espirómetro - de Knipping, Metabógrafo de Fleisch, Body Pletismógrafo, etc.

- Su interés estriba, en conseguir la aparición del estado de equilibrio (steady state), de manera que lo medido en realidad, no es la respuesta del organismo a una prueba de "carga", sino más bien la adaptación a una prueba de resistencia o tarea persistente.

Las variedades de estas pruebas, en duración e intensidad son muchas.

Se pueden sintetizar refiriéndolas a figuras geométricas, Durand (1967), que permiten seguir el desarrollo en el tiempo de estas pruebas; teniendo en cuenta que pueden ser pruebas de corta duración si aumentamos la intensidad del esfuerzo (potencia).

No obstante, las referiremos en este apartado porque muchas de ellas, como la de escalón amplio, es muy corrientemente utilizada como prueba larga y pueden describirse mejor teniendo en cuenta el desarrollo en el tiempo.

Los test de ejercicio en escalera, Linroth, 1957; Holmgren y Cols., 1958; Holmgren y Linderholm, 1958; Astrand, 1952; Ros, B. J. Macnab, 1969; Bottin y Cols., 1968), fueron iniciados por la escuela nórdica; la potencia se aumenta progresivamente en el curso de la prueba, por escalones sucesivos, hasta el momento en que el individuo llega al máximo de sus posibilidades físicas. La ventaja es que puede llegarse a determinar en una sola sesión, relativamente rápida, la potencia máxima soportada.

Esto no es muy exacto, puesto que si atendemos a lo importante, que es llegar al "equilibrio" en cada uno de los escalones, la prueba se prolonga mucho en el tiempo y el individuo llega a la fatiga, quizá antes de hallar su potencia máxima; Astrand (1970) propone continuar las pruebas en sucesivas ocasiones.

Por otra parte, si acortamos los escalones a 5 - 7 minutos, corremos el riesgo de que con potencias intensas no se llegue al equilibrio, sino sólo al llamado "approximate steady state" por Holmgren (1958).

Si acortamos el escalón, por ej. a 1 minuto, que es lo usual, se consigue

un aumento muy rápido de la potencia. El requisito de prueba larga, en sentido estricto, atendiendo al criterio de equilibrio, no se cumplirá. Pero, sin embargo, puede llegarse a alcanzar la potencia máxima soportada con mayor facilidad, que en la prueba de escalón amplio.

Pruebas así se denominan "triangulares" y son una variedad de las "escaleras". Se utilizan como pruebas cortas, si los incrementos son suficientemente importantes, por ej. 50 vatios.

Pueden utilizarse con criterio más amplio de prueba larga, en cuanto a resistencia ante una tarea, si los incrementos son lo suficientemente pequeños; aunque no aparezca la adaptación.

La prueba base y más simple, que realmente es la unidad de todas ellas, es la rectangular, puesto que, de pruebas de este tipo, con secuencias más o menos largas, se componen tanto las de escalón amplio, como su variante triangular.

La escuela de Nancy, con Sadoul y Durand (1967), realizan pruebas de este tipo, en gran cantidad.

Son, por otra parte, pruebas de carga fija que más adelante exponemos con detalle, en la metodología de aplicación habitualmente utilizada por: Johnson y Brouha, L. y Cols (1942); Cureton (1951); Astrand (1961); Mellerowicz, H. y Cols (1964); Hebbelick (1965); Astrand (1970).

La potencia es rigurosamente constante, en este tipo de pruebas, se pueden hacer rectángulos de distintas potencias, en ocasiones sucesivas y relacionar la respuesta a la potencia.

Es el tipo de prueba A de Astrand (1970). En este caso debe instaurarse un reposo entre cada prueba.

La adaptación a una potencia constante puede medirse muy bien, y la respuesta del organismo a este tipo de pruebas, está fisiológicamente muy estudiada y es un patrón de respuesta ante el esfuerzo que se va a repetir, en los demás tipos de pruebas, siempre que tengan "rectángulos" de la suficiente duración.

Esta es la razón por la que describiremos la respuesta del organismo a potencias fijas, más adelante.

La prueba en almena o "creneau", es en realidad una variante de las anteriores rectangulares; Christensen, E.H. (1932); Mitchell, Sproule y Chapman (1958); la modificación de Macnam, Ross B.J. (1969). Son potencias constantes de tipo rectangular, con intervalos de descanso.

La ventaja de los métodos de larga duración, es que permiten estudiar, el comportamiento del sujeto en un régimen de equilibrio. Sólo en estas condiciones se pueden relacionar entre sí y medir rigurosamente la ventilación, consumo de oxígeno, eliminación de CO<sub>2</sub> y frecuencia.

Tanto las pruebas cortas e intensas, como las largas y extenuantes, exigen cooperación por parte del explorado, lo que plantea problemas grandes.

### 5. 3. 3.- Procedimientos de aplicación de las cargas.- Metodología.

Son tan variados los utilizados por los diversos autores, que hacen muy difícil clasificarlos. No obstante, podemos incluirlos en grandes grupos o sistemas de aplicación de cargas: carga creciente, carga fija, y los utilizados para conseguir

VO<sub>2</sub> máx. Los procedimientos de carga creciente, pueden ser rectangulares, en sucesión o almena, o mixto triangular-rectangular, etc. Esta es la razón por la que estudiaremos los diversos tipos de pruebas aplicadas, según criterios de potencias diferentes.

**Procedimientos ergométricos de carga creciente.**- El procedimiento de Mitchell, Sproule y Chapman (1958), es utilizando tapiz. Se comienza por 10 minutos de calentamiento a 3 k/h (kilómetros por hora) y 10% de pendiente, después 10 minutos de descanso; se vuelve a marchar a 6 k/h (mph en el original), durante 2,30 minutos. Los hombres empiezan esta segunda carrera a 7,5 % de pendiente y las mujeres a 0%. Se intercalan 10 minutos de descanso y después suben 2,5% más de pendiente. Esto se repite hasta que el gasto de oxígeno en dos períodos consecutivos se nivele o decline. El criterio para esto es un incremento menor de 54 ml.

El aire aspirado se recoge en el último minuto de la carrera. Otro test corto y creciente que se utiliza también para el VO<sub>2</sub> máx., es el test de Astrand (1952) de realización sobre bicicleta y pedaleando a una frecuencia de 50 r.p.m.

Las potencias a aplicar sucesivamente para hombres son: 900 - 1200 - 1500 - 1800 - 1950 kpm./min. (o Kpm./min.) y para mujeres: 600 - 900 - 1200 - 1350 kpm./min. (o Kpm./min.), los escalones son de una duración de 4 a 6 minutos.

Las potencias se recorren, según la capacidad del sujeto, hasta que la prueba llega a ser exhaustiva entre el 4<sup>o</sup> y el 6<sup>o</sup> minuto. Se realizaba un calentamiento a potencia despreciable y una subida de escalón cada 4-6 minutos.

Las modificaciones sobre el proceder de Astrand de Ross, B.J. Mabnab (1969) son interesantes. El sujeto pedalea a 50 r.p.m. de frecuencia. Las mujeres comienzan pedaleando a una potencia de 450 Kpm/min y los hombres a - 750, en períodos de cuatro minutos, seguidos de cinco minutos de descanso.

El trabajo inicial era incrementado entonces en 150 Kpm/min y el sujeto pedaleaba otros 4 minutos. El aire espirado se recogía en un saco de Douglas en el último minuto.

Este procedimiento continuaba hasta que el consumo de oxígeno declinaba. El criterio de esta declinación era de un incremento menor de 80 ml.(1960).

Astrand y Saltin (1961), han fijado otro tipo de pruebas, que se utiliza principalmente para el  $VO_2$  máx., pero también como prueba corta, en varones entrenados, con escalones discontinuos, de una duración no mayor de 8 minutos, siendo el rango de 2 a 7 minutos; hallándose en seis minutos el máx.  $VO_2$ , con la carga pesada óptima, capaz de mantenerla ese tiempo.

Sin embargo, con cargas muy superiores, que hacían llegar al agotamiento al individuo en 1-2 minutos, se alcanzaban cifras de  $VO_2$  por encima del - 85% del valor máximo. Esto hace pensar, que este tipo de pruebas "abreviadas" son interesantes.

Después de un período de calentamiento a potencia despreciable, alrededor de 2 minutos de trabajo muy pesado -para individuos jóvenes y bien entrenados- son suficientes para el ajuste del sistema de transporte de  $VO_2$  máx. (capacidad - aeróbica), si su pulso llega al nivel considerado como satisfactorio de esfuerzo máximo, según las observaciones de Taylor y Cols (1955).

Estos mismos autores encuentran además, que 3 minutos de duración del ejercicio (y recolección del aire después de 1 min. y 45 seg.), es satisfactorio - cuando programamos una capacidad aeróbica.

*Sjostrand (1947)* y *Wahlund (1948)*, realizaron pruebas en cicloergómetro, comenzando con 150 vatios en varones y 100 vatios en hembras, con escalones de 6 minutos e incrementos de 50 vatios, los criterios para considerar  $VO_2$  eran: pulso, concentración de láctico (90-100 mg./100ml.) y el cese en el aumento de  $VO_2$ . La modificación de *Ross, B.J., Macnab y Cols. (1969)* sobre la prueba de *Sjostrand*, consiste en un esfuerzo total de 12 minutos, con tres incrementos de potencia a velocidad de pedaleo de 60 r.p.m. El trabajo inicial es de 150 kpm/min. para mujeres y de 450 Kpm./min para hombres y un incremento, al principio de los minutos 5° y 9° del ejercicio, dependiendo de la respuesta cardíaca recogida al final del 4° y 8° minutos.

El step test progresivo desarrollado por *Ross, B.J. Macnab y Cols (1969)*, también es interesante, con tres escalones de 10, 25 y 40 cms. con incrementos de 5 cms. añadibles en cualquier momento, la velocidad de subida es de 28 escalones/min.

Las mujeres empiezan con 15 cms. y los hombres con 25. El nivel de pulso considerado satisfactorio para la prueba es de 170/min.

El procedimiento de *M. Kaltenbach (1968)*, hoy día utilizado con escalón variable de 5 en 5 cms., hasta una altura máxima de 50 cms. Es un procedimiento indirecto para calcular el  $VO_2$  máximo, por medio de nomograma, pero supone utilizar una prueba muy exacta y estandarizada, que puede utilizarse para medidas directas.

Reindell y Cols(1961), utilizando el cicloergómetro, inician la prueba de  $VO_2$  máx. con 50 vatios y aumentan de 25-50 vatios, cada vez que el  $VO_2$  y frecuencia cardíaca llegan al equilibrio (steady state).

Hollman y Cols (1963), utilizan cicloergómetro y comienzan la prueba - con 30 vatios, incrementando en 40 vatios cada 3 minutos. En la "propuesta - de estandarización" citada por Hebbelinck, M. (1968), realizada por varios autores (Mellerowicz, Reindell, Hollmann, etc.)se propone el cicloergómetro, con un trabajo que comienza en 25 vatios, para pacientes; 50 vatios para individuos normales y 100 vatios para atletas. El incremento es para los primeros de 25 cada 6 minutos; para los segundos, 25 vatios para mujeres y 50 para hombres, cada 6 minutos; y para los atletas, 50 vatios cada 6 minutos.

Estos criterios de medida que proponen, tienen colocados en primer tér - mino como control, los cardiovasculares.

Howald, H., Hanselmann, E. y Jucker, P. (1971), siguen una prueba direc - ta de medición de  $VO_2$  máximo, que también puede servir para cálculo por nomograma de la máxima potencia aeróbica.

Consiste en períodos de 6 minutos de ejercicio, comenzando con 1,5 vatios por Kg. de peso; el segundo escalón de esfuerzo es de 3 vatios por Kg. de peso y si a los 6 minutos alcanza por encima de las 160 pulsaciones, se interrumpe la prueba. Si no los alcanza, se suman 50 vatios más y se sigue otro período de 6 minutos. La recuperación se cuenta en 5 minutos sólo.

Taylor, H.L., Buskirk, E. y Henschel, A. (1955), sobre banda rodante, co - mienzan con una carga inicial de 7 mph (Km/h), 10% de elevación, aumentando 2,5% grados cada 3 minutos, la pendiente.

**Balke, B. (1954)** sobre banda rodante, comienza con una velocidad de 3,5 Km/h y un aumento de 1% de pendiente cada minuto.

**Procedimientos ergométricos de carga fija.**- Otro tipo de pruebas, citado anteriormente, son las de trabajo de carga fija o rectangulares, que se utilizan, tanto para medir el  $VO_2$  máx., que se puede alcanzar sin adaptación, como la capacidad anaeróbica.

Esto puede realizarse, porque en este tipo de pruebas, que vienen a durar menos de 5 minutos en su mayoría, cuando son de gran intensidad, el trabajo se realiza utilizando tantos por ciento, distintos en cada tiempo de participación de fuentes de energía, **Astrand (1963)**.

**Hedman (1957); Wyndham, C.H. y Cols (1962)**, citan como ejemplos - aproximativos: en 1 minuto de ejercicio máximo, el proceso anaeróbico produce del 65-70% de la energía; en 2 minutos, el 50% por anaerobiosis y el otro 50% por aerobiosis.

Esta es una de las razones, aunque no absolutas desde luego, de aconsejar una prueba de  $VO_2$  máximo por encima de 1 minuto.

**Astrand (1961)** tiene un tipo de prueba, que si la consideramos en conjunto, sería "almenada", pero que el esfuerzo principal es estrictamente rectangular. Se realiza sobre cicloergómetro y después de tantear, haciendo uno o dos - ejercicios submáximos. Se procede a realizar una prueba rectangular con carga - "supermáxima" por lo menos de 2 minutos de duración.

**Johnson, R.E. y Brohua, L., con su Harvard Fitness test (1942)**, sobre banda rodante, propone una prueba de velocidad de 11,02 Km/h. a 8,6% de pendiente.

Cureton (1951) sobre banda rodante, propone 10 mph (millas por hora) (16,3 km/h) a 8,6% de pendiente.

Mellerowicz, H. y Cols (1964), propone sobre cicloergómetro: 1 minuto de esfuerzo máximo, con una potencia de 5,8 vatios por cada kilogramo de peso corporal.

Otro tipo de prueba que propone es: 4 vatios por Kg. de peso corporal durante 3 minutos, y otro más equivalente de 3,3 W/kg. peso, durante 3 minutos.

Como vemos, aquí realmente se van alargando las pruebas en virtud de la potencia, lo que hace cambiar la proporcionalidad, entre trabajo anaeróbico y aeróbico respectivamente.

Hebbelick (1965) utiliza su "test de 400 vatios" sobre cicloergómetro, poniendo una potencia de 400 vatios/se. y 70-80 revoluciones por minuto de pedaleo, hasta su agotamiento, proponiendo un índice de recuperación de la frecuencia cardíaca, muy parecido al de Ruffier:

$$\frac{t \text{ (segundos)}}{(P_1 + P_2 + P_3) \cdot 2}$$

**Pruebas de VO<sub>2</sub> máximo.**- En laboratorio hay tres métodos para conseguirlos: tapiz rodante, bicicleta ergómetro y step-test.

El trabajo debe ser de grandes grupos musculares y la medida del VO<sub>2</sub> comenzará cuando el trabajo lleve unos pocos minutos de comenzado. La severidad del trabajo debe ser tomada en cuenta, cuando se juzgue la duración del período de trabajo. La potencia empleada debe ser tal, que no pueda presentar estado de equilibrio.

Idealmente deben realizarse varios experimentos submáximos y máximos durante varios días.

La cuestión crítica es, los diferentes trabajos que tengan que realizarse, antes de llegar al nivel ideal para conseguir el  $VO_2$  máx. Muchos estudios se han realizado tratando de aclarar estas cuestiones: P.O. Astrand (1952); Astrand P.O. y Saltin, B. (1961); Glass Ford, R.G. y Cols (1965); Kasch, F.W. y Cols. (1966); Stenberg, J. y Cols (1967); Hermansen, L. y B. Saltin (1969).

Parece que por encima del 3% de inclinación del tapiz rodante, se puede esperar llegar al máximo  $VO_2$ , si el esfuerzo reúne las demás condiciones. Taylor (1955).

Con la bicicleta ergómetro, es menos fácil conseguir  $VO_2$  máx. comparado a la carrera con pendiente. Los consumos de oxígeno máximos alcanzados con la bicicleta son de un 5% a un 8% más bajos que para tapiz Astrand (1970). No hay explicación satisfactoria para esto, aunque parece ser mayor la masa puesta en condiciones de trabajo, por la carrera.

No obstante ese 5 a 8% que también señalan Hermansen y Saltin (1968), no hacen significativamente diferentes los ejercicios con bicicleta y tapiz.

Normalmente un test de máxima potencia aeróbica, comienza por un esfuerzo de calentamiento. Después de esto, la potencia puede ser incrementada de varias maneras: método a) puede incrementarse inmediatamente, hasta el nivel que nos hayan señalado los experimentos preliminares, de predicción de máxima potencia del sujeto. Método b) el incremento se hace en escalones varios, con potencias submáximas, máxima y supermáxima, trabajando en cada escalón de 5 a 6 minutos, pudiendo tener períodos de descanso entre cada esfuerzo o hacer trabajo con-

tínuo, (las potencias submáximas pueden ser varias). Método c) la potencia puede incrementarse en cada escalón, cada minuto hasta el agotamiento.

Siguiendo cualquiera de estos procedimientos cuidadosamente, dan el mismo consumo máximo de oxígeno. Astrand (1970); Binkhorst, R.A. (1963); el método a) Astrand y Saltin (1961).

Los experimentos preliminares, para fijar de manera previa la potencia máxima, se hacen con esfuerzos en escalón, hasta conseguir un pulso entre el rango 125-170, en una de las potencias, teniendo en cuenta no pasar de 6 minutos de esfuerzo en cada escalón. Dobeln (1967).

Con estos datos, usando el pulso submáximo y la potencia, puede calcularse el consumo máximo teórico Astrand (1960).

La relación lineal entre frecuencia cardíaca y  $VO_2$  ha hecho posible la elaboración de nomogramas y su aplicación. Astrand (1954); Margaria (1965); Maritz (1961).

Actualmente Astrand (1970) se pronuncia por el método b) como el más fisiológico, en orden al interés de obtener condiciones de equilibrio, cuando medimos consumos de oxígeno, pulso, ventilación, etc., en potencias submaximales. Esto requiere períodos de trabajo de al menos cinco minutos. La escuela de Nancy en la década de los 50, llamaba la atención insistentemente del interés de llegar al estado de equilibrio, sin olvidar los consumos máximos de oxígeno.

El procedimiento c), de incremento contínuo, es muy rápido e interesante para el  $VO_2$  máximo, sin embargo no se aprecian las condiciones de equilibrio, en ningún momento, por lo que la información sobre el problema de cómo resuel-

ve el organismo el transporte de oxígeno, a distintos niveles de potencia, es nula.

Idealmente, un test de consumo máximo de oxígeno, debe tener los siguientes requerimientos: el trabajo debe interesar grandes grupos musculares; el trabajo debe ser mensurable y reproducible; las condiciones del test deben ser tales, que - los resultados sean comparables y repetibles; el test debe ser tolerado por todos - los individuos en buen estado de salud; la mecánica del test y todo lo que implique habilidad o entrenamiento, debe ser tan uniforme como sea posible para la población investigada. Estos son los criterios condicionantes de *Astrand (1970)* que probablemente es el autor que más ha trabajado con este tipo de test.

Como vemos, las posibilidades de hacer pruebas de  $VO_2$  máximo, son múltiples, prácticamente la mayor parte consiguen su objetivo.

Desde luego deben aplicarse sólo a sujetos en buen estado de salud, *Bruce (1951)* refiere un caso de muerte en un individuo, con problemas cardiovasculares, sobre bicicleta ergómetro.

Los sistemas para conseguir consumos máximos de oxígeno, son, pues, extremadamente variados, unos con bicicleta y otros con tapiz o escalón (este último poco utilizado); *Methenny, E. (1942)*; *Astrand (1952)*; *Von Döbeln, W. (1956)*; - *Hermansen, L. (1965)*; *Holmgren (1967)*; *Ross B.J., Mac-Nab (1959)*; *Michael G., - Maksud (1970)*, entre otros.

#### 5.4.- Las pruebas de larga y corta duración en la práctica.-

##### 5.4.1.- Condiciones generales para realización de las pruebas.-

Cualquiera que sea el método utilizado en la valoración, conviene fijar con-

diciones estrictas, para el desarrollo de la prueba de esfuerzo.

Las pruebas de larga duración, que requieren gran esfuerzo, y las de intensidad grande, deben administrarse siempre, en sujetos en buen estado de salud. *Durand (1967)* aconseja no realizarlos en los individuos de más de sesenta años.

*W. Von Döbeln (1967)*, ha realizado pruebas de consumo máximo de oxígeno, en sujetos de 60 a 70 años, hallando  $VO_2$  medias de 2,29 l/min., que, como era de esperar, es bajo. Pero señala la posibilidad de utilizar pruebas intensas (600 kpm/min y 900 kpm/min), en sujetos bien escogidos y sanos.

Es fundamental normalizar al máximo, las condiciones de exploración de todos los sujetos, tanto en temperatura como en vestimenta, horario, etc.

No deben realizarse pruebas en el período postprandial, pero tampoco en ayuno completo, porque pueden aparecer en este último caso, accidentes hipoglucémicos.

Es importante dejar que el individuo se adapta el aparato, durante unos minutos antes del comienzo del ejercicio y además, de esta manera se pueden disponer de puntos de referencia.

El factor emocional, la inhabilidad, la tensión muscular resultante, el stress, hacen fracasar muchas pruebas físicas, *Missiuro, W.L. (1970)*.

Al planificar la prueba, es necesario acoplar a la edad, peso y condiciones físicas, el tipo de esfuerzo, aunque aquí hay prácticamente tantas opiniones como métodos hemos descrito anteriormente. Sin embargo las pruebas no deben ser superiores a las posibilidades individuales, y ésto podemos conocerlo con pruebas sub-

máximas, espirometría, pruebas cardiovasculares sencillas.

Pueden también administrarse pruebas, con un criterio uniforme de potencia, cuando el grupo es homogéneo en cuanto a su preparación o estado de entrenamiento.

Las pruebas largas no deben ser repetidas, de tal forma que provoquen la fatiga o un entrenamiento previo discriminatorio.

La cooperación del individuo es fundamental en los test espirométricos, y en los ergométricos. Los trabajos de Paul Von Lith y Cols. (1969), sobre sujetos sometidos a hipnosis y midiendo la complianza y actividad de los músculos respiratorios, no encuentran diferencia significativa. Sin embargo, el conocimiento previo de la tarea, en la práctica, facilita la exploración.

Hay que explicar lo que se va a realizar y su objeto; cuando se trabaja - con sujetos de grado de cultura suficiente y en especial, en atletas.

La cooperación total, sin embargo, es difícil de obtener y se consigue casi siempre, en los atletas bien entrenados.

El período de calentamiento es muy importante, Astrand (1958) y debe utilizarse para la familiarización con el movimiento.

#### 5. 4. 2.- Resultados generales del examen.-

Describiremos los datos generales, respecto a las pruebas de larga duración, a potencia constante, ya que hay numerosos datos aportados fundamentalmente por Sadoul y la Escuela de Nancy, precisamente utilizando el Metabógrafo de Fleisch y

el cicloergómetro, datos que están en concordancia con los nuestros.

En estas pruebas se establece un estado constante, es decir, un estado de equilibrio bien soportado y juegan el papel principal los parámetros respiratorios, circulatorios y sanguíneos, en las condiciones en las que se establece el régimen estable. Por otra parte, este tipo de pruebas, es difícil de realizar, puesto que se necesita control contínuo de los parámetros respiratorios.

Las pruebas de corta duración, que se proponen observar las reacciones - del organismo, ante un esfuerzo breve, son especialmente interesantes para el estudio de la  $VO_2$  y se vienen realizando y estudiando cuidadosamente en la actualidad.

Por lo tanto, para no perder visión de conjunto, revisaremos los datos sobre los distintos parámetros, en ambos tipos de pruebas; de larga y corta duración.

Es más lógico agruparlas de esta forma, ya que las pruebas de larga y corta duración tienen una zona común, en la que adaptación e inadaptación al esfuerzo, se superponen.

Las gráficas de los distintos autores, las sustituímos por las nuestras, siempre que nos es posible.

#### **Parámetros respiratorios.**

**La ventilación.- Pruebas de larga duración.-** Cualquier trabajo muscular provoca un aumento en la ventilación (V), en relación al nivel de reposo.

La hiperventilación alcanzada durante el ejercicio depende de numerosos fac-

tores, tales como: las características del ejercicio (duración, potencia, masa muscular, etc.) y de la manera en la que el sujeto soporte el ejercicio (edad, entrenamiento, etc.). Astrand (1952); Astrand (1960).

De todos los parámetros respiratorios, la ventilación es la que se estabiliza más rápidamente. En la práctica, para una prueba de larga duración, el perfil de la curva de ventilación, es distinta según que el trabajo sea o no bien soportado.

En un ejercicio submáximo bien soportado, se atraviesan los períodos clásicos por los distintos autores descritos, que son: período de adaptación, equilibrio y recuperación. Desjourns (1964). (fig. 1 ). El período de adaptación representa el tiempo que el individuo utiliza para llegar al estado "estable" o de equilibrio, y se caracteriza por un aumento progresivo de la ventilación.

Sin embargo, la hiperventilación en el ejercicio, es muy precoz y aparece casi instantáneamente, con el primer ciclo ventilatorio que sigue al ejercicio. Desjourns, J. (1954); Asmussen, E. y Nielsen, M. (1948), dato puesto en duda recientemente por Willian L. Beaver (1968), aunque se acepta generalmente.

En realidad esta abrupta subida no se observa siempre. En los sujetos poco entrenados, la atención prestada a la ejecución del movimiento, hace que aparezcan períodos de apnea y ventilación irregular. Lo que sí puede afirmarse, es que la ventilación aumenta de una manera rápida y que se continua más lentamente, hasta llegar a pasar al período de equilibrio, diseñando una curva logarítmica. Durand (1967), aunque en nuestros esquemas se representa como una recta.

Es, pues, muy difícil de apreciar el paso de período de adaptación al de estado o equilibrio.

La duración de este período es variable, muy corta si el trabajo es mínimo y no hay problema para llegar al estado de equilibrio. Sin embargo, en trabajos submáximos, es larga y de gran duración, hasta que alcanza el período de estado.

En los trabajos máximos, es muy larga (hasta 10 y 12 minutos) y en los supramáximos, no se alcanza nunca el período de estado.

La rapidez de establecerse la hiperventilación en el ejercicio, ha dado lugar a las teorías expuestas en otro capítulo, sobre la producción de la misma; - fundamentalmente los estímulos propioceptivos. Sin embargo, *Sipple y Gilbert (1966)* y *Craig y Cols (1963)*, no encuentran un estímulo propioceptivo proporcional a la frecuencia de movimiento. *Cray (1960)* y *Craig y Cols (1963)*, no encontraron normalmente en los primeros diez segundos de ejercicio en cicloergómetro, incremento significativo de la ventilación. Ellos concluyen que, los movimientos de los miembros y la asociación de zonas reflejas, de músculos, articulaciones, no son estimuladoras generales de la respiración.

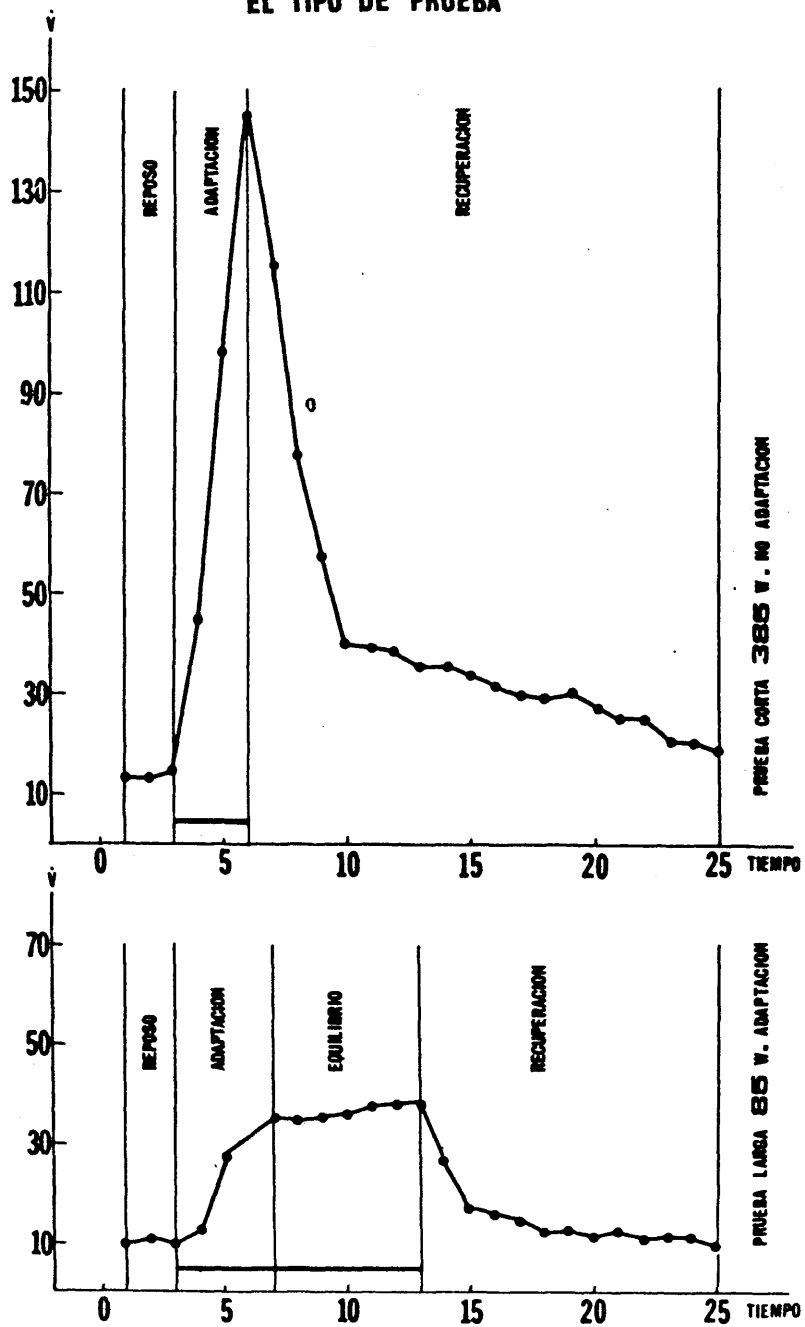
*Wasserman y Cols (1967)*, observan que hipernea y transporte de  $\text{CO}_2$  - tienen una correlación justa, sugiriendo que la ventilación debe estar de alguna manera controlada por factores metabólicos no bien definidos. *Comroe (1967)*, encuentra el incremento de la ventilación inmediato al comienzo del ejercicio - pasivo, en el hombre, pero al final el decremento inmediato es poco evidente.

El período de adaptación corresponde a la clásicamente llamada, fase - anaeróbica de la contracción muscular.

Puede observarse en la gráfica (fig. 1 ) la diferencia entre el período de adaptación en un sujeto con prueba corta y otro con prueba larga.

FIGURA 1

COMPORTAMIENTO VENTILATORIO SEGUN  
EL TIPO DE PRUEBA



El período de equilibrio o de régimen estable (steady state), es el que clásicamente corresponde a la llamada fase aeróbica de la contracción muscular, el trabajo se soporta muy bien y hay adaptación. Esta fase se describe como horizontal casi perfecta, cuando el trabajo está bien soportado. En la realidad adopta la forma de la gráfica (fig. 1 ).

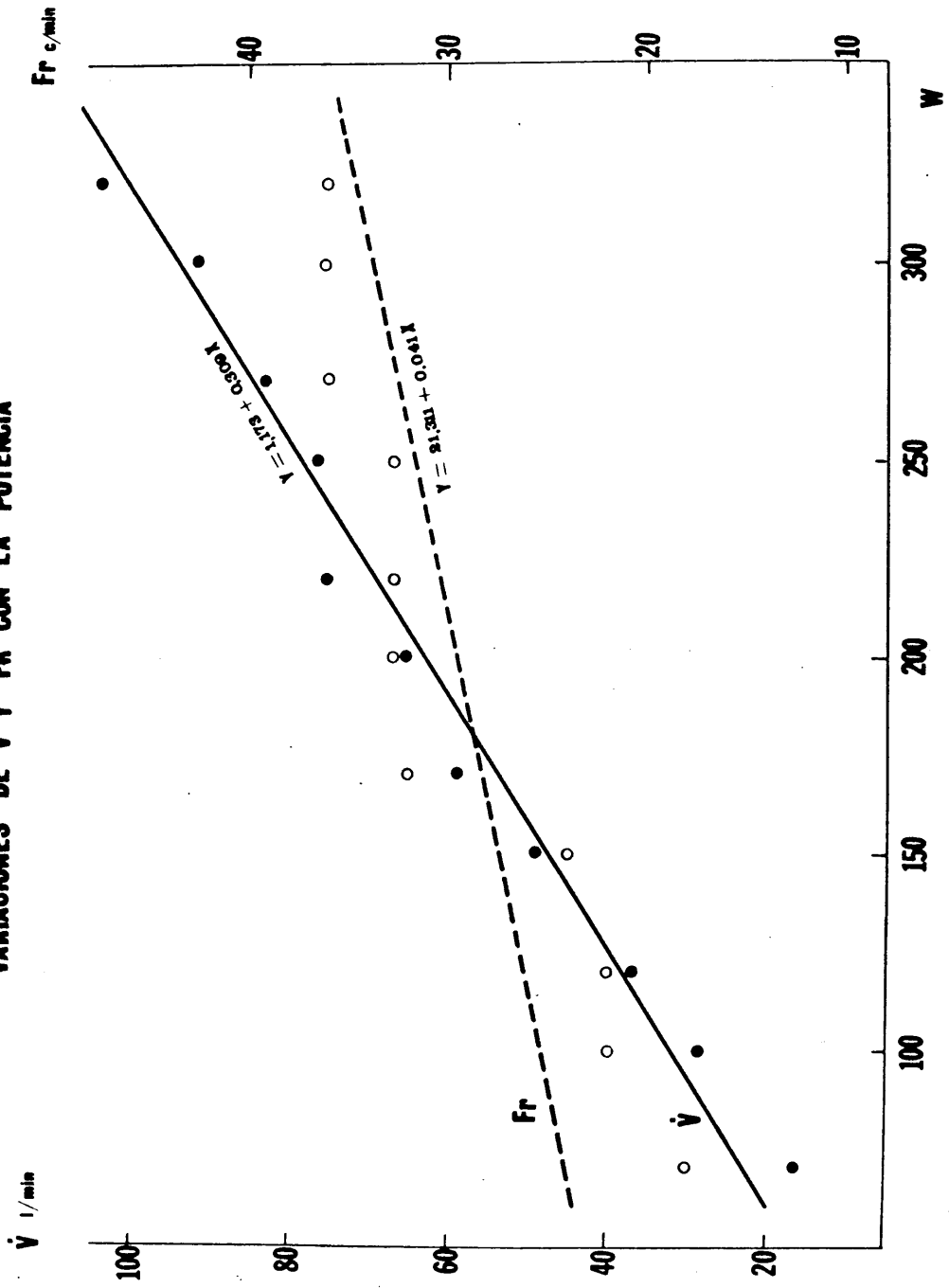
A medida que la potencia va siendo más alta, la horizontalidad de la fase de equilibrio, es más discutible. Sadoul y Cols (1958) ha definido arbitrariamente u lo admite por convención, que debe tener la ventilación una variación inferior al 10% en diez minutos, para hablar de régimen estable aproximado.

Como la ventilación tiene relación lineal con la potencia (fig.16), es normal que los períodos estables, con variaciones  $\pm 10\%$  en diez minutos sean difíciles de conseguir en la práctica, por no decir teóricamente imposible, especialmente en la exploración en atletas y sobre todo en pruebas de intensidad submáxima (a partir de las cuales comienza a ser interesante esta exploración).

La ventilación tiene oscilaciones periódicas e incluso, aunque la prueba sea claramente bien soportada, si se prolonga en el tiempo, se va teniendo una ascensión ligeramente progresiva.

Al final del ejercicio comienza la recuperación; la ventilación disminuye abruptamente, para después continuar más lentamente esta disminución, hasta alcanzar los valores de reposo, al cabo de un tiempo variable, en general de más de 10 minutos. Se ha indicado, Durand (1967), que el nivel de ventilación no alcanzado durante el período de adaptación y sin embargo necesario al organismo durante el comienzo del ejercicio, sería una "deuda ventilatoria", que se repondría con el exceso de ventilación observado al final.

Fig 16  
**VARIACIONES DE  $\dot{V}$  Y FR CON LA POTENCIA**



Cuando el ejercicio es tan intenso que el individuo no se adapta, se convierte el período de adaptación en una línea de subida abrupta, con la pendiente en relación con la cuantía de la inadaptación. El individuo está trabajando, - en gran parte, en anaerobiosis y tiene que cesar en el ejercicio por sufrir vértigos o mareos. Acabado el ejercicio, la recuperación adopta la forma normal, pero de más larga duración.

La diferencia entre un esfuerzo breve muy intenso (apto para el  $VO_2$  máximo) y una prueba extrema de inadaptación, es clara, pero los dos tipos de esfuerzo pueden tener sólo diferencias de grado, si no se aplican ajustándolos perfectamente al individuo (atleta o sedentarios).

La potencia o sobrecarga aplicada gráfico (16) hace aumentar, proporcionalmente la ventilación. El período de adaptación y el de recuperación se elevan en relación con la potencia.

La ventilación es el producto de frecuencia por volumen y es portanto una función geométrica de la potencia, su aumento es tanto más rápido cuanto más elevada sea la potencia.

El incremento de la potencia para Astrand (1970) es semilineal, mientras - que Fleisch (1959) y Durand (1967) lo califican de función geométrica de la potencia.

En la gráfica nuestra se ha hallado la ecuación de la recta, para la ventilación de un sólo individuo, como muestra.

Si a un individuo se le somete a potencias progresivamente más intensas, - en días sucesivos, Astrand, P.O. (1952); Asmussen, E. (1950), la rapidez en instau

rarse el período de estado, es mayor. La ventilación describe una curva parabólica y el sujeto, paradójicamente hiperventila relativamente más, para un ejercicio intenso que para uno moderado. Se precisa que la sensibilidad de los centros respiratorios, aumenta al mismo tiempo que la tasa de metabolitos producida. - Esto lleva a la idea discutida en otro capítulo de la Introducción (y que se cumple en realidad) de que la ventilación va siendo menos eficaz a potencias elevadas.

Si se examinan varias curvas de ventilación en distintos sujetos y a potencias crecientes, se observa una dispersión muy grande, que determina la respuesta personal de cada sujeto al esfuerzo, Durand (1967) y permite calcular la "potencia máxima soportada" si se comparan los resultados con las cifras standard o mejor con las curvas, de la Escuela de Nancy.

Realmente la P.M.S., es concepto interesante, pero actualmente se practica poco por ser prueba larga y complicada.

Las pruebas de corta duración, son interesantes desde el punto de vista de la ventilación. La ventilación conseguida en los 20 primeros segundos de esfuerzo, es sólo una parte del coste total de ventilación del ejercicio, por esta razón, el período de recuperación en las pruebas breves es importante, F.N., Craig y Cummings (1960).

Aunque el período de adaptación no sea completo y jamás aparezca un período "estable" verdadero, en la nomenclatura clásica, se pueden recoger abundantes datos.

Sjostrand (1953) y Wallund han realizado pruebas, que hoy día se pueden incluir perfectamente en las breves o de corta duración, como todas las aeróbicas

máximas, etc., puesto que los autores no buscaban el período de equilibrio en manera alguna.

Es decir, se puede considerar una prueba breve, cuando no se busca el período de equilibrio. Es una prueba en escalones de 6 minutos empezando - por 40-50 vatios y aumentando cada escalón en 50 vatios, según la reacción del individuo a la potencia inicial. Cuando llegaba a las 170 pulsaciones o a la cifra de 30 respiraciones por minuto, se detenía la prueba. Proponen estos autores que, todo sujeto que interrumpa su trabajo antes de los 155 vatios, por alcanzar alguno de los parámetros medidos, la magnitud comentada, tienen débil capacidad de trabajo.

Estos datos no coinciden con la P.M.S. de los autores franceses, que - buscan el steady state, en los escalones de esfuerzo.

Como vemos, la frecuencia ventilatoria, ha sido parámetro estudiado fácilmente como factor determinante de la ventilación.

Hoy día la ventilación, estudiada directamente (Metabógrafo de Fleisch), tanto en pruebas cortas como largas, nos da una información más compleja, pero más exacta.

Hugh-Jones (1952), con un tipo de prueba rectangular de 350 kpm/min, es decir, unos 60 vatios, durante 5 minutos, señala como valores ventilatorios - interesantes para obtener de las pruebas de corta duración, los siguientes: ventilación extra, número de litros de aire ventilados por encima del nivel de reposo. y durante el ejercicio, la:

$$\text{Ventilación extra estandarizada (E. V. S.)} = \frac{\text{ventilación extra global}}{\text{duración del trabajo}}$$

la EVS + Ventilación de reposo, será la por él llamada V. estandarizada (VS)

Si la VS es igual a la V medida durante el periodo que consideramos como estable, es indicio de que tal régimen existe. De ser mayor, el régimen estable no existiría.

En general la ventilación en las pruebas cortas, se considera **Astrand (1970)** siempre en relación con la  $VO_2$ , con la que tiene positiva correlación.

**Astrand (1970)**, dice que la ventilación máxima pulmonar, es en la actualidad un parámetro no bien definido y que para obtenerlo la motivación es fundamental.

#### La eliminación de $CO_2$ ( $VCO_2$ )

El estudio de este parámetro, es escaso, en la valoración respiratoria. Siempre se considera en relación con el  $VO_2$ , en el QR. Actualmente la atención masiva prestada a las pruebas aeróbicas, en las que en su mayoría no se analiza el  $VCO_2$ , en el aire espirado, sino la  $PCO_2$  en sangre arterial. La Escuela de Nancy, **Durand (1967)**, se ocupa de este parámetro, dándole importancia.

Es interesante no sólo como valor absoluto, sino como parámetro de referencia y porque constituye uno de los componentes del QR.

En el período de adaptación, la curva de  $VCO_2$  sigue casi paralela a la de  $O_2$  pero con algo de retraso; en el período de estado, al que llega más tarde que el  $O_2$ , **Durand (1967)**, se mantiene con tendencia sensiblemente paralela al  $O_2$ .

En la recuperación, vuelve a las cifras basales rápidamente, aunque más lentamente que para el  $O_2$ . **Nosotros (1967)**, encontramos que entre el 5° y 10° minuto de la recuperación, se normalizaba el  $VCO_2$  del 65% de los sujetos, mientras que en el mismo tiempo lo hacían el 90% de los sujetos para el  $VO_2$ .

Las cifras de  $VCO_2$  crecen en relación lineal con la potencia del ejercicio, Durand (1967), Nosotros (1967).

Sin embargo, según Durand, con potencias superiores, 200 vatios o más, las rectas de  $VO_2$  y  $VCO_2$  se cruzan.

Parece comprobado que para un mismo esfuerzo, los individuos entrenados eliminan menos  $VCO_2$  que los que no lo están.

Las anteriores referencias, son en general de pruebas consideradas como "largas", en las que hay período de equilibrio.

En las pruebas cortas se valora poco el  $VCO_2$  y en la literatura no hay referencias específicas.

**El consumo de oxígeno.-** La ventilación nos indica bastante fielmente, la forma en que el sujeto soporta una tarea. El consumo de oxígeno, representa el gasto energético del organismo para el trabajo.

Tiene mucha relación con las características del trabajo muscular. En las pruebas de larga duración, tenemos que considerar varios factores; la duración del ejercicio. Tanto si el ejercicio es bien soportado, como si no lo es, los períodos clásicos de adaptación, estado y recuperación, aparecen claramente respecto a la

toma de oxígeno.

El período de adaptación se caracteriza por un aumento progresivo del consumo de oxígeno. Esta elevación es más abrupta que la de la ventilación - y en los primeros minutos del trabajo llega al valor máximo, para la potencia determinada. Corresponde a la fase inicial del trabajo muscular, en la que el - organismo contrae una "deuda de oxígeno".

El período de equilibrio, se caracteriza por una línea muy horizontal, siempre que el trabajo sea de potencia constante y la altura del escalón de - consumo, depende de la potencia y no de la forma en que el sujeto soporte el trabajo, el período tiende a la horizontal ya sea soportada o no.

No puede afirmarse que este período sea estrictamente fase aeróbica.

El período de recuperación, sigue a la cesación del trabajo, en el que se paga la deuda de oxígeno. En pruebas con potencias medias (100 Watt.), - **D. Durand (1967)** encuentra un error del 6% en la valoración de la deuda de oxígeno y del 13% en las pruebas máximas (140 watt y más). Estos errores - pueden deberse a los aparatos utilizados, puesto que es muy difícil medir exac tamente las variaciones instantáneas de la  $VO_2$ , sin embargo estadísticamente - la exactitud es suficiente.

Es decir, que el concepto clásico de "deuda de oxígeno" continúa tenien do su valor, pero como un parámetro más, incierto y que hay que añadir junto con otros valores más exactos ( $V$ ,  $VO_2$ , etc.).

En la recuperación, **Nosotros (1967)**, encontramos para el  $VO_2$  en prue- bas de escalón de larga duración, recuperación del 46% de los sujetos entre el

1º y 5º minuto del final del ejercicio y 46% entre el 5º al 10º minuto.

En cambio la  $V$ , entre el 1º y 5º minuto se recuperó completamente sólo en el 6% de los sujetos, y entre el 5º y 10º el 30%, lo que coincide con lo expuesto.

La potencia de trabajo es estrechamente solidaria con la magnitud alcanzada por la  $VO_2$ . Mientras que la ventilación varía como una función curvilínea de la potencia; la  $VO_2$  es función lineal de esta misma potencia. Astrand (1952); Taylor, H.L. (1955); Galletti, P.M. (1956); Sadoul, P. (1958); Astrand, P.O. - (1961); D. Durand (1967); P.O. Astrand (1970).

Es por tanto representable por una recta, en la que el  $VO_2$  aumenta aproximadamente 250 ml por cada 20 vatios de potencia Durand (1967).

El gasto energético del organismo, representado por su  $VO_2$ , depende directamente de la potencia desarrollada en el trabajo. Los 250 ml de  $VO_2$  que se considera en el metabolismo en reposo, vendrían a corresponder a 20 vatios.

Sería lógico pensar que el crecimiento rectilíneo y regular de la  $VO_2$  con la potencia, continuaría insensiblemente, hasta el máximo  $VO_2$ , pero realmente, no puede en la práctica de las pruebas largas cumplirse, puesto que la propia definición de  $VO_2$  máximo corresponde a un trabajo exhaustivo, que sólo puede mantenerse muy corto tiempo.

Sin embargo, el crecimiento de la  $VO_2$  continúa y en relación con la potencia, hasta llegar a la P.M.S. según la terminología de Sadoul y Cols., demuestra que aún no coincidiendo, desde luego, la PMS con la  $VO_2$  máx. que pueda alcanzarse.

Son muy interesantes las variaciones, en el consumo de oxígeno, que podríamos llamar "personales" o "características" del sujeto. Las cifras de  $VO_2$  para un mismo trabajo realizado por distintos sujetos, tienen una dispersión relativamente pequeña, 5 a 7% Durand (1967), lo que en biología es una dispersión pequeña. No ocurre así, como hemos visto, con la ventilación.

Varios son los factores fisiológicos que se vienen invocando, para explicar fenómenos, como por ej.: dos individuos trabajando a 140 vatios, uno gasta 2000 ml./min. de  $VO_2$  y el otro 2500 ml./min. Si se calcula el rendimiento del trabajo, (con una de las dos fórmulas de uso práctico, Astrand, Sherrer, Durand,) relacionando el incremento de potencia y el incremento de  $VO_2$ . Con las correspondientes transformaciones, 1 l. de  $O_2$  = 4,8 calorías, etc., veremos que para una misma potencia, dos individuos tienen rendimientos diferentes. Si conocemos el grado de entrenamiento de los sujetos, todo ocurre, como si los bien entrenados realizaran un trabajo más económico: mayor rendimiento, menor consumo de oxígeno, más rápida recuperación. El problema de la limitación del esfuerzo por la ventilación y por lo tanto, el trabajo respiratorio, más alto para un sujeto no entrenado, sin duda tiene importancia. Astrand (1952). Para Nielsen (1936) hasta el 9%; para Otis (1954) hasta el 30% de energía gastada en la ventilación, según la magnitud; pero en realidad no se comporta en condiciones normales como limitante más importante.

Pero actualmente, se piensa que una mayor costumbre de ejercicio físico, un mayor entrenamiento, hace que se utilicen los grupos musculares mejor, haciendo funcionar justamente los músculos indispensables para el trabajo, sin derrochar energía inutilmente.

Es decir, la destreza, la habilidad mayor, junto con un trabajo ventilatorio menor, son posiblemente la clave para la menor  $VO_2$  en los sujetos más aptos y

su mayor rendimiento.

En las pruebas de corta duración, dos parámetros tienen hoy día valor práctico; la deuda de oxígeno y el  $VO_2$  máximo.

En un esfuerzo con período de régimen estable, sólo se contraerá deuda, durante el período de adaptación (deuda elástica).

Sin embargo, en un esfuerzo en el que no se alcanza el período de estado, se estará contrayendo una deuda durante todo el tiempo real que dure el ejercicio, y habrá un incremento en la cantidad de lactatos, (deuda láctica). Es decir, en el trabajo muy pesado los procesos anaeróbicos deben suplir parte de la energía durante la primera fase de adaptación del ejercicio y se produce gran cantidad de ácido láctico. Este último caso es el de las pruebas severas y cortas, tales como las que se utilizan hoy día para hallar el  $VO_2$  máx., llamado también "maximal aerobic power".

En el caso de los esfuerzos con período de estado o equilibrio, la recuperación es rápida. En los que no hay período de estado, el reembolso de la deuda, es mucho más largo.

En el sujeto normal, la deuda de oxígeno aumenta con el incremento de la potencia.

La deuda disminuye con el entrenamiento y para un esfuerzo dado, un sujeto bien entrenado contrae menos deuda que uno no entrenado; y es capaz también de soportar un ejercicio mayor y contraer una deuda de oxígeno más elevada, Denolin (1957).

La deuda de oxígeno representa sobre todo, la adaptación del gasto cardíaco al ejercicio muscular. Es decir, el aparato respiratorio es suficiente para el aporte de oxígeno, pero el aparato cardiovascular marca primero el límite.

El  $VO_2$  máximo o maximal aerobic power; maximal working capacity; aerobic capacity; capacité aérobie; maximal oxygen intake; prise maximale d'oxygène, sinónimos todos ellos en la literatura, se define como la mayor cantidad de oxígeno que un sujeto puede consumir en la unidad de tiempo (1 minuto).

Anteriormente hemos analizado las múltiples formas de conseguir este tipo de esfuerzos, necesarios para alcanzar la  $VO_2$  máxima, que están muy por encima de la PMS de Sadoul, y que son exhaustivos, soportados sólo por breve tiempo (de 2 a 6 minutos generalmente) y que se realizan tras un período de calentamiento. Procediendo de esta forma, como antes señalábamos, la  $VO_2$  aumenta como una función lineal de la potencia, hasta un cierto punto solamente. Al llegar a este límite, si la potencia continua aumentando, la  $VO_2$  no lo hace y se establece una meseta con tendencia a decrecer, Astrand (1970).

Esta meseta o su cumbre, corresponde por definición al  $VO_2$  máx. Para Holmgren, A. y Cols (1958), se acompañará de una desaturación oxihemoglobínica de la sangre.

Los valores más elevados sobrepasan los 5 litros/min., excepcionalmente los seis litros minuto.

Los records fueron encontrados por Robinson, Edwards y Dill (1937), con 5,35 l/min y 81,5 ml/kg/min.

**Astrand (1955)**, con 5,88 l/min y 81,7 ml/kg/min.

**Saltin y Astrand (1967)**, hallan cifras de verdadero récord, en valores absolutos de  $VO_2$  máximo, con 6,17 l/min y 70,9 ml/kg/min y refiere un resultado de 5,66 l/min y 85,1 ml/kg/min, también esta última cifra récord.

Todos los anteriores resultados han sido hallados en varones.

Los valores se expresan normalmente, no sólo en valor absoluto, sino en relación al peso del individuo y en algunos autores en relación a superficie corporal.

Los valores oscilan, para atletas masculinos: **Astrand, P.O. (1961 a 197)**, 57,6 ml/kg/min y 58,6, en distintos grupos; **Costill y Fox** en maratonianos miden 71,4 ml/kg/min, **Hermansen y Andersen** 71,0 ml/kg/min, **Magel y Andersen** para individuos desentrenados halla 47,8 ml/kg/min, según datos de **Mathews (1971)**; **Michael G. Marksud y Cols (1970)** en patinadores masculinos halla 56,1 y en femeninos 46,1. Nosotros como expresamos en los resultados hallamos 55,4 en atletas.

Durante el trabajo pesado, la capacidad de trabajo de los individuos, depende enormemente de su habilidad, para la toma, transporte y liberación de oxígeno en el músculo que está trabajando.

Hay una alta correlación entre el volumen minuto máximo y la máxima potencia aeróbica ( $VO_2$  máx) **Astrand (1970)**.

Por consiguiente, el  $VO_2$  máx., es probablemente el mejor test de laboratorio para el physical fitness, entendiendo éste como la capacidad del individuo

de prolongar un trabajo pesado.

También hay correlación alta, entre el  $VO_2$  máx y el trabajo total producido Astrand (1970).

Es pues el límite del gasto cardíaco, lo que limita el ejercicio a primera vista, puesto que los parámetros ventilatorios serán suficientes en todo caso.

Astrand (1952), cita como el gasto de sangre en los capilares musculares, es un factor limitante esencial y el corazón tiene posibilidad de aumentar el caudal a los músculos, que éstos no son capaces de recibir. Por esta razón, hay que pensar, que sólo en circunstancias desfavorables es el gasto cardíaco el esencial, - puesto que antes lo sería la circulación muscular periférica, la limitante. En todo caso, entre los factores respiratorios la ventilación (V) puede crecer más de 20 - veces, mientras que la circulación sólo 6 ó 7 veces.

Los dos tercios de la toma de oxígeno máxima ( $VO_2$  máx.), representa el trabajo aeróbico máximo para Margaria y Cols (1933), o el 80% de este valor - para Astrand (1952).

Aunque estas cifras son aproximadas, parece evidente, que midiendo la  $VO_2$  se puede deducir la PMS.

No obstante, Astrand y Ryhming (1954), en su famoso nomograma, posibilitan el hallazgo de la  $VO_2$  máx teórica, por su relación con peso corporal y - altura y niveles de potencia de trabajo estandard.

Los equivalentes y el cociente.- Se distinguen; el Equivalente ventilatorio para el oxígeno,

$$Eq O_2 = V/VO_2$$

y su inversa o coeficiente de utilización del oxígeno:  $C.U. O_2 = VO_2/V$ .

Estas relaciones indican en alguna manera datos sobre la ventilación perfusión de los pulmones.

El Eq es también un "coeficiente de disnea", puesto que un sujeto está más disnéico, en tanto su equivalente sea más elevado. En las pruebas rectangulares el Eq en el período de adaptación disminuye, porque el  $VO_2$  aumenta más rápidamente que la V. Después al aumentar la ventilación y en el período de equilibrio estabilizarse, el Eq se estabiliza.

En las pruebas de escalón crecientes, pero bien soportadas, el  $VO_2$  es una función lineal de la potencia, mientras que la V es una función logarítmica, la relación entre las dos (Eq.) es una función logarítmica de la potencia.

En individuos normales, el Eq es menor de 30, cuando el trabajo es bien soportado. En atletas bien entrenados, las cifras son más bajas aún que en el reposo, del orden de 24-25. En sujetos patológicos puede subir el Eq hasta 35-40, con ejercicios relativamente tolerados.

Es decir, lo mismo que para la V, el Eq será, para una potencia dada, tanto más bajo cuanto mejor entrenado esté el sujeto.

En las pruebas cortas e intensas, hay pocos datos del Eq, porque es muy difícil estabilizar la ventilación y actualmente se mide sólo el  $VO_2$  máx. No obstante, puede sobrepasar el Eq. la magnitud de 30, en el instante del  $VO_2$  máx., en nuestra experiencia.

El Eq respiratorio para el  $CO_2$   $Eq CO_2 = V/VCO_2$  según Durand (1967)

es más elevado que el  $\text{EqO}_2$ , cuando el QR. es menor de 1 el cociente respiratorio QR.

La evolución de este parámetro, está en estrecha relación con los componentes del mismo. En el período de adaptación, la eliminación de  $\text{CO}_2$  está retardada respecto a la del  $\text{O}_2$ , por tanto el QR tiende a disminuir.

En el período de equilibrio, en el ejercicio bien soportado, es inferior a la unidad.

Si se aumenta la potencia, hasta una cifra cercana a la PMS, *Durand (1967)* puede llegar a 0,96-0,98.

En las pruebas cortas y máximas del tipo del  $\text{VO}_2$  máx, sobrepasa esta cifra.

Los atletas en pruebas severas (PMS), tienen cifras más bajas de QR (0,90) *Durand (1967)* y crece en todo caso más lentamente.

En el período de recuperación ocurre algo parecido al de adaptación, puesto que la eliminación de  $\text{CO}_2$  es más tardía que la recuperación de  $\text{VO}_2$ . *Notoros (1967)*, encontramos entre el 5º y 10º minuto, la recuperación del 65% de los sujetos para el  $\text{VCO}_2$ , por tanto al principio de la recuperación, el numerador de la fracción será pequeño y por tanto el QR tenderá a disminuir, al ser la  $\text{VO}_2$  mucho mayor. *A.V. Hill (1923)*.

En las experiencias de *Margaria (1933)*, el QR aumentaba inmediatamente después del ejercicio exhaustivo.

La noción clásica de que el aumento de QR es revelador, de que el organismo utiliza glúcidos preferentemente a otros principios inmediatos, en el trabajo muscular, se cumple perfectamente al parecer.

Para **Consolazio (1971)**, el QR no cambia durante el trabajo moderado, - pero se incrementa considerablemente durante el ejercicio severo (tanto como hasta 1,50); **A.V. Hill (1923)** dá cifras de QR de 2,6 en ejercicios de esfuerzo muy violento.

La cuantía de QR durante el ejercicio y sus relaciones metabólicas ha sido referida por muchos investigadores; **A.V. Hill (1923)**; **C.F. Consolazio (1971)**; y en la revisión de **E. Asmussen (1965)** se estudian los trabajos fundamentales de **Krogh, A. (1920)**; **Christensen, E.H. (1939)**; **Back (1928)** y **Benedict, F. (1913)**.

Muchas soluciones han sido dadas para este aumento del QR, en el ejercicio: a) dieta del sujeto; b) intensidad de trabajo; c) duración del trabajo **Asmussen (1965)**; **Froberg, S.O. (1969)**. Para **Consolazio (1971)**: a) incompleta recuperación; b) aluvión de CO<sub>2</sub> debido a la acumulación de ácido láctico e hiperventilación; c) un cambio en el QR basal debido al incremento de utilización de carbohidratos; d) conversión de H de C en grasa; e) una indicación de los límites de las funciones óptimas respiratoria y cardiovascular.

La noción clásica de **Hill (1923)**, del desplazamiento del CO<sub>2</sub> del bicarbonato, por el láctico para formar lactatos y la producción de un exceso de CO<sub>2</sub>, es perfectamente válida hoy día.

Como el trabajo físico es incrementado por los músculos, la energía producida es por la desintegración de glicógeno en los mismos. El ácido láctico producido es oxidado a un QR de 1,0, en bastante cantidad durante el trabajo de los -

músculos, en ellos mismos y lo demás en el resto del organismo. (*Consolazio, 1971*).

La explicación a estos hallazgos, es que el incremento del QR, es paralelo a la concentración de ácido láctico, lo que depende de la tensión de  $O_2$  del aire inspirado, el physical fitness del sujeto y de la magnitud de los grupos musculares ejercitados, (*Lundin, G. y G. Strom, 1947; Conzolacio, - 1971*).

### **1. 6.- Plan de trabajo**

Conocida la complejidad del problema de Valoración de la Condición Biológica en su totalidad; nos centramos en uno de los apartados, "Metabografía de Esfuerzo".

El planteamiento fundamental ha sido: normalizar las pruebas de aptitud a realizar para la población española con la que trabajamos; universitarios jóvenes en buena condición y atletas, para obtener la sistemática futura a aplicar, en nuestro medio y en el deportivo de élite.

El análisis de los resultados de Metabografía de Esfuerzo, para señalar el nivel de aptitud de cada individuo, en relación con su grado de entrenamiento.

De acuerdo con este plan, se han realizado los siguientes grupos de pruebas:

**Pruebas rectangulares con distinto coeficiente de carga por kg. de peso**

**Pruebas largas de carga creciente**

**Pruebas de movimiento corporales, tipo escalón**

**Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima**

**Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vagotónico.**

El problema del brusco tirón vagal que aparece después de la apnea, tanto inspiratoria como espiratoria, nos llevó a realizar pruebas Metabográficas para tratar de hallar la relación del "tirón vagal" con el nivel de aptitud física, ya que parecía de gran interés.



## II.- MATERIALES Y METODOS

### II. 1.- Características de los grupos experimentales.-

Se ha trabajado sobre un grupo de varones adultos, universitarios, en buen estado de salud y con buena forma física.

Uno de los grupos lo separamos, por ser atletas en buen grado de entrenamiento y condición física superior a la media universitaria.

Para realizar el conjunto de pruebas se eligieron 230 exploraciones completas de Metabografía, del conjunto de las exploraciones estudiadas entre 1968 y 1971 (cursos académicos), de ellos 200 Metabografías corresponden a varones universitarios adultos no atletas, pero con buena forma física, y 30 a atletas universitarios adultos en buen grado de entrenamiento.

La mayor parte de los individuos, son estudiantes de medicina, pero tanto éstos como los de otras especialidades, responden siempre a una mismas características generales.

El grupo de no atletas, tenían una edad medio de 20, 87 años, con un peso de 67,29 kgs., una talla de 172,77 cms. y un pulso basal de 88 p/min.

En la tabla núm. 2 se expresan la media, desviación estandar y error estandar.

El grupo de atletas, tienen edad media de 21, 67 años, un peso de 68,27 kgs., talla de 175,00 cms. y un pulso basal de 59,87 p/min.

**TABLA 2**  
**Características de la población utilizada**

	No atletas	Atletas
<b>EDAD</b> años	20.87 ± 0.27 <sup>①</sup>	21.67 ± 0.72
<b>PESO</b> kilos	67.29 ± 0.48 [140]	68.27 ± 2.22
<b>TALLA</b> cms	172.77 ± 1.22 <sup>②</sup>	175.00 ± 5.65 <sup>②</sup>
<b>PULSO</b> p/min	69.57 ± 0.79	59.87 ± 2.60

① Media ± error estándar  
 ② N° de casos

En la tabla núm. 2, se expresan la media, desviación estandar y error estandar.

Los histogramas de peso, talla, edad y pulso, han sido realizados tomándolos en conjunto, como un sólo grupo. Gráf. (1, 2, 3, 4).

El hecho de utilizar estudiantes universitarios en buena condición física, hace que no puedan extenderse las conclusiones, en cuanto a magnitudes y parámetros a una población española en general. Pero la sistemática de exploración si puede serlo.

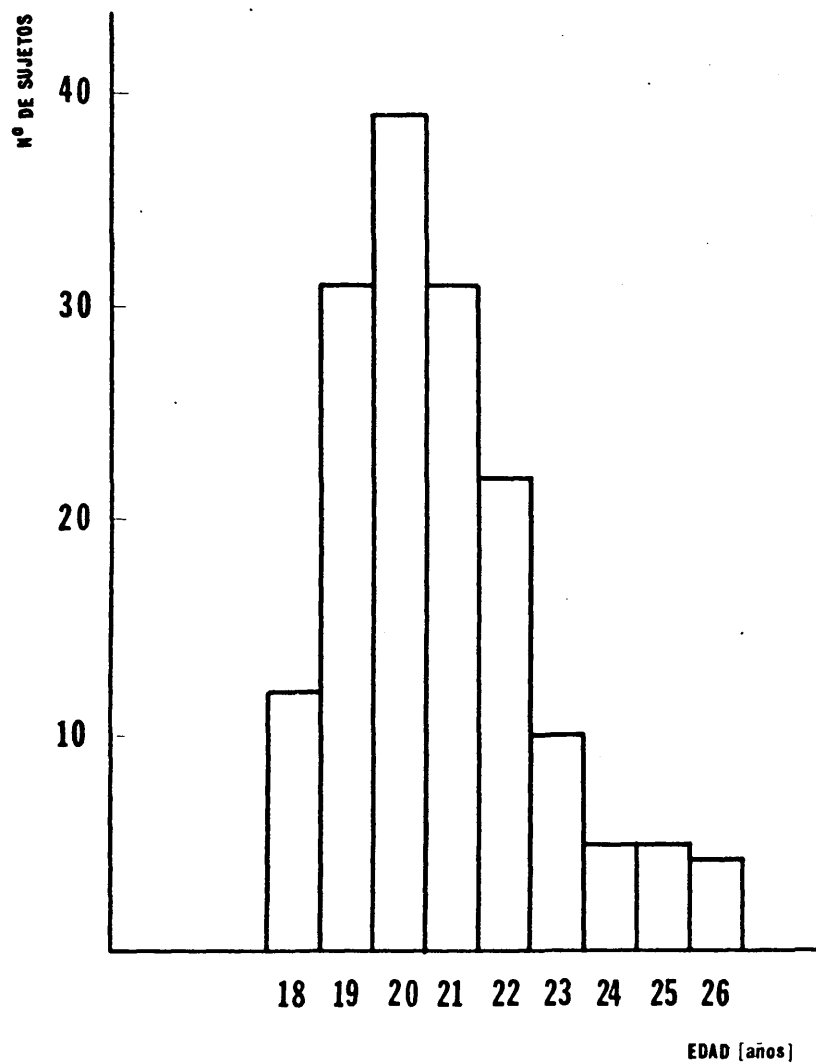
Las conclusiones en cuanto a metodología y resultados numéricos, son aplicables para individuos en los mismos rangos de edad, peso, talla, pulso y condición física. Este último hecho es interesante, puesto que nos permitirá comparar en el futuro la sistemática y resultados, con los grupos de atletas de las diferentes especialidades, que tengan las mismas características generales.

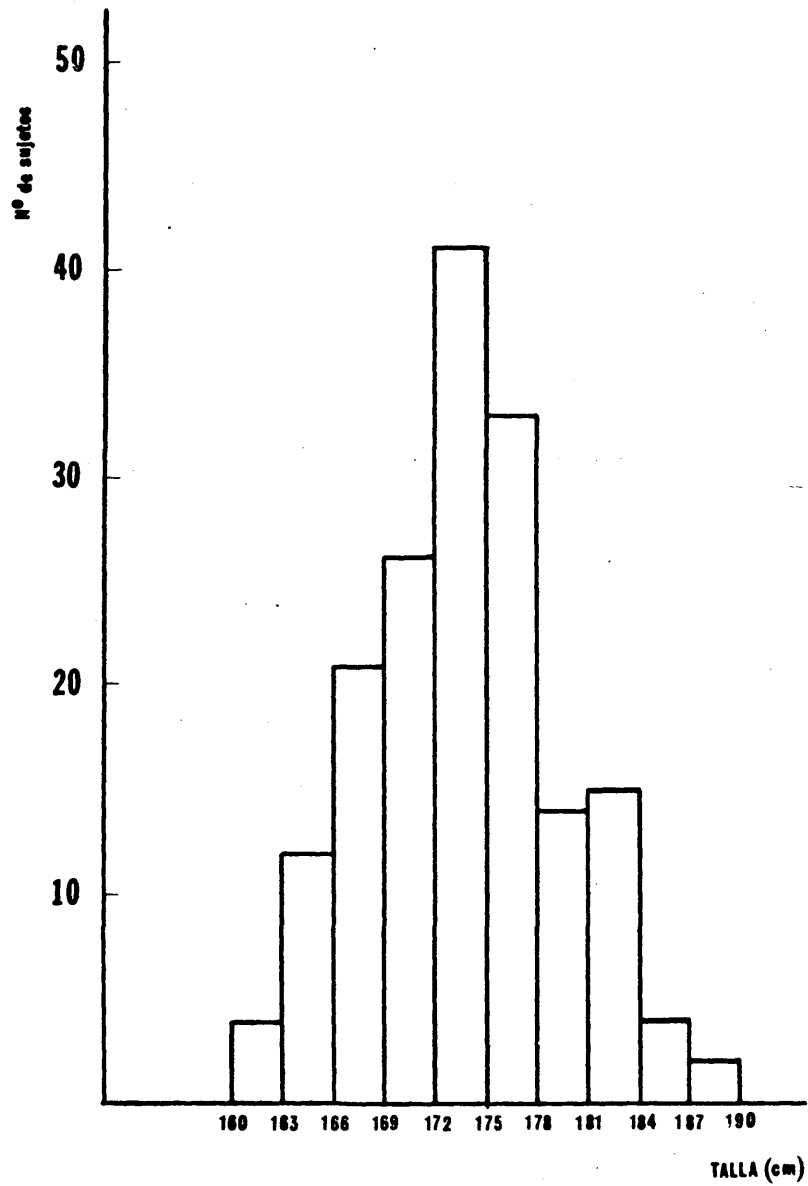
## **II. 2.- Métodos.- Tipos de pruebas realizadas.-**

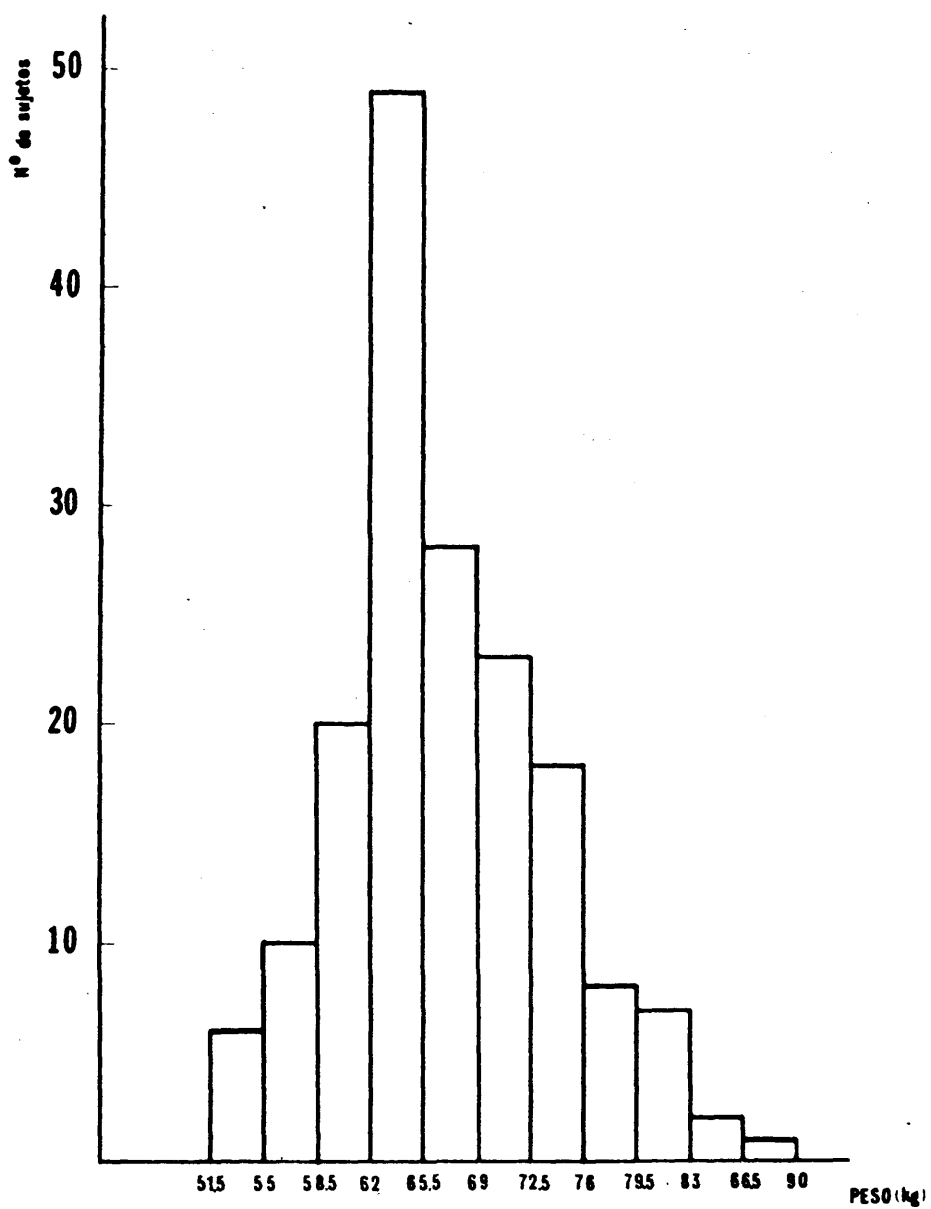
Se realizaron cinco clases de pruebas, para conocer la respuesta a los distintos tipos de sobrecarga, que relacionamos a continuación.

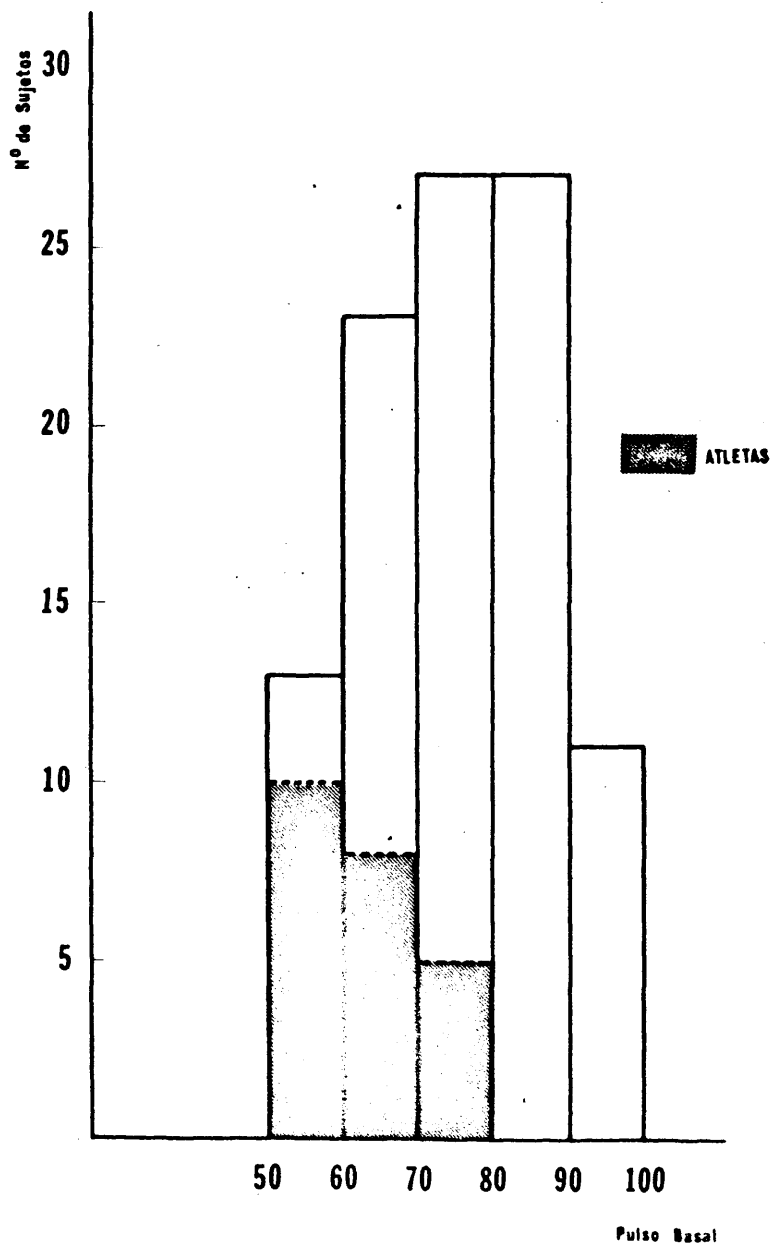
### **2.1.- Pruebas rectangulares con coeficiente de carga proporcional al peso.-**

- Realizar una prueba rectangular, que no tratara de forma discriminada a los distintos sujetos, nos llevó a aplicar un coeficiente en vatios (2,5 Watt.) por kilogramo de peso bruto corporal. De esta forma, se sobrecarga a los individuos de manera proporcional al peso.

**GRAFICA 1****Distribucion de frecuencias de  
Edades**

**GRAFICA 2****Distribucion de frecuencias de  
Tallas**

**GRAFICA 3****Distribucion de frecuencias de Pesos**

**GRAFICA 4****Distribucion de frecuencias de pulso basal**

Se realizaron las pruebas sobre 30 individuos no atletas, elegidos aleatoriamente entre estudiantes de medicina. Sus características generales se expresan en la tabla común.

Una vez hallada la potencia a aplicar y familiarizado con el aparato - (mascarilla, etc.), se realizaba, previamente al esfuerzo principal, un periodo de calentamiento con potencia de 50 vatios en cicloergómetro de 3 minutos de duración. A continuación, la potencia a aplicar se alcanza paulatinamente a lo largo del primer minuto de la prueba, con objeto de que el individuo pueda alcanzar la potencia escogida con facilidad, comenzando desde 50 vatios, que se considera como el punto de partida.

Una vez iniciado el ejercicio, el individuo continua, el mismo trabajo - hasta su agotamiento.

Se tomaban constantes respiratorias (Metabógrafo) y circulatorias (electrocardiograma).

Durante el periodo de recuperación, se recogían los parámetros durante 10 minutos habitualmente.

## **2. 2.- Pruebas largas de carga creciente.-**

Se han realizado sobre un total de 117 individuos, de los cuales 17 son atletas y 100 no lo son; las características generales de ambos grupos son las de la tabla.

Se les aplicó una prueba rectangular de carga creciente, en la progresión siguiente de potencias; expresadas en vatios:

50 – 80 – 100 – 120 – 140 – 160

La duración de cada escalón era variable, pero solo se pasaba al escalón siguiente si se producía una adaptación buena:  $\pm 15\%$  de variación en el  $\dot{V}O_2$  y  $\dot{V}$ , QR 1, EQ  $O_2$  30 se vigilaba también el espirograma para mayor seguridad.

Si el individuo se adaptaba bien a la potencia del escalón, se le pasaba al siguiente.

Esta metodología hace que no se obtengan duraciones rigurosamente exactas en los escalones; pero es la forma idel de no fatigar al sujeto; por continuidad en una tarea a la que está bien adaptado, y de esta forma podemos averiguar que posibilidades tiene de adaptación a potencias superiores.

La aplicación de las potencias se hacía en esta metodología de forma instantánea, como rigurosos escalones.

Durante el periodo de recuperación se obtenían los valores al menos durante -- los 10 primeros minutos.

### 2.3.- Pruebas de movimientos corporales.- Escalón de Harvard.-

Sobre 30 sujetos varones, estudiantes de medicina, elegidos aleatoriamente, de edades comprendidas según la tabla general, se realizó la prueba del step-test o Harvard, siguiendo la forma rápida de *Karpovich*, (tomando el pulso una sola vez, durante 30 segundos, al minuto después de finalizado el ejercicio, al ritmo de 24 subidas y bajadas completas de escalón de 50,08 cms.) (*Karpovich, 1966*).

Posteriormente se repitió el mismo test con los mismo individuos, esta vez

conectados directamente al Metabógrafo de Fleisch, durante los periodos de reposo esfuerzo y recuperación.

#### **2. 4.- Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-**

Se realizó sobre 10 atletas varones, de edades comprendidas entre 18 y 23 años, peso medio de  $68,39 \pm 1,49$  kgs. (media y error estandar) y talla de  $175,19 \pm 1,21$  cms. (media y error estandar).

Todos ellos pertenecientes al equipo nacional de atletismo participantes en pruebas de carrera, hasta medio fondo.

Después de realizar un calentamiento de 3 minutos de duración con potencia de 50 vatios, se les aplicaba una potencia resultante de multiplicar 4 vatios como coeficiente por kilogramo de peso corporal.

Esta potencia se aplicaba de manera rectangular, pero alcanzándose paulatinamente a lo largo del primer minuto de esfuerzo, a continuación del periodo de calentamiento.

Una vez alcanzada, al final del primer minuto la potencia total, se continuaba el ejercicio hasta el agotamiento.

En el periodo de recuperación se medían las constantes al menos durante 10 minutos.

#### **2. 5.- Adaptación al ejercicio en individuos con diferente estado vagotónico.-**

Se escogieron aleatoriamente, entre estudiantes de medicina, 20 individuos,

que presentaban tirón vagal y otros 20 que no presentaban este fenómeno; las características generales están incluidas en la Tabla núm. 2.

Los valores en reposo tanto en los individuos con tirón o sin él, no tenían significación estadística alguna.

Fueron sometidos a ejercicios en cicloergómetro, aplicándoseles coeficientes de 2,5 y 3 vatios por kilogramo de peso corporal.

El ejercicio fué aplicado después de un periodo de calentamiento con 50 vatios durante 3 minutos. A continuación se alcanzaba la potencia hallada, en el primer minuto de manera paulatina, continuándose el ejercicio una vez alcanzada la potencia hasta el agotamiento.

Las variables respiratorias fueron medidas en el Metabógrafo de Fleisch, en reposo, ejercicio y recuperación, en los trabajos de coeficiente 2,5 vatios por kilogramo de peso.

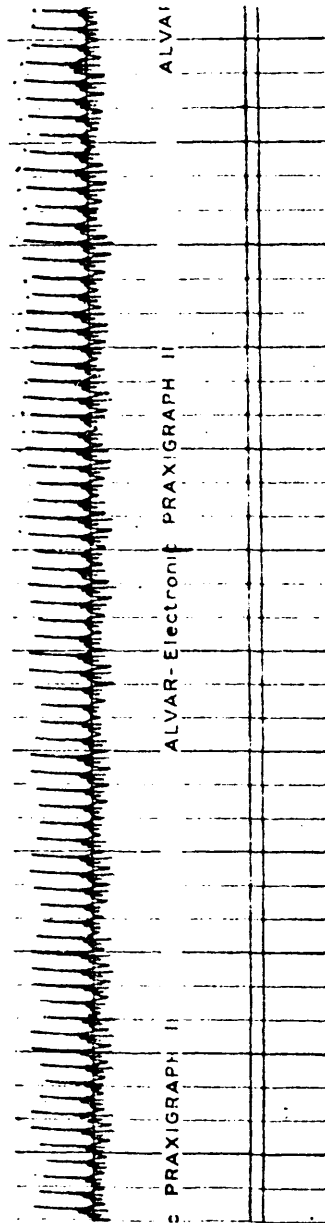
La recuperación se midió al menos durante 10 minutos.

Para el estudio de la adaptación cardiovascular, fué utilizado un electrocardiógrafo Alvar-Praxigraf.

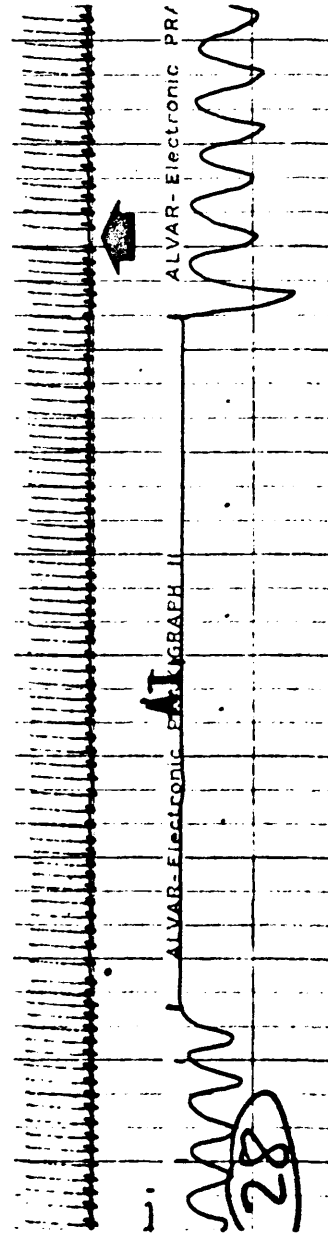
Tanto en los grupos de coeficiente 2,5 vatios, como 3 vatios kilogramos de peso, se hizo el estudio de la adaptación cardiovascular al ejercicio.

La existencia de "tirón vagal" se determinó en el mismo electrocardiógrafo, en derivaciones I y III de Einthoven, siguiendo como criterio la existencia de un latido tras apnea respiratoria, espiratoria y maniobra de Valsalva, en la cual la dis-

GRAFICA 5



E.C.G DE ESFUERZO



TIRON VAGAL TRAS APNEA INSPIRATORIA

tancia R-R fuera al menos de 1,5 veces mayor que la media de los dos latidos precedentes al mismo, (C. Belmonte, 1965). Gráf. núm. 5.

## **II. 3.- Registro y medida de los parámetros.-**

### **3. 1.- Material utilizado para los registros.-**

#### **3. 1.1.- Adaptación cardiovascular al esfuerzo.-**

Se utilizó un electrocardiógrafo Alvar-Praxigraf II, registrando en derivaciones precordiales un electrocardiógrafo de esfuerzo para medida de la frecuencia cardiaca. Gráf. núm. 6 y Gráf. núm. 7. Registrándose en todo momento el electrocardiograma.

Para la medida de la presión arterial se utilizó un esfigmo-manómetro de mercurio y fonendoscopio. Aplicando el método auscultatorio y el palpatorio de *Riva-Rocci*, hallándose la media.

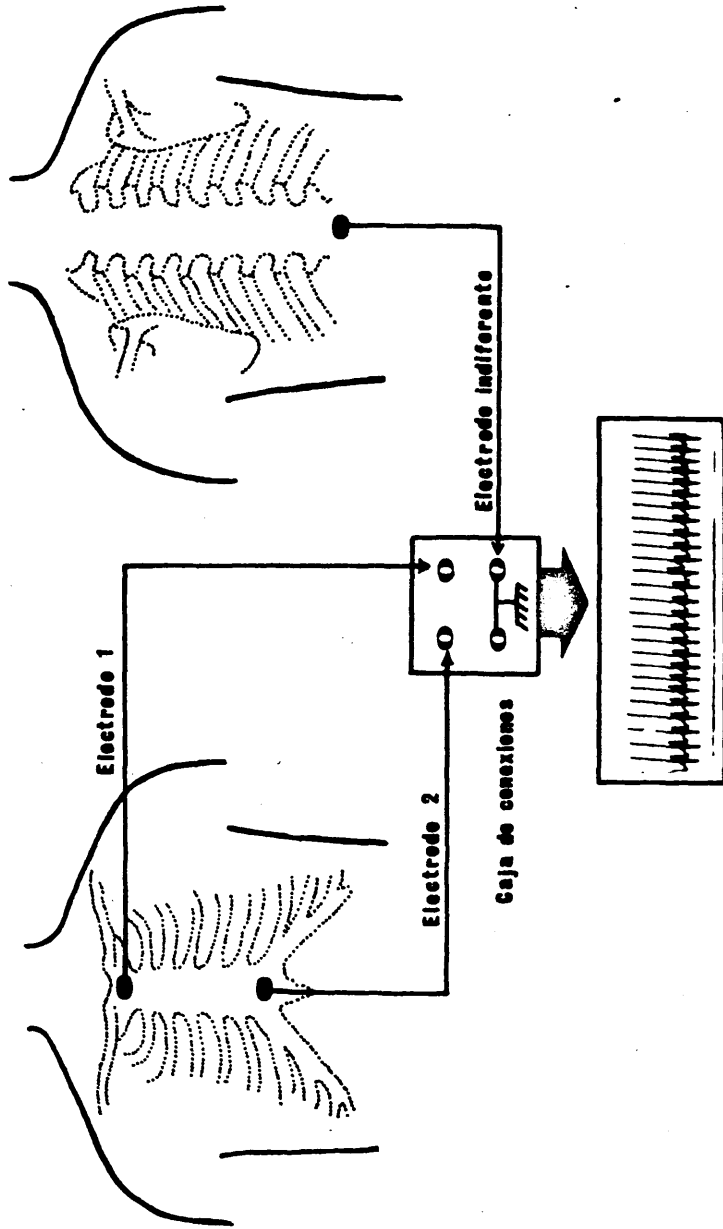
#### **3. 1.2.- Adaptación respiratoria al esfuerzo.-**

Se empleó el Metabógrafo de Fleisch, que es un aparato de circuito cerrado, extraordinariamente exacto y que tiene la ventaja, de que permite seguir las variaciones de los distintos parámetros, en reposo, durante el ejercicio y en la recuperación y ésto minuto a minuto, cualquiera que sea su magnitud. (*Metabo*, - 1966; *QT.*, *Pham y Ed. Reichart*, 1967; *Legido*, 1969).

Las gráficas obtenidas en los diversos tipos de esfuerzo realizados, de los cuales se ha elegido una muestra correspondiente a cada trabajo, pueden observarse en las gráficas núms.(8,9,10,11,12,13)

GRAFICA 6

ESQUEMA DE LA SITUACION DE LOS ELECTRODOS PARA  
MEDIDA DE F.C. EN EL EJERCICIO

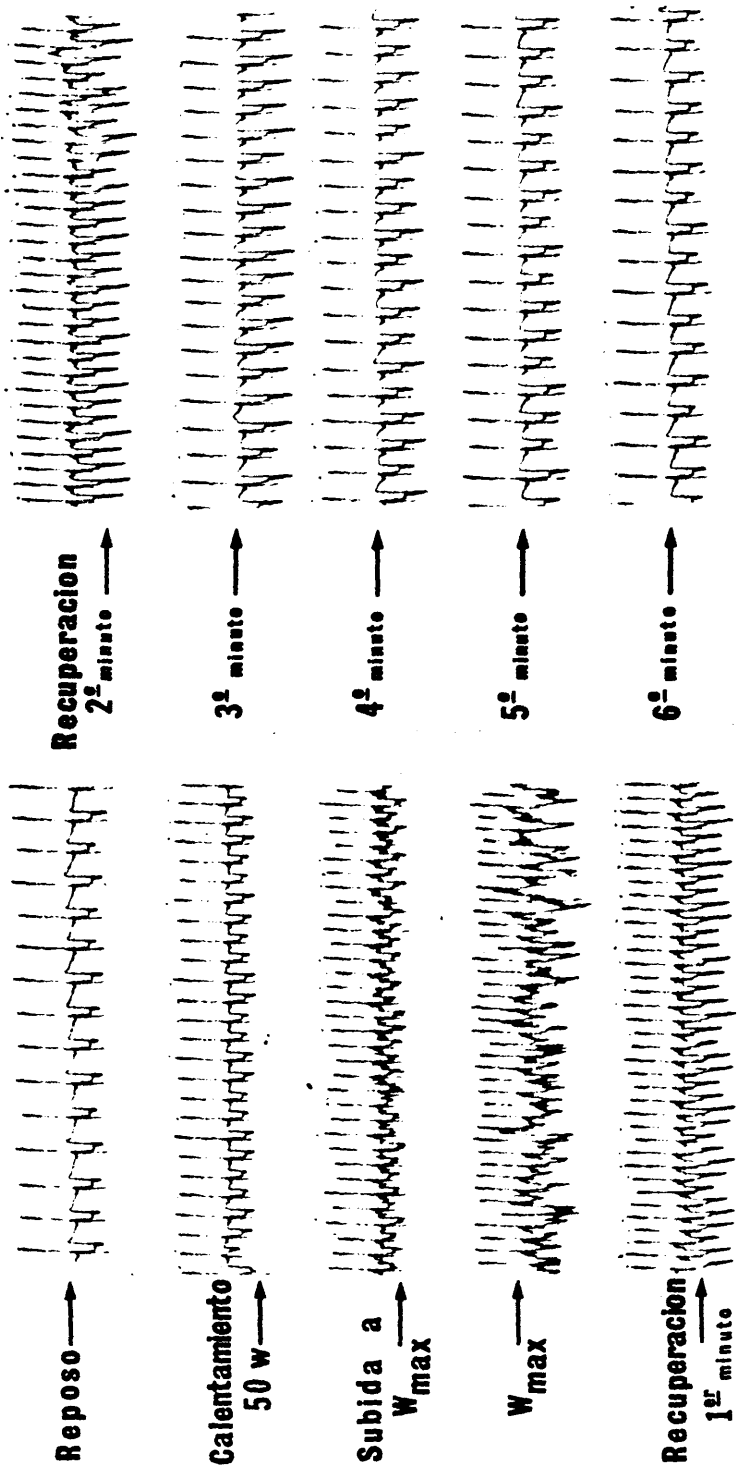


E.C.G. Registro bipolar (1:2)

GRAFICA 7

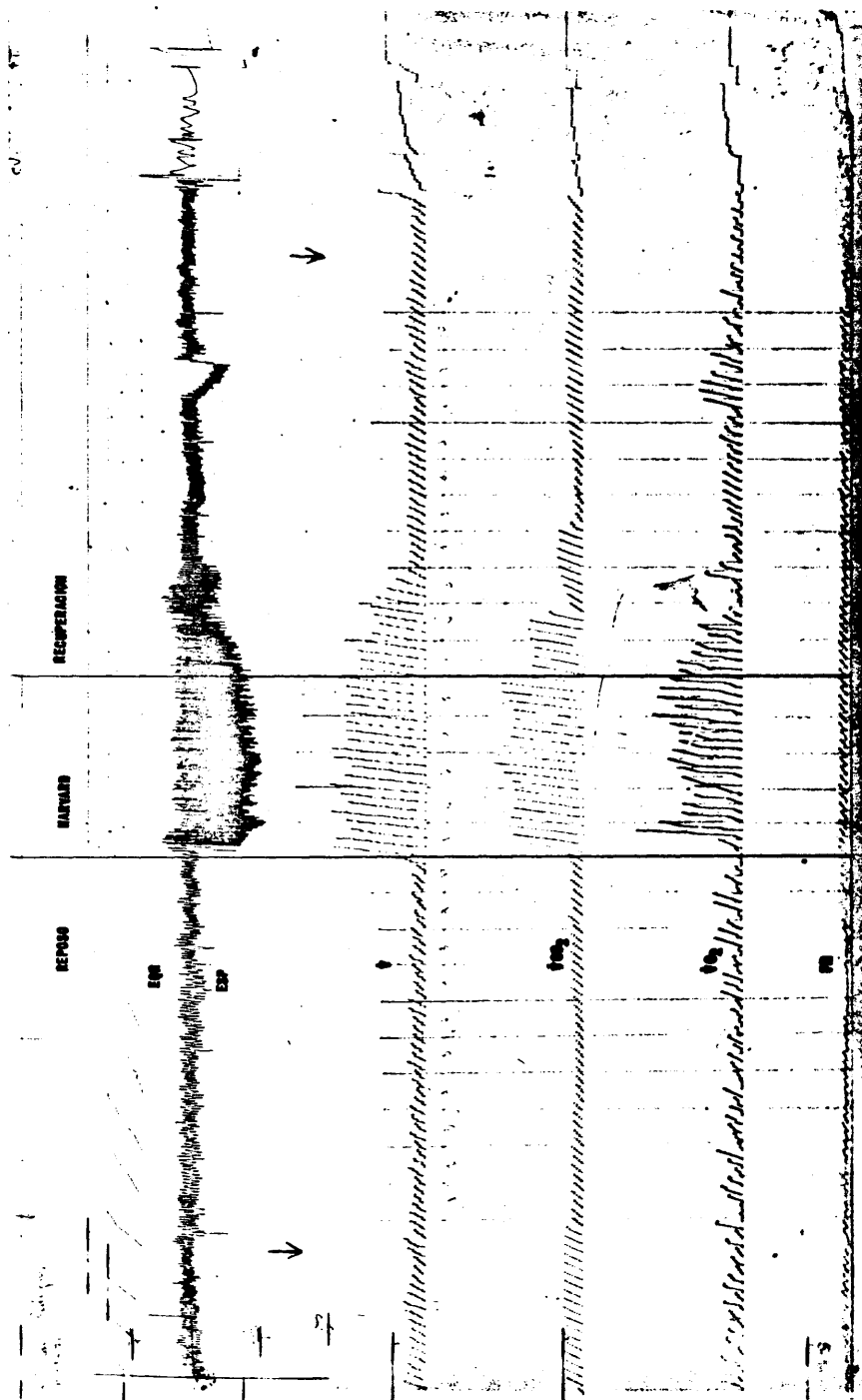
E.C.G. n° 201

Nombre: J.R.D.



GRAFICA 8

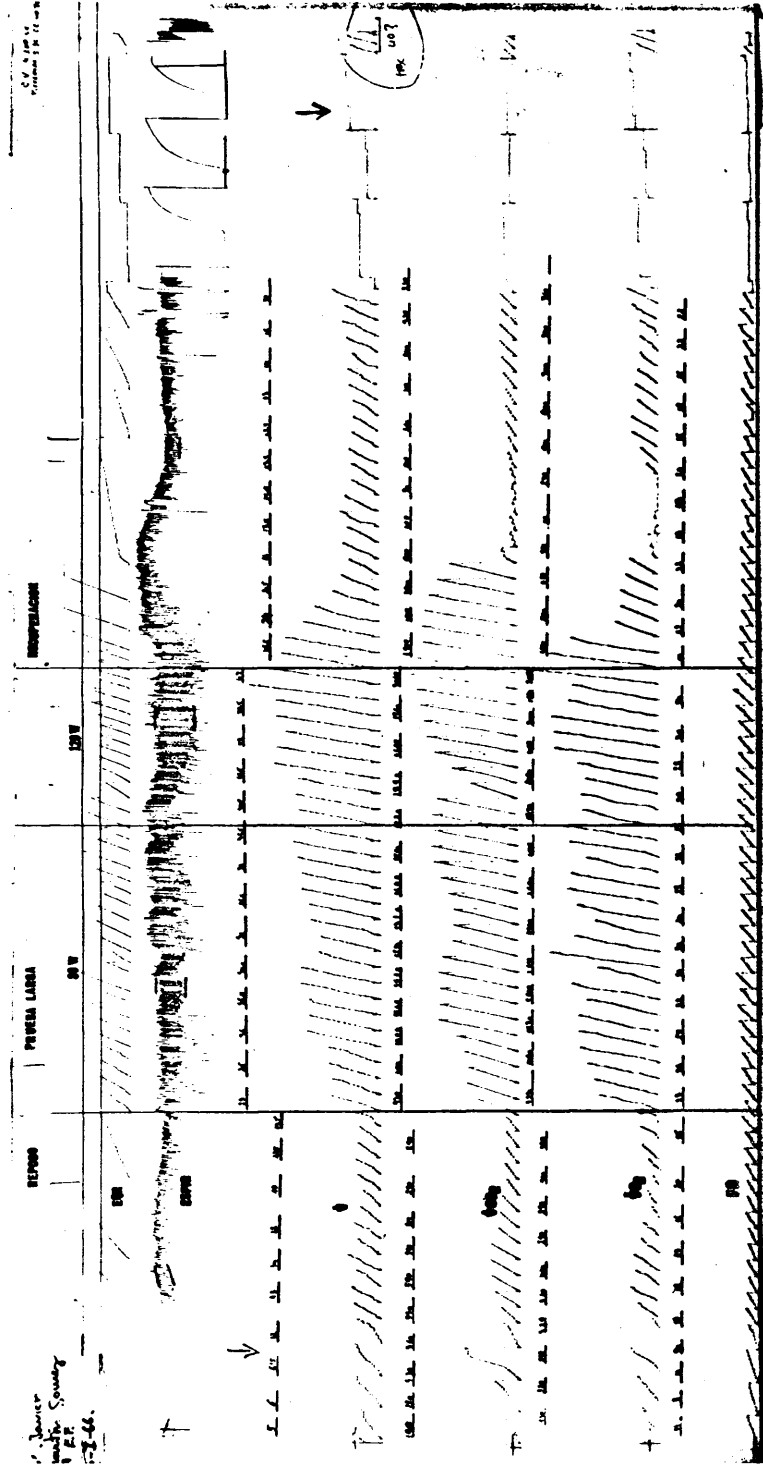
Metabograma de esfuerzo.- Prueba de Harvard





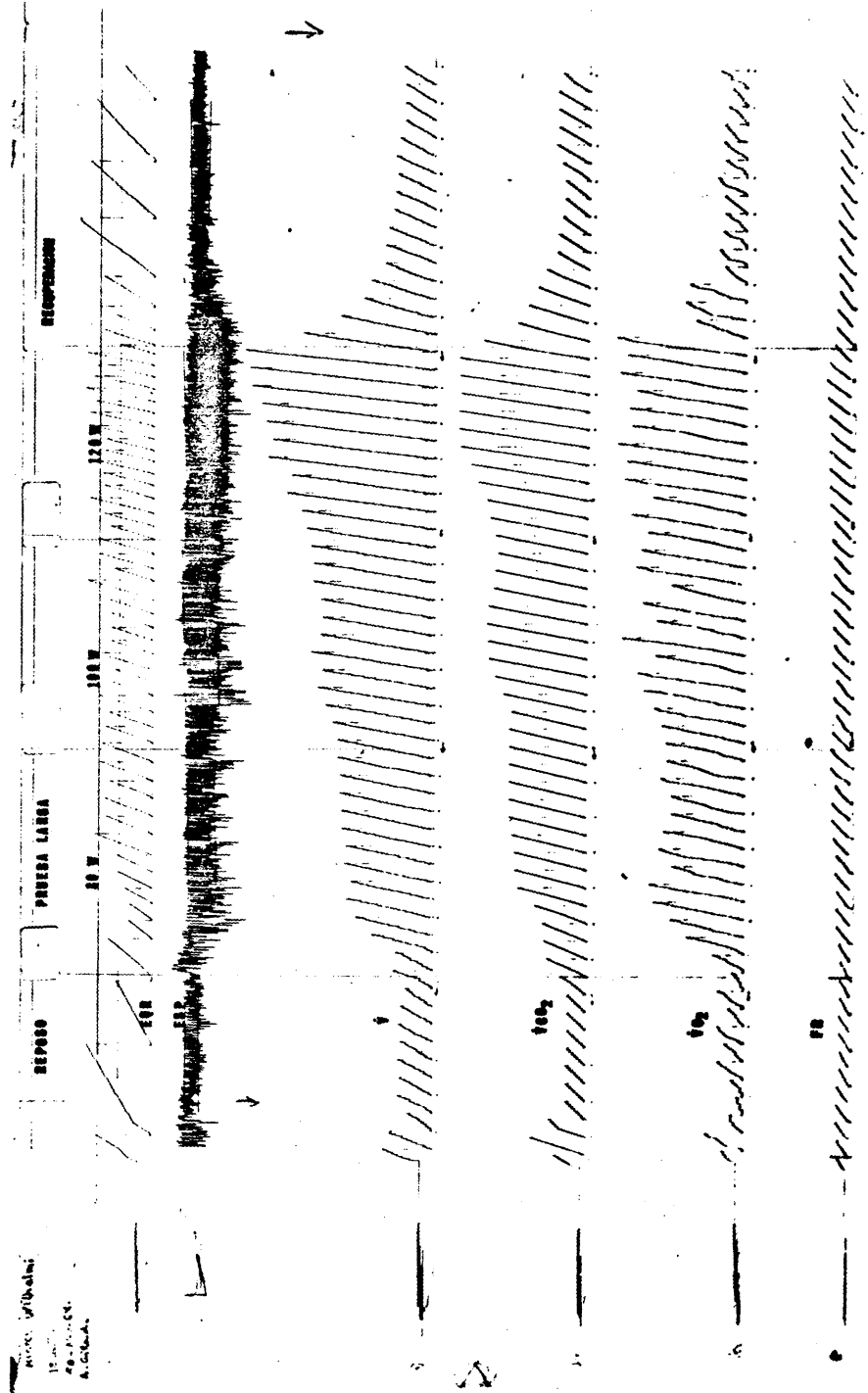
GRAFICA 10

Metabograma de esfuerzo.- Prueba larga



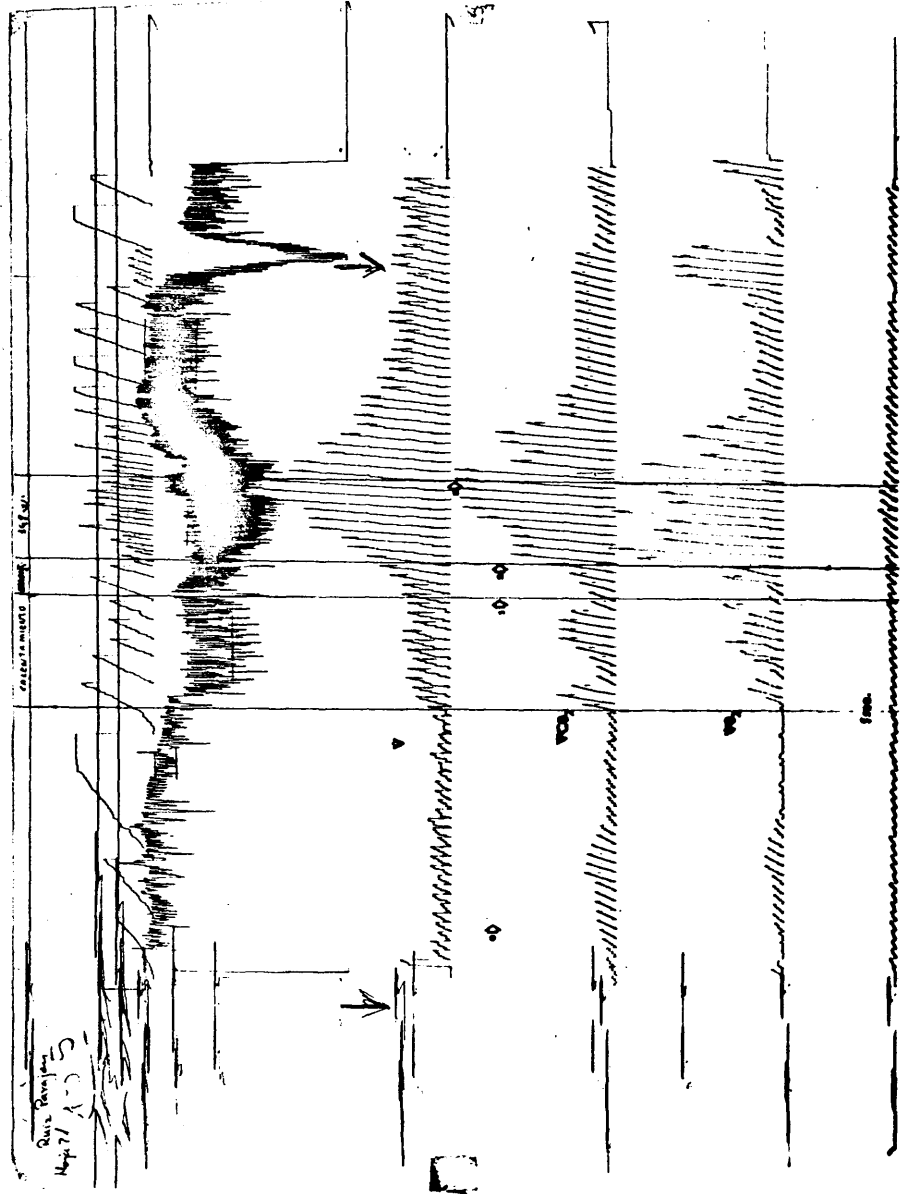
GRAFICA 11

Metabógrama de esfuerzo.- Prueba larga



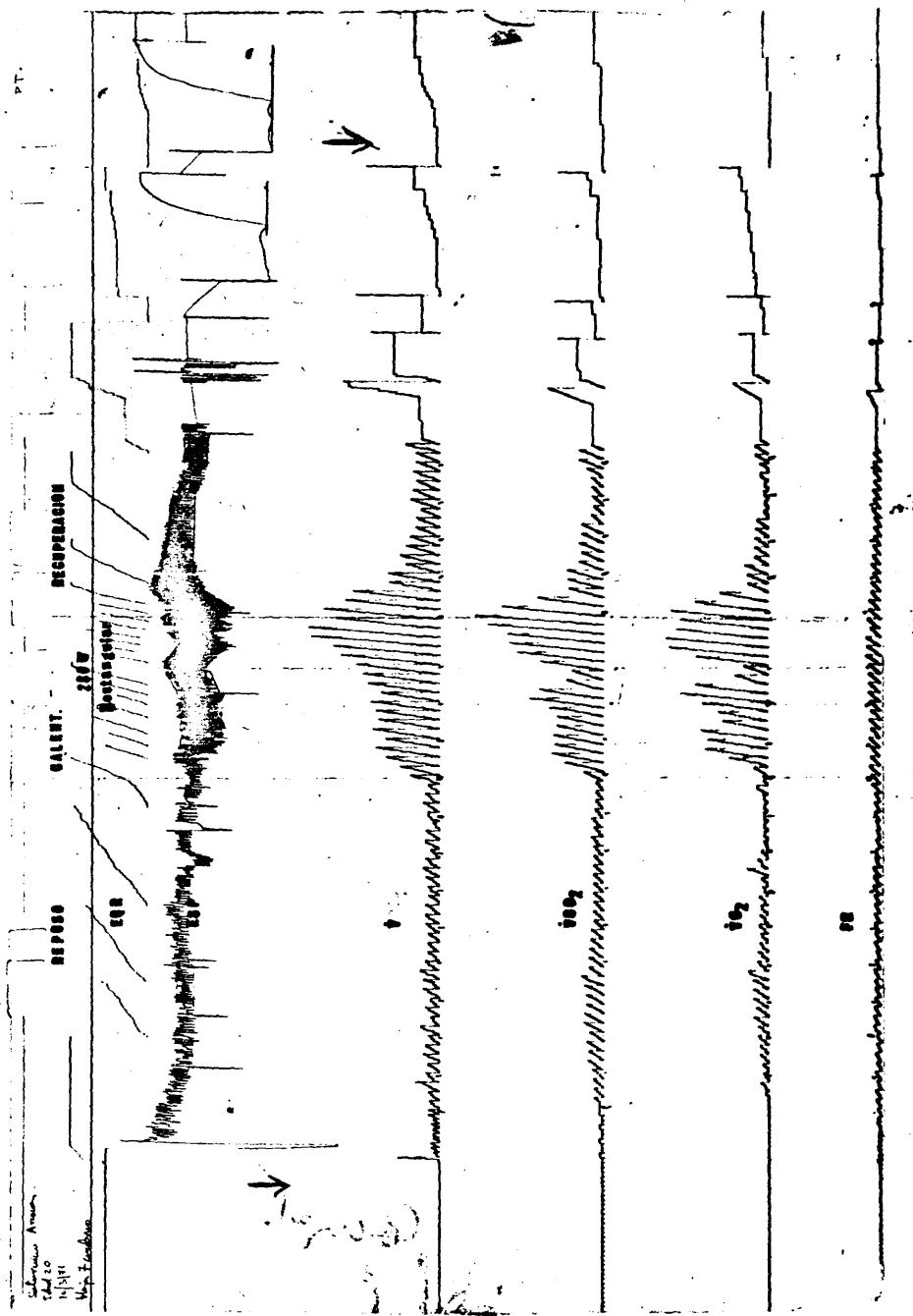
GRAFICA 12

Metabógrama de esfuerzo.- Prueba Aeróbica máxima



GRAFICA 13

Metabograma de esfuerzo.- Prueba Rectangular



**Cicloergómetro.-** Se ha empleado el aparato de la casa GODART tipo GM-EM, modelo de la clase Lanooy, con carga constante independientemente de la frecuencia de pedaleo, basado en el principio del campo electromagnético.

Dispone de dos escalas de 0 a 200 vatios, y de 0 a 400 vatios, — (NV-Godart, 1969).

**Movimientos corporales.-** Se ha utilizado un escalón para la prueba de step-test de 50,08 cms. y un Metrónomo para marcar el ritmo marca Hentzel y un cronómetro normal marca Herlier.

### 3.2.- Parámetros obtenidos.-

#### 3.2.1.- Respiratorios.-

Simultáneamente se obtienen los registros siguientes en forma continua:

- Registro espirográfico en condiciones BTPS expresado en litros.
- Ventilación o gasto ventilatorio (V) en condiciones BTPS, expresado en litros.
- Eliminación de  $\text{CO}_2$  ( $\text{VCO}_2$ ), en condiciones STPD y expresado en mililitros.
- Consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ), en condiciones STPD y expresado en mililitros.
- Frecuencia respiratoria (Frec.).
- Equivalente ventilatorio para el oxígeno (EQ ó  $\text{EqVO}_2$ ) expresado en unidades resultantes de dividir la ventilación por el consumo de oxígeno.
- El cociente respiratorio (QR), resultante de dividir el  $\text{VCO}_2$  por el  $\text{VO}_2$ .

Tanto el equivalente como el cociente, podían obtenerse uno u otro, simultáneos al resto de los registros.

La capacidad vital (CV), volumen espiratorio máximo por segundo - (VEMS), prueba de Tiffeneau (P. T.) y volúmen máximo minuto y volumen corriente, se obtenían de forma normal en la exploración respiratoria.

En posesión de estos datos, pueden deducirse otros muchos, entre los que citaremos por ejemplo, el volumen de oxígeno en el último minuto del esfuerzo máximo o maximal aerobic power, el consumo de oxígeno en relación al peso, el pulso de oxígeno, el equivalente para el  $\text{CO}_2$ , etc., que en la terminología definimos.

### 3. 2.2.- Cardiovasculares.-

Con la frecuencia cardíaca, recogida durante las distintas fases de las pruebas, se pueden obtener diferentes relaciones que en la terminología definimos, tales como: coste de esfuerzo, cociente frecuencia/tiempo, ritmo de recuperación, etc.

### 3. 3.- Técnicas de registro.-

Previamente a cualquier prueba, se explicaba sucinta pero claramente a los sujetos, cual era el objeto de la prueba, qué beneficios iba a reportarles y se les instruía en la forma de realizarla.

En la misma sesión se recogían los datos generales en la ficha de - Valoración de la Condición Biológica y un resumen de sus actividades deportivas, si las tenía.

Todos los individuos realizaron las pruebas, con equipo deportivo cómodo; pantalón corto, camiseta y zapatillas de entrenamiento.

Todas las pruebas fueron realizadas entre las 10,00 y las 13,00 horas a una temperatura de 20 grados centígrados y con una presión atmosférica entre 713 y 717 mm. de Hg.

En las pruebas en las que se utilizó el cicloergómetro, se acomodaba al individuo a la bicicleta, una vez ajustadas las medidas de pedal-sillín, a la longitud de sus piernas.

Se le situaban los electrodos, en la derivación precordial, para recoger la frecuencia cardíaca, en los momentos escogidos, o en el curso de toda la prueba.

A continuación se le acoplaba la máscara de conexión al Metabógrafo de Fleisch, dejándole en reposo hasta que se habituaba a la situación. Posteriormente se realizaba el tipo de prueba elegido.

Para saber si el individuo estaba bien adaptado a una potencia (caso de las pruebas largas), se permitía una variación en la  $V$  y  $VO_2$  de -15%, para el cálculo de la misma, en cada escalón se tomaba durante dos ó tres minutos sobre el papel (en el quimógrafo), la magnitud con una regla y se calculaba la variación tolerada.

Una vez finalizado el esfuerzo, el sujeto permanecía hasta su recuperación, al menos durante 10 minutos conectado al metabógrafo.

Una vez recuperado, se le practicaban las pruebas funcionales de VMM

ó BMC, CV, VEMS y *P. Tiffeneau*, si se consideraba necesario.

En el grupo seleccionado por tener o carecer de tirón vagal, previamente les fueron practicados los electrocardiogramas y pruebas correspondientes, detallados en Métodos.

### 3.4.- Medida.-

La frecuencia cardíaca se calculaba de la forma habitual, teniendo en cuenta la velocidad escogida para el papel,

Las medidas cardiovasculares, se pasaban a una ficha ideada por nosotros (Gráf. núm. 14).

El Metabograma (Gráf. núm. 15) se medía con una regla de aluminio, especialmente fabricada para el efecto. Antes había que dividir los seis registros, en minutos y separar las distintas fases de cada período, (reposo, esfuerzo, etc.).

La amplia gama de velocidades y tiempo de descarga que nos ofrecía el quimógrafo incorporado al Metabógrafo, posibilita el poder registrar grandes consumos de  $VO_2$  y V por ejemplo, sin que los gráficos se superpongan en ningún momento.

El rango de velocidades posibles va desde 60 mm./seg. á 1 mm./seg. y de 30 mm./min. a 0,25mm./min.

Los tiempos de descarga, abarcan desde 1 segundo a 30 segundos y - desde 1 minuto hasta 120 minutos.





Nuestra experiencia nos hace elegir para el Metabograma de esfuerzo, una velocidad de 15 mm./min. con un tiempo de descarga de 15 seg., en el caso de los individuos jóvenes y en buena condición, para tener seguridad de que las gráficas no se superpongan, aunque sea más laboriosa la medición - posterior.

En los sujetos con menos condiciones se aplicaba una velocidad de 30 mm./min. y tiempo de descarga de 30 seg.

Las medidas hechas cada 15 ó 30 segundos, según los casos comentados anteriormente, se sumaban en minutos, pasándose en esta forma a las fichas de "Medida del Metabograma" ideadas y realizadas por nosotros.

Posteriormente se calculaban las medidas en la misma ficha.

Para la capacidad vital (CV) se utilizaba una velocidad de 15 mm./min. y una descarga de 30 seg.

Para la Prueba de Tiffeneau se daba velocidad de 15 mm./seg. con un tiempo de descarga de 30 seg.

Para el Volumen máximo minuto (VMM ó BMC) se utilizaba 15 mm./min. y un tiempo de descarga de 15 seg. ó 7,5 seg.

## II. 4.- Terminología.-

### 4. 1.- Símbolos principales.-

V = Volumen de gas.

- P = presión parcial de un gas, en mm. de Hg.  
 C = concentración de un gas en la sangre en p. 100  
 F = concentración de un gas, en p. 100  
 Q = volumen de sangre  
 D = capacidad de difusión  
 S = saturación de Hb en O<sub>2</sub> ó CO, en p. 100

Un punto sobre un símbolo, significa "por minuto" ej. (V).

Un trazo horizontal encima de un símbolo, significa valor medio ej. (V).

#### 4.2- Símbolos secundarios.-

Siguen inmediatamente al símbolo principal.

- A = alveolar  
 D = de espacio muerto  
 E = espirado  
 I = inspirado  
 L = todo el pulmón  
 a = sangre arterial periférica  
 c = sangre capilar pulmonar  
 v = sangre venosa periférica  
 v = sangre venosa mezclada  
 b = sangre en general  
 T = gas corriente (de volumen corriente)

*Ejemplos:*  $F_E \text{CO}_2$  = concentración media en CO<sub>2</sub> del aire espirado p. 100

$P_A \text{CO}_2$  = presión parcial de CO<sub>2</sub> en el gas alveolar, mm. Hg.

$C_a O_2 - C_v O_2 =$  diferencia arteriovenosa en oxígeno volúmenes p. 100

#### 4. 3.- Condiciones de temperatura y presión para los volúmenes de gas.-

**ATPS.-** Temperatura ambiente, presión ambiente, saturado de vapor de agua.

**BTPS.-** Temperatura corporal, presión ambiente, saturado de vapor de agua.

**STPD.-** Temperatura y presión estandar ( $0^{\circ}$  C., 760 mm. Hg.), sequedad

A  $37^{\circ}$  C. la  $PH_2O = 47$  mm. Hg.

Los volúmenes ventilados se expresan en condiciones BTPS; los volúmenes de  $O_2$  consumido y  $CO_2$  producido, en condiciones STPD.

#### 4. 4.- Terminología y abreviaturas utilizadas en Metabografía.-

VC ó $V_t$	=	Volúmen corriente
$\dot{V}$	=	Volumen minuto
CV	=	Capacidad vital
VIR	=	Volumen inspiratorio de reserva
VER	=	Volumen espiratorio de reserva
VR	=	Volumen residual
CRF	=	Capacidad residual funcional
CT ó CPT	=	Capacidad pulmonar total
VMM ó MBC	=	Volumen máximo minuto
VEMS	=	Volumen espiratorio máximo segundo

PT	=	Prueba de Tiffeneau	$\frac{VEMS}{CV} \times 100$
QR ó CR	=	Cociente respiratorio	$\frac{CO_2}{O_2}$
EQ ó Eq	=	Equivalente ventilatorio para el oxígeno	$\frac{V}{VO_2}$
C.U.O <sub>2</sub>	=	Coefficiente de utilización del oxígeno (inversa del anterior)	$\frac{VO_2}{V}$
EQ CO <sub>2</sub>	=	Equivalente para el CO <sub>2</sub>	$\frac{V}{VCO_2}$
FR ó f	=	Frecuencia respiratoria por minuto	
Mets.	=	Abreviatura de "metabólical rates"	
$\dot{V}O_2$ BMR	=	Metabolismo básico	
$\dot{V}O_2$ máx MR	=	Máximo metabolismo alcanzado	
$\dot{V}O_2$ BMR	=	Se considera igual a 3,5 ml. de O <sub>2</sub> por Kg. de peso en 1 minuto.	

$$\frac{VO_2 \text{ (ml./Kg./min.)}}{3,5} = \text{Mets}$$

$$\frac{\text{Máx. } VO_2 \text{ ml/Kg/min}}{3,5} = \text{máx Mets}$$

$$\frac{VO_2 \text{ (ml)}}{\text{Peso (Kg)}} = \text{Volumen de } O_2 \text{ en relación con peso corporal}$$

$\dot{V}O_2$  máx. = Máxima cantidad de O<sub>2</sub> consumido en un minuto, es decir, expresado en ml/min.

$\dot{V}O_2$  máx = Maximal aerobic power = maximal working capacity = aerobic capacity = capacité aerobique = maximal oxygen intake = prise maximale d'oxygene

E. V. S. = Ventilación extra estandarizada  $\frac{\text{ventilación extra global}}{\text{duración del trabajo}}$

E. V. S. + Ventilación en reposo = Ventilación estandarizada (V.S.)

DO<sub>2</sub> = deuda de oxígeno

DO/t = deuda de O<sub>2</sub>/tiempo de ejercicio

P. M. S.	=	potencia máxima soportada.- Es el trabajo más intenso que un sujeto puede realizar en estado de equilibrio.
CO <sub>2</sub> E	=	VO <sub>2</sub> esfuerzo x min. de esfuerzo - VO <sub>2</sub> reposo x min. esfuerzo = Consumo oxígeno en esfuerzo.
EQd.	=	Equivalente diferencial = EQ recuperación-EQ esfuerzo
Δ Mets	=	Mets ejercicio - Mets reposo
Cal ejercicio	=	CO <sub>2</sub> E(l.) x 4,9 = Cal
CO <sub>2</sub> T	=	CO <sub>2</sub> E + DO <sub>2</sub> = consumo total de oxígeno
DO <sub>2</sub>	=	Deuda de oxígeno
$\frac{DO_2}{t}$	=	$\frac{\text{Deuda de oxígeno}}{\text{tiempo de ejercicio}} = DO_2/t$
$\frac{DO_2/t}{\text{Peso}}$	=	Deuda de oxígeno expresado en ml/min. por Kg. de peso

#### 4. 5.- Datos cardiovasculares.-

Fc	=	Frecuencia cardiaca expresada por min.
Fc instantánea	=	Intervalo de tiempo que separa dos latidos, referido a la unidad de tiempo.
C. C. E.	=	Coste cardiaco del ejercicio $CCE = \frac{P_t - (P_b \cdot t)}{t}$
		Siendo: P <sub>t</sub> = núm. total de pulsaciones durante todo el tiempo del ejercicio
		P <sub>b</sub> = Pulso pre-ejercicio expresado en p/m.
		t = tiempo en min. que dura el ejercicio
C. C. R.	=	Coste cardiaco de recuperación $CCR = \frac{P_r - (P_b \cdot t)}{t}$
		Siendo: P <sub>r</sub> = núm. total de pulsaciones durante el periodo de recuperación
C. C. T.	=	Coste cardiaco total
		CCT = CCE + CCR

Pulso de O <sub>2</sub>	=	$\frac{VO_2 \text{ (ml/min)}}{F_c \text{ (p/min)}}$
R	=	Rendimiento individual $\frac{W}{VO_2}$
f/t	=	Frecuencia cardiaca máxima / tiempo en alcanzarla (en latidos / min)
PD ó p.d.	=	Incremento de la presión diferencial en mm. Hg. = Presión sistólica-presión diastólica, en mm. Hg.
R.R. ó r.r.	=	Ritmo de recuperación = Pulsaciones en el último minuto del ejercicio - pulsaciones en el primero / tiempo de recuperación; expresado en latidos/min.

#### 4. 6.- Medida del trabajo (unidades físicas).-

##### 4. 6.1.- Trabajo y energía.-

Energía	=	cantidad de trabajo disponible
Trabajo	=	producto de la fuerza por el desplazamiento de su punto de aplicación.
1 kilocaloría	=	4186 x 10 <sup>10</sup> erg.
1 kilocaloría	=	4,186 julios
1 kilocaloría	=	426,85 Kpm ó Kgm
1 erg	=	23889 x 10 <sup>-11</sup> Kcal
1 erg	=	1 x 10 <sup>-7</sup> julios
1 erg	=	1,0197 x 10 <sup>-8</sup> Kpm ó Kgm
1 julio	=	2,3889 x 10 <sup>-4</sup> Kcal.
1 julio	=	1 x 10 <sup>7</sup> erg.
1 julio	=	0,10197 Kpm ó Kgm
1 Kg. fuerza	=	1 kilopondio (Kp)
1 Kp	=	9,80665 newtons
1 Kgm ó Kpm	=	1 kg. x 1 m = 9,81 julios

kp = peso de la masa de 1 kg. con aceleración estandar (gn). Esta unidad se denomina Kilopondio en Alemania, Austria y Suecia, pero no está aprobada internacionalmente, aunque el uso la ha sancionado.

Kpm = Kilopondímetro

Kilogramo-fuerza-metro (Kpm) = Kilogramo-fuerza x metro = 9,81 julios = Kilopondímetro

julio (J) = newton x metro

T = trabajo realizado (práctico) = Peso en Kgs. x vatios aplicados x 9,8 x 60; expresado en Kpm/min.

1 caloría grande ó Kcal = 426 Kgm

1 Kgm./seg. = 1 Kpm/seg = 9,81 julios/seg. = 9,81 watt/seg.

1 watt = 6,12 Kpm/min (aprox. = 6 Kpm/min)

49 watt = 300 Kpm/min (aprox. = 50 watts)

1 kpm/min. = 0,1635 watt.

Valor energético de O<sub>2</sub> en el organismo.-

1 litro de O<sub>2</sub> = 4,825 calorías, para un QR de 0,82

#### 4. 6.2.- Potencia.-

Cantidad de trabajo realizado por unidad de tiempo P ó W =  $\frac{T}{t}$

1 watt = 1 x 10<sup>7</sup> erg/seg

1 watt = 1,341 x 10<sup>-3</sup> hp (horsepower)

1 Watt = 1 julio/seg

1 watt = 6,12 Kpm/min

1 Kilocaloría por minuto = 69,767 watts

1 horse-power = 745,7 watts

1 caballo de vapor = 735 watts

#### 4. 6.3.- Velocidad.-

Espacio recorrido en la unidad de tiempo.

Km/hr = Kilómetros por hora

mph = Millas por hora

m/seg. = Metros por segundo

10 Km/hr = 6,22 mph = 2,78 m/seg.

#### 4. 7- Símbolos estadísticos utilizados.-

$n$  = número de observaciones

$\bar{X}$  = media aritmética

$S$  = desviación estandar

$S_{\bar{x}}$  = error estandar de la media

$V_{\text{coeff}}$  = coeficiente de variación

$r$  = coeficiente de correlación

$p$  = probabilidad

$\Sigma$  = sumatorio

#### 4. 8.- Terminología gráfica.-

Fig. n.º = para los esquemas tomados de diversos autores, especificados en la bibliografía.

Tabla n.º = para los datos, que requieren ésta disposición, tanto de otros autores, como en nuestros resultados.

Gráfica n.º = para los esquemas originales de nuestros resultados

Cuadro = Los datos dispuestos, como orientación, de diversos autores

## II. 5.- Tratamiento de los datos.- Técnicas estadísticas utilizadas.-

Los datos fueron tratados mediante técnicas estadísticas corrientes. Para cada una de las variables se calculaba el valor medio y la varianza, mediante las fórmulas siguientes:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad X_i \text{ . (i = 1, ..... n)}$$

n = número de observaciones

La varianza  $S_x^2$  de:

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

Para el cálculo de la significatividad de diferencias de medias se usó el t-test.

Si la posibilidad era menor de 0,1 por ciento, (p = 0,001), se decía que existía una diferencia altamente significativa.

Si era menor que el 1 por ciento, pero igual o mayor que el 0,1 por ciento (p = 0,001 – 0,01) se denotaba como significativa.

Si era menor que el 5 por ciento, pero igual o mayor que el 1 por ciento (p = 0,01 – 0,05) se decía como probablemente significativo.

Para los estudios del análisis de la regresión, se utilizaban, los métodos

LEGIDO - EFN - SENTENCIA FUENTE - IFN(S) -

05/27/72

```

C ESTE PROGRAMA CALCULA LOS VALORES MEDIOS DESVIACION ESTANDAR Y MATRIZ
C DE CORRELACION DE LAS OBSERVACIONES DE N SUJETOS SOBRE M VARIABLES
  DIMENSION X(50), AMEDIA (200), STD(200), CORREL(50,50),S(200),
  1 SUM(200), PROD(50,50)
C LECTURA DEL NUMERO DE SUJETOS N , NUMERO DE VARIARLES M Y VALORES
  READ(5,100) N,M
  SUM(I)=0.0
  PROD(I,J)=0.0
C SE ESCRIBE TABLA DE VALORES , MEDIA Y DESVIACION ESTANDAR
  WRITE (6,300)
  DO 30 K=1,N
  READ(5,200) (X(L),L=1,M)
  WRITE (6,500) (X(L),L=1,M)
  DO 30 I=1,M
  SUM(I)=SUM(I)+ X(I)
  DO 30 J=1,M
  30 PROD(I,J)=PROD(I,J)+X(I)*X(J)
C SE CALCULA LA DESVIACION ESTANDAR Y EL VALOR MEDIO DE CADA VARIABLE
  WRITE(6,400)
  R=N
  DO 40 I=1,M
  AMEDIA(I)=SUM(I)/R
  40 STD(I)=SQRT(PROD(I,I)/R-AMEDIA(I)*AMEDIA(I))
  WRITE (6,500) (AMEDIA(I),I=1,M)
  50 WRITE (6,500) (STD(I),I=1,M)
C MATRIZ DE CORRELACION
  WRITE (6,600)
  DO 70 I=1,M
  DO 60 J=1,M
  CORREL(I,J)=(PROD(I,J)/R-AMEDIA(I)*AMEDIA(J))/(STD(I)*STD(J))
  60 CORREL(J,I)=CORREL(I,J)
  70 WRITE (6,700) I,(CORREL(I,J),J=1,M)
  100 FORMAT(2I4)
  200 FORMAT(F4.2,F3.1,F4.2,2F5.1,F3.1,F2.0,F4.0,F3.1,F4.2,F5.2,F5.0,3F4
  1.2)
  300 FORMAT(1H1, 50X,16HTABLA DE VALORES ,///)
  400 FORMAT(9X,36HVALORES MEDIOS Y DESVIACION ESTANDAR ,///)
  500 FORMAT(3X,3(F5.2,2X),2(F6.1,2X),2(F3.1,2X),F5.0,2X,2(F5.2,2X),F6.2
  1,2X,F6.0,2X,3(F5.2,2X)///)
  600 FORMAT(1H1,50X,7HTABLA DE CORRELACION //44X,36HPRUEBAS LARGAS..RE
  2CUP-RACION.. GRUPO B,///)
  700 FORMAT(7X,13,3X,15F6.3,///)
  STOP
  END

```

descritos por (*Snedecar, 1959*).

Para el cálculo de las matrices de correlaciones entre las diversas variables medidas en cada prueba; se realizó utilizando el programa Fortram IV, - que se detalla a continuación.

## **II. 6.- Ficha Tipo de Condición Biológica.-**

A continuación, se expone, la ficha ideada por nosotros para la recogida completa de los datos de Valoración de la Condición Biológica.

DEPARTAMENTO DE FISILOGIA

FICHA DE CONDICION BIOLOGICA

FECHA: \_\_\_\_\_

NUM. \_\_\_\_\_

APELLIDOS ..... NOMBRE .....

SEXO ..... EDAD..... PROFESION.....

DOMICILIO ..... TELEFONO.....

PROCEDENCIA .....

RESUMEN DE LA FICHA MEDICA NUM.....

HISTORIA MEDICA DE INTERES:

RECONOCIMIENTOS:

GIMNASIA Y DEPORTES PRACTICADOS;

COMPETICIONES Y MARCAS OBTENIDAS:

## CONDICION ANATOMICA

### BIOMETRIA.-

TALLA ..... TALLA STANDARD ..... TANTO POR CIENTO TALLA  
 STANDARD ..... TALLA SENTADO ..... ENVERGADURA .....  
 PESO ..... PESO STANDARD ..... TANTO POR CIENTO PESO  
 STANDARD ..... SUPERFICIE CORPORAL EN M<sup>2</sup> ..... PERIMETRO  
 TORACICO EN INSPIR. .... ESPIR. .... DIAMETRO TORACICO .....  
 PERIMETRO ABDOMINAL ..... DIAMETRO BI-ILIACO .....  
 DIAMETRO BI-TROCANTEREO ..... PANICULO ADIPOSO (EN MM):  
 MEJILLA ..... CUELLO ..... BRAZO ..... CINTURA .....  
 ABDOMEN ..... GLUTEOS ..... MUSLO .....

$$I. DE CONSTITUCION = \frac{PESO}{TALLA^2} =$$

$$I. DE ESTATURA = \frac{TALLA SENTADO \times 100}{TALLA DE PIE} =$$

$$I. PONDERAN = \frac{PESO \times PER. TORACICO}{PER. ABDOMINAL} =$$

### ANALISIS:

POSTURA ..... MEDIDAS .....  
 ..... MUSCULATURA .....

#### ANOMALIAS:

A) CONSTITUCIONALES.....  
 B) POSTURALES .....  
 C) ADQUIRIDAS.....

SILUETA FOTOGRAFICA

FRONTAL

LATERAL

**BIOTIPO:**

**OBSERVACIONES:**

**VALORACION ANATOMICA.....**

CONDICION FISIOLÓGICA

A) VALORES EN REPOSO DE:

1.- SISTEMA CARDIOVASCULAR:

PULSO MIN..... P.A. MAX. ....

MIN..... INDICE.....

ELECTROCARDIOGRAMA (E.C.G.):

PRUEBA DE APNEA:

PRUEBA DE VALSALVA ..... REFLEJO OCULO-VAGAL .....

2.- SISTEMA RESPIRATORIO:

FREC.RESP. ....  $VO_2$  MIN. ....  $VCO_2$  MIN. ....

V. C V. C ..... V. I. R. .... V. E. R. ....

C. V. .... C. V. STANDARD ..... TANTO POR CIENTO

STANDARD ..... V. R. .... C. T. ....

C. I. .... C. R. F. .... V. M. R. (VOL. MIN. RESP)

.....

V.E.M.S. (P. TIFFENEAU): VALOR STANDARD (70%) ..... C.C.

VALOR REAL ..... C.C. POR CIENTO VALOR STANDARD.....

C.M.R. (MBC) ..... R.R. (COCIENTE RESP).....

I. DE ANTHONY  $\frac{C. V. \times 100}{METABOL. BASAL \times 2,2}$

$$\text{COEF. DE CAPACIDADES} = \frac{V. M. M.}{C. V.}$$

$$I \text{ DE SPEHL} = \frac{C. V. \times \text{PESO}}{\text{TALLA}}$$

$$\text{INDICE} = \frac{V. E. M. S. \times 100}{C. V.}$$

$$E. Q. (O_2) = \frac{V \text{ (BYPS)}}{VO_2 \text{ ML./MIN. (STPD)}} \times 100$$

3.- SISTEMA HEMATICO:

GLUCEMIA..... AC. LACTICO ..... AC. PIRUVICO.....

R. ALCALINA .....

OXIMETRIA .....

CAPNOMETRIA.....

OTRAS DETERMINACIONES (Véase ficha médica) .....

.....

VALORACION .....

B) PRUEBAS DE ESFUERZO:

$$I \text{ DE RUFFIER: } \frac{2P - 2P'' + p' - 70}{10}$$

$$I \text{ DE TUTTLE: } S_0 = S_1 + \frac{(S_2 - S_1) \times (2,5 - r_1)}{(r_2 - r_1)}$$

I DE SCHNEIDER: ..... puntos.

I. DE HARVARD (RAPIDO):  $\frac{\text{TIEMPO EN SEG.} \times 100}{\text{PULSO} \times 5,5}$

VALORACION: ..... puntos.

METABOGRAMA: (FICHA DE METABOGRAMA) N° ..... CLASE DE ESFUERZO

.....

RESULTADO DEL METABOGRAMA:

VALORACION DEL METABOGRAMA ..... puntos.

PRUEBAS ELECTROCARDIOGRAFICAS:

PRUEBAS TELEMETRICAS:

OTRAS PRUEBAS DE ESFUERZO:

PRUEBAS HEMATICAS:

TIPO DE ESFUERZO ..... VALOR DE LA SOBRECARGA.....

DURACION .....

VALORES DE	REPOSO	ESFUERZO	RECUPERACION
Eosinófilos mm <sup>3</sup>			
Glucosa			
Láctico			
Pirúvico			
Amoníaco			

**OTRAS PRUEBAS DE SOBRECARGA:**

**VALORACION DEL ESFUERZO ..... puntos.**

**OBSERVACIONES:**

**VALORACION TOTAL FISIOLOGICAS..... puntos.**

### CONDICION MOTORA

DINAMOMETRIA: MANO D. .... MANO IZO.....ESCAP.....

LUMBAR .....

OTRAS .....

PERIMETRO MUSCULAR EN CONTRACCION: CUELLO ..... BRAZO:DERECHO.....

IZQUIERDO ..... ANTEBRAZOS:DERECHO ..... IZQUIERDO.....

MUSLO:DERECHO..... IZQUIERDO .....PIERNA:DERECHA .....

IZQUIERDA.....

FLEXIBILIDAD: EXTENSION TRONCO ..... CM. FLEXION TRONCO .....

CMS. (DESDE EL MENTON)

FUERZA: FLEXIONES EN BARRA (Nº) ..... EN 30 SEG. CARGA (SACOS..... KG.

TREPA SIN APOYO..... METROS.

POTENCIA: TUMBADO ELEVACION PIERNAS JUNTAS ..... Nº EN 30 SEG. TUMBADO

ELEVACION TRONCO..... Nº EN 30 SEG. LANZAMIENTO (BALON MEDICINAL)

KGS. .... M. .... SALTO DE ALTURA (PIES JUNTOS,

DE FRENTE) ..... CM.

$$\text{INDICE:} = \frac{\text{PESO} \times \text{ALTURA DEL SALTO}}{\text{TALLA}}$$

AGILIDAD:

SALTO LATERAL BARRA.....CM. VOLTERETA SIMPLE:  $\frac{\text{SI}}{\text{NO}}$

PUNTOS.....VOLTERETA CON VUELO  $\frac{\text{SI}}{\text{NO}}$  PUNTOS ..... TREPA:  
(con apoyo)

CUERDA ..... M. BARRA .....M.

EQUILIBRIO:

BALANCEO PIERNAS PUNTOS ..... CUCLILLAS SOBRE MANOS:  $\frac{\text{SI}}{\text{NO}}$

PUNTOS .....

**VELOCIDAD:**

**CARRERA 60 M.**

**CARRERA 300 M.**

**TIEMPO.....**

**TIEMPO .....**

**PUNTOS .....**

**PUNTOS.....**

**OBSERVACIONES:**

**VALORACION MOTORA ..... PUNTOS.**

CONDICION NERVIOSA Y PSICOSENSORIAL

**DATOS RECOGIDOS DE LA FICHA MEDICA:**

**TIEMPO DE REACCION:** .....

**ESTIMULOS AUDITIVOS** .....

**1ª PRUEBA** .....

**2ª PRUEBA** .....

**3ª PRUEBA** .....

**PRUEBAS PSICOLOGICAS:**

**1ª PRUEBA** .....

**2ª PRUEBA** .....

**3ª PRUEBA** .....

**OBSERVACIONES:**

**VALORACION PSICOSENSORIAL:..... PUNTOS.**

CONDICION DE HABILIDAD O DESTREZA

A) GENERAL EN RELACION A:

**ESTATURA:**

INSUFICIENTE .....

SUFICIENTE .....

EXCESIVO.....

PUNTOS .....

**PESO:**

INSUFICIENTE .....

SUFICIENTE .....

EXCESIVO .....

PUNTOS.....

**BIOTIPO:**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE.....

**RITMO:**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE .....

**COORDINACION (OJO MUSCULO):**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE.....

**SENTIDO PROPIOCEPTIVO:**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE .....

**EQUILIBRIO:**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE .....

PUNTOS .....

**VELOCIDAD:**

BUENO .....

REGULAR .....

DEFICIENTE .....

PUNTOS.....

**PREDISPOSICION AL MAREO:**

SI .....

NO.....

**AL VERTIGO ROTATORIO:**

SI.....

NO.....

**PRECISION:**

BUENA .....  
 REGULAR .....  
 DEFICIENTE .....  
 PUNTOS .....

**PUNTERIA:**

BUENA .....  
 REGULAR .....  
 DEFICIENTE .....  
 PUNTOS .....

**B) ESPECIAL (DEPORTE, .....**

1ª .....	6ª .....
2ª .....	7ª .....
3ª .....	8ª .....
4ª .....	9ª .....
5ª .....	10ª .....

**OBSERVACIONES:**

**VALORACION DE HABILIDAD O DESTREZA: GENERAL..... ESPECIAL.....**

**VALORACION TOTAL:**

C. ANATOMICA = ..... PUNTOS  
 C. FISIOLOGICA = ..... PUNTOS  
 C. MOTORA = ..... PUNTOS  
 C. PSICOSENSORIAL = ..... PUNTOS  
 C. HABILIDAD O DESTREZA = ..... PUNTOS  
  
 TOTAL = ..... PUNTOS

**JUICIO DE LA APTITUD FISICA:**

**OBSERVACIONES:**

CONDICION BIOLOGICA

VALORACION DE LA FICHA MEDICA .....

VALORACION DE LA AP. FISICA .....

JUICIO RESUMEN DE LA CONDICION BIOLOGICA PARA EL EJERCICIO MUSCULAR:

## RESULTADOS

### III.- Pruebas rectangulares con coeficiente de carga por Kg. de peso.-

#### 1. 1.- Introducción.-

Se practicó este tipo de prueba sobre un grupo de 30 individuos, elegidos aleatoriamente, entre estudiantes de Medicina, varones, cuyas características generales se expresan en la tabla 2: Se aplicó una prueba rectangular, - con coeficiente 2,5 vatios por Kg. de peso, después de un calentamiento de 3 minutos a 50 vatios. La potencia total a aplicar, se alcanzaba progresivamente a lo largo de un minuto, para continuar luego de forma rectangular, hasta el agotamiento.

Se eligió la sobrecarga de 2,5 vatios, con objeto de estudiar la intensidad del esfuerzo en razón a buscar una prueba aeróbica máxima, para adultos jóvenes en buen estado de aptitud, incluso practicando actividades deportivas, pero que no fueron atletas en entrenamiento activo e intenso.

El período de esfuerzo tuvo una duración media de 7 minutos. Se siguió como criterio de recuperación, la vuelta a la normalidad de la ventilación, el  $\dot{V}O_2$ , la FR y la frecuencia cardíaca.

Se han tomado en cuenta los valores de cada variable, hasta que se alcanzó una recuperación considerada como completa, en dos minutos consecutivos. El tiempo medio de recuperación fué de 8,1 minutos.

#### 1. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.- Ventilación.-

Ventilación (l/min).

En el período de reposo alcanzan los 12,83 l/min. y para pasar a 63,33

l/min. durante el esfuerzo, y 30,83 l/min. en recuperación.

La frecuencia respiratoria en reposo fué de 14,15/min., en esfuerzo 28,6/min. y en recuperación 19,0/min.

El volúmen corriente (VC) en reposo era de 900 ml., en esfuerzo de 2.357 ml., para bajar a 1.676 en recuperación.

La capacidad vital fué de 5,06 l. en VEMS de 4,37 y el índice de Tiffeneau, de 87,14.

( Tablas: 26, 36, 37 y 38 ).

#### Eliminación de CO<sub>2</sub>.-

En reposo 394,6 ml./min., para pasar en el esfuerzo a 2091 ml./min. y bajar a 902 ml./min. en recuperación.

( Tablas: 26, 36, 37 y 38 ).

#### Consumo de O<sub>2</sub>.-

En reposo era de 416,09 ml./min. subiendo a 2.367 ml./min. en el esfuerzo y obteniéndose 847,3 ml./min. en la recuperación.

La expresión de oxígeno consumido por Kg. de peso: O<sub>2</sub>/P, fué de 6,13 ml./kg. en reposo, alcanzando 34,43 ml./kg. en esfuerzo y 12,33 en recuperación.

( Tablas: 2, 36-38 ).

**Equivalentes.-**

El EQ en reposo era de 34,46 y en esfuerzo de 30,93, subiendo a 38,64 durante la recuperación.

El EQ diferencial fué de 10,13, media del que fué calculado individualmente.

( Tablas: 26, 36-38 ).

**Cociente (CR).-**

En reposo fue de 1,04 para pasar a 0,98 en esfuerzo y llegar a 1,11 en la recuperación.

**Costes de Oxígeno, deudas y coeficiente de utilización de  $O_2$ .-**

El coste de oxígeno en el esfuerzo fué de 14,63 l. siendo de 17,61 l. el coste total del ejercicio (esfuerzo y recuperación).

La deuda de oxígeno alcanzó 3.348 ml. siendo adquirida a un ritmo de 742 ml. cada minuto de ejercicio, la  $DO_2/t$  en relación a los Kgs. de peso fué de 11,08 ml./min. por Kg.

La utilización de oxígeno en relación al esfuerzo ventilatorio  $CUO_2$  fué de 33,90 ml. de  $O_2$  por litro de ventilación para el reposo, llegando a 39,84 en el ejercicio y 30,06 ml. en la recuperación.

( Tablas 26, 36-38 ).

**1. 3.- Adaptación cardiovascular.-**

TABLA 26

PRUEBAS RECTANGULARES. 2,5 watts/kg. - REPOSO  
Valores medios y desviación estandar

	EO	CR	V	V O <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	CV	VEMS	IT	E	P	T	Fc	MBC	VC	O <sub>2</sub> /P	PO <sub>2</sub>	CUO <sub>2</sub>
$\bar{X}$	36.66	1.06	17.83	394.64	416.09	16.15	5.06	4.37	87.14	70.40	69.30	1.77	77.90	133.27	0.9	6.139	5.69	33.90
S	16.69	0.39	3.17	37.71	151.65	3.58	0.55	0.50	6.02	4.18	7.87	0.07	12.40	27.22	0.3	2.136	2.42	13.22

TABLA 36

## PRUEBAS RECTANGULARES. 2,5 watts/kg. -ESFUERZO

Valores medios y desviación estandar

EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> E	W	EQd	DO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub> /t	Fc	PO <sub>2</sub>	
X	30.93	0.74	63.33	2071.	2367.	28.6	7.	2357.	68.7	34.43	39.84	14.63	172.	10.13	3348.	741.	133.	12.54
S	12.49	0.35	17.16	633.	1059.	7.1	6.	779.	7.9	15.05	20.52	17.16	20.	6.57	1962.	613.	30.	10.43

TABLA 37

## PRUEBAS RECTANGULARES 2,5 WATTS/Kg. - RECUPERACION I.

Valores medios y desviación estandar

EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t <sub>r</sub>	VC	O <sub>2</sub> /P	CO <sub>2</sub> T	DO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub> /√P	EQd	Fc	PO <sub>2</sub>	Trab	Met.d	Cal.T	te	
$\bar{X}$	38,64	1,11	30,83	902	847,3	19,0	8,1	1676,0	12,33	17,60	3348	11,08	10,13	110,83	7,82	7222	631	86,3	6,9
S	12,12	0,32	9,36	293	325,4	4,2	2,7	619,5	4,30	17,55	1962	8,13	6,57	21,75	3,36	6710	348	85,9	6,1

TABLA 38

## PRUEBAS RECTANGULARES. 2,5 watts/kg. - RECUPERACION II

Valores medios y desviación estandar

EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t <sub>r</sub>	O <sub>2</sub> /P	ClO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> I	DO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub> /t	EQd	PO <sub>2</sub>	T <sub>reb.</sub>	Cal T to	Met. r	Met. e		
$\bar{X}$	38,64	1,11	30,83	902	847	19,0	8	12,33	30,06	17,61	3348	741	10,13	7,82	7221,6	86,3	7	3,52	9,83
S	12,12	0,32	9,36	293	325	4,2	3	4,30	14,85	17,55	1962	613	6,57	3,36	6709,8	85,9	6	1,23	4,30

La frecuencia cardíaca en reposo fué de 77,90 pulsaciones/min. para pasar a 133 durante el esfuerzo y 110 de media en los 8,1 min. de recuperación.

El pulso de oxígeno ( $PO_2$ ) era de 5,69 ml./latido en reposo, alcanzando 19,54 en esfuerzo y 7,82 en recuperación.

( Tablas: 26, 36-38 ).

#### 1. 4.- Otros datos.-

El trabajo total realizado durante los 7 minutos de esfuerzo, alcanzó una media de 7.222,6 Kpm.

Las calorías totales, producidas a consecuencia del esfuerzo fueron 86,3Kcal.

El metabolismo (Mets) durante el esfuerzo fué de 1,83 mets, y en la recuperación de 3,52 mets.

( Tablas: 26, 36-38 ).

#### 1. 5.- Correlaciones entre los valores de las diferentes variables.-

Hemos relacionado los valores de las distintas variables medidas en reposo, esfuerzo y recuperación de acuerdo con el programa especificado en el Capítulo II.

Para la ventilación existe una correlación en reposo con el  $VCO_2$  de  $(r=0,444)$ , pero durante el esfuerzo aumenta a  $(r=0,857)$  y en recuperación  $(r=0,835)$ .

La relación entre capacidad vital (CV), VEMS y Tiffeneau, en reposo con las distintas variables, es pequeña.

La relación entre consumo de  $O_2$  ( $VO_2$ ) y EQ durante el reposo fué ( $r=0,694$ ), para pasar en el esfuerzo a ( $r=0,711$ ) y bajar a ( $r=0,495$ ) en recuperación.

El  $O_2/P$  en reposo con el  $PO_2$  tiene ( $r=0,760$ ) y en recuperación aumenta ( $r=0,830$ ).

El EQ mantiene con el CR en reposo una ( $r=0,741$ ), en esfuerzo ( $r=0,729$ ) en recuperación ( $r=0,832$ ).

La  $DO_2$  con el  $PO_2$  en esfuerzo ( $r=0,674$ ) para poner en recuperación a ( $r=0,703$ ).

La  $DO_2$  en el esfuerzo con  $O_2/P$  tiene ( $r=0,564$ ) que pasa a ( $r=0,711$ ) en la recuperación.

La  $CUO_2$  mantiene con EQ y CR gran relación en los distintos períodos.

El  $PO_2$  en reposo con la  $O_2/P$  alcanzan ( $r=0,734$ ) en ejercicio ( $r=0,760$ ) y en recuperación alcanza ( $r=0,830$ ).

El  $PO_2$  con la  $DO_2$  en ejercicio era ( $r=0,647$ ) en la recuperación sube a ( $r=0,703$ ).

Calorías totales y trabajo alcanzan ( $r=0,880$ ).

TABLA 3

TABLA DE CORRELACION,

## PRUEBAS RECTANGULARES, 2.5W/KG. REPOSO

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	V <sub>O<sub>2</sub></sub>	FR	CV	VEMS	IT	E	P	T	Fe	MBC	VC	O <sub>2</sub> /P	PO <sub>2</sub>	CUO <sub>2</sub>	
EQ	1	0.741	1.000	0.576	0.077	-0.694	-0.321	-0.236	0.226	0.041	0.175	-0.094	-0.183	0.160	-0.109	0.418	-0.665	-0.666	-0.884
CR	2	0.741	1.000	0.318	0.524	-0.650	-0.231	0.018	0.312	0.057	0.100	0.045	-0.028	0.026	0.036	0.096	-0.640	-0.544	-0.717
V	3	0.576	0.318	1.000	0.444	0.051	-0.053	-0.413	0.172	0.043	0.417	0.078	0.031	0.307	0.025	0.511	-0.013	-0.121	-0.462
VCO <sub>2</sub>	4	0.077	0.524	0.444	1.000	0.226	0.131	-0.053	0.251	0.180	0.261	0.274	0.198	-0.043	0.193	-0.004	0.113	0.191	-0.024
V <sub>O<sub>2</sub></sub>	5	-0.694	-0.650	0.051	0.226	1.000	0.342	-0.062	-0.199	0.143	0.156	0.175	0.164	-0.003	0.030	-0.145	0.908	0.842	0.845
FR	6	-0.321	-0.231	-0.053	0.131	0.342	1.000	-0.085	-0.075	0.230	0.450	-0.036	-0.018	0.223	-0.099	-0.576	0.352	0.188	0.263
CV	7	-0.236	-0.018	-0.413	-0.053	-0.062	-0.085	1.000	0.193	-0.258	-0.117	0.501	0.483	-0.010	0.168	-0.376	-0.190	0.031	0.104
VEMS	8	0.226	0.312	0.172	-0.251	-0.199	-0.075	0.193	1.000	0.357	-0.101	0.543	0.542	-0.097	0.495	0.070	-0.436	-0.095	-0.268
IT	9	0.041	0.057	0.043	0.180	0.143	0.230	-0.258	0.357	1.000	0.042	-0.101	-0.126	-0.125	0.149	-0.147	0.144	0.148	0.174
E	10	0.175	0.100	0.417	0.261	0.156	0.450	-0.117	-0.101	0.042	1.000	0.172	-0.047	0.508	-0.087	-0.028	0.136	-0.072	-0.111
P	11	-0.094	0.045	0.078	0.274	0.175	-0.036	0.501	0.543	-0.101	0.172	1.000	0.660	0.079	0.268	0.116	-0.148	0.148	0.039
T	12	-0.183	-0.028	0.031	0.198	0.164	-0.018	0.483	0.542	-0.126	-0.047	0.660	1.000	0.031	0.250	0.003	-0.100	0.229	0.037
Fe	13	0.160	-0.026	0.307	-0.043	-0.003	0.223	-0.010	-0.097	-0.125	0.508	0.079	0.031	1.000	0.163	-0.131	0.022	-0.273	-0.203
MBC	14	-0.109	0.036	0.025	0.193	0.030	-0.099	0.168	0.495	0.149	-0.087	0.268	0.250	0.163	1.000	-0.012	-0.033	-0.133	0.028
VC	15	0.418	0.096	0.511	-0.004	-0.145	-0.576	-0.376	0.070	-0.147	-0.028	0.116	0.003	-0.131	-0.012	1.000	-0.184	-0.218	-0.358
O <sub>2</sub> /P	16	-0.665	-0.640	-0.013	0.113	0.908	0.352	-0.190	-0.436	0.144	0.136	-0.148	-0.100	0.022	-0.033	-0.184	1.000	0.734	0.818
PO <sub>2</sub>	17	-0.666	-0.544	-0.121	0.191	0.842	0.188	0.031	-0.095	0.148	-0.072	0.148	0.229	-0.273	-0.133	-0.218	0.734	1.000	0.805
CUO <sub>2</sub>	18	-0.884	-0.717	-0.462	-0.024	0.845	0.263	0.104	-0.268	0.174	-0.111	0.039	0.037	-0.203	-0.028	-0.358	0.818	0.805	1.000

SIRSYS

TABLA 4

TABLA DE CORRELACION.

PRUEBAS RECTANGULARES, 2.5M/KG. EJERCICIO

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	V <sub>O<sub>2</sub></sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /g	CUO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> E	W	EQd	DO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub> t	Fe	PO <sub>2</sub>
EQ 1	1.000	0.729	0.250	-0.092	-0.711	-0.035	-0.276	0.311	0.053	-0.752	-0.873	-0.416	0.040	-0.027	-0.357	0.051	-0.011	-0.597
CR 2	0.729	1.000	0.300	0.281	-0.600	-0.098	-0.266	0.374	0.056	-0.633	-0.779	-0.338	0.036	-0.167	-0.189	0.157	0.150	-0.480
V 3	0.250	0.300	1.000	0.857	0.334	0.416	-0.003	0.501	0.494	0.196	-0.448	0.255	0.491	0.141	0.284	0.347	0.250	0.195
VCO <sub>2</sub> 4	-0.092	0.281	0.857	1.000	0.491	0.388	0.076	0.398	0.417	0.389	-0.174	0.385	0.413	0.070	0.412	0.328	0.279	0.380
V <sub>O<sub>2</sub></sub> 5	-0.711	-0.600	0.334	0.491	1.000	0.367	0.189	-0.017	0.242	0.947	0.628	0.549	0.253	0.065	0.620	0.305	0.037	0.810
FR 6	-0.035	-0.098	0.416	0.388	0.367	1.000	-0.113	-0.374	0.355	0.297	-0.010	0.142	0.350	-0.045	0.268	0.335	-0.045	0.286
t 7	-0.276	-0.266	-0.003	0.076	0.189	-0.113	1.000	0.110	-0.005	0.185	0.199	0.856	-0.001	-0.397	0.332	-0.461	-0.407	0.336
VC 8	0.311	0.374	0.501	0.398	-0.017	-0.374	0.110	1.000	0.192	-0.072	-0.414	0.169	0.193	0.189	0.072	0.062	0.259	-0.080
PP 9	0.053	0.056	0.494	0.417	0.242	0.355	-0.005	0.192	1.000	-0.050	-0.125	0.158	0.998	-0.094	0.151	0.279	-0.117	0.144
O <sub>2</sub> /g 10	-0.752	-0.633	0.196	0.389	0.947	0.297	0.185	-0.072	-0.050	1.000	0.686	0.504	-0.037	0.120	0.564	0.215	0.102	0.760
CUO <sub>2</sub> 11	-0.873	-0.779	-0.448	-0.174	0.628	-0.010	0.199	-0.414	-0.125	0.686	1.000	0.318	-0.113	-0.064	0.369	0.010	-0.130	0.543
CO <sub>2</sub> E 12	-0.416	-0.338	0.255	0.385	0.549	0.142	0.856	0.169	0.158	0.504	0.318	1.000	0.164	-0.279	0.515	-0.255	-0.295	0.608
W 13	0.040	0.036	0.491	0.413	0.253	0.350	-0.001	0.193	0.998	-0.037	-0.113	0.164	1.000	-0.066	0.143	0.267	-0.112	0.153
EQd 14	-0.027	-0.167	0.141	0.070	0.065	-0.045	-0.397	0.189	-0.094	0.120	-0.064	-0.279	-0.066	1.000	-0.296	0.002	0.536	-0.165
DO <sub>2</sub> 15	-0.357	-0.189	0.284	0.412	0.620	0.268	0.332	0.072	0.151	0.564	0.369	0.515	0.143	-0.296	1.000	0.566	-0.298	0.647
DO <sub>2</sub> t 16	0.051	0.157	0.347	0.328	0.305	0.335	-0.461	0.062	0.279	0.215	0.010	-0.255	0.267	0.002	0.566	1.000	0.089	0.196
FC 17	-0.011	0.150	0.250	0.279	0.037	-0.045	-0.407	0.259	-0.117	0.102	-0.130	-0.295	-0.112	0.536	-0.298	0.089	1.000	-0.382
PO <sub>2</sub> 18	-0.597	-0.480	0.195	0.380	0.810	0.286	0.336	-0.080	0.144	0.760	0.543	0.608	0.153	-0.165	0.647	0.196	-0.382	1.000

SIRSYS

TABLA 5

TABLA DE CORRELACION.

PRUEBAS RECTANGULARES 2.5 MKG.-RECUPERACION I

	EQ	CR	v	v <sub>CO2</sub>	v <sub>O2</sub>	FR	t	VC	ε <sub>2,p</sub>	CO <sub>2</sub> T	BO <sub>2</sub> t	BO <sub>2</sub> t	Fe	PO <sub>2</sub>	Trab.	Mets D	Call.	te
EQ 1	1.000	0.832	0.479	0.189-0.495-0.231	0.129	0.555-0.559-0.494-0.458	0.162	0.462	0.486-0.688-0.419-0.478-0.495-0.466									
CR 2	0.432	1.000	0.372	0.389-0.423-0.074-0.016	0.340-0.513-0.525-0.524	0.143	0.397	0.214-0.507-0.451-0.535-0.525-0.497										
v 3	0.479	0.372	1.000	0.835	0.475	0.207-0.289	0.709	0.360-0.163	0.262	0.631	0.231	0.523	0.116-0.353-0.039-0.164-0.424					
v <sub>CO2</sub> 4	0.189	0.389	0.835	1.000	0.648	0.293-0.410	0.484	0.497-0.103	0.279	0.580	0.127	0.221	0.411-0.317	0.028-0.104-0.381				
v <sub>O2</sub> 5	-0.495-0.423	0.475	0.648	1.000	0.270-0.320	0.189	0.931	0.352	0.731	0.489-0.206	0.030	0.841	0.071	0.508	0.351	0.047		
FR 6	-0.231-0.074	0.207	0.293	0.270	1.000-0.438-0.477	0.246-0.106	0.227	0.386-0.128-0.066	0.252-0.183	0.047-0.315	0.366-0.061	0.160	0.343					
t 7	0.129-0.016-0.289-0.410-0.320-0.438	1.000-0.477-0.053	1.000	0.115-0.075	0.076	0.267	0.373	0.497-0.109-0.229	0.053-0.076-0.268									
VC 8	0.555	0.340	0.709	0.484	0.189-0.477-0.053	1.000	0.115-0.075	0.076	0.267	0.373	0.497-0.109-0.229	0.053-0.076-0.268						
ε <sub>2,p</sub> 9	-0.559-0.513	0.360	0.497	0.931	0.246-0.361	0.115	1.000	0.309	0.711	0.472-0.184-0.045	0.830	0.042	0.564	0.307	0.062			
CO <sub>2</sub> T 10	-0.494-0.525-0.163-0.103	0.352-0.106	0.160-0.075	0.309	1.000	0.592-0.257-0.282-0.046	0.311	0.879	0.525	1.000	0.846							
BO <sub>2</sub> t 11	-0.458-0.524-0.262	0.279	0.731	0.227-0.066	0.076	0.711	0.592	1.000	0.498-0.296-0.124	0.703	0.335	0.446	0.591	0.332				
BO <sub>2</sub> t,p 12	0.162	0.143	0.631	0.580	0.489	0.386-0.252	0.267	0.472-0.257	0.498	1.000	0.086	0.059	0.371-0.499	0.055-0.259-0.510				
EQ 13	0.462	0.397	0.231	0.127-0.206-0.128-0.183	0.373-0.184-0.282-0.296	0.086	1.000	0.396-0.417-0.392	0.211-0.282-0.397									
Fe 14	0.486	0.214	0.523	0.221	0.030-0.066	0.047	0.497-0.045-0.046-0.124	0.059	0.396	1.000-0.459-0.078	0.132-0.044-0.159							
PO <sub>2</sub> 15	-0.688-0.507	0.116	0.411	0.841	0.266-0.315-0.109	0.830	0.311	0.703	0.371-0.417-0.459	1.000	0.098	0.351	0.310	0.122				
Trab 16	-0.419-0.451-0.353-0.317	0.071-0.155	0.366-0.229	0.042	0.879	0.335-0.499-0.392-0.078	0.098	1.000	0.210	0.880	0.984							
Mets D 17	-0.478-0.535-0.039	0.028	0.508-0.111-0.061	0.053	0.564	0.525	0.446	0.055	0.211	0.132	0.351	0.210	1.000	0.524	0.206			
Call 18	-0.495-0.525-0.164-0.104	0.351-0.103	0.160-0.076	0.307	1.000	0.591-0.259-0.282-0.044	0.310	0.880	0.524	1.000	0.847							
te 19	-0.466-0.497-0.424-0.381	0.047-0.182	0.343-0.268	0.062	0.846	0.332-0.510-0.397-0.159	0.122	0.984	0.206	0.847	1.000							

SIASYS

TABLA 6

## TABLA DE CORRELACION.

## PRUEBAS RECTANGULARES 2.5 W\*KG..RECUPERACION II

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	V <sub>O<sub>2</sub></sub>	FR	t	O <sub>2</sub> /p	CO <sub>2</sub> T	DO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub> Δ	EQΔ	PO <sub>2</sub>	Trab	Cal T	t <sub>g</sub>	Mets r	Mets e	
EQ 1	1.000	0.832	0.479	0.188	-0.495	-0.231	0.129	-0.559	-0.904	-0.494	-0.458	0.137	0.462	-0.688	-0.419	-0.495	-0.466	-0.558	-0.547
CR 2	0.832	1.000	0.372	0.389	-0.423	-0.074	-0.016	-0.513	-0.801	-0.524	-0.524	0.075	0.397	-0.507	-0.451	-0.525	-0.497	-0.513	-0.580
V 3	0.479	0.372	1.000	0.833	0.475	0.207	-0.289	0.360	-0.567	-0.163	0.262	0.071	0.231	0.116	-0.353	-0.164	-0.424	0.398	0.071
VCO <sub>2</sub> 4	0.188	0.389	0.833	1.000	0.648	0.292	-0.410	0.497	-0.320	-0.102	0.278	0.612	0.127	0.411	-0.315	-0.103	-0.380	0.494	0.165
V <sub>O<sub>2</sub></sub> 5	-0.495	-0.423	0.475	0.648	1.000	0.270	-0.320	0.931	0.384	0.352	0.731	0.568	-0.206	0.841	0.071	0.351	0.047	0.929	0.678
FR 6	-0.231	-0.074	0.207	0.292	0.270	1.000	-0.438	0.246	0.048	-0.106	0.227	0.326	-0.128	0.266	-0.155	-0.104	-0.182	0.240	-0.021
t 7	0.129	-0.016	-0.289	-0.410	-0.320	-0.438	1.000	-0.361	-0.053	0.160	-0.066	-0.238	-0.183	-0.315	0.366	0.160	0.343	-0.362	-0.153
O <sub>2</sub> /p 8	-0.559	-0.513	0.360	0.497	0.931	0.246	-0.361	1.000	0.463	0.308	0.711	0.477	-0.184	0.830	0.042	0.307	0.062	1.000	0.743
CO <sub>2</sub> T 9	-0.904	-0.801	-0.567	-0.320	0.384	0.048	-0.053	0.463	1.000	0.462	0.447	-0.119	-0.416	0.646	0.388	0.462	0.460	0.463	0.504
DO <sub>2</sub> Δ 10	-0.494	-0.524	-0.163	-0.102	0.352	-0.106	0.160	0.308	0.462	1.000	0.592	-0.173	-0.282	0.311	0.879	1.000	0.846	0.309	0.514
DO <sub>2</sub> 11	-0.458	-0.524	0.262	0.278	0.731	0.227	-0.066	0.711	0.447	0.592	1.000	0.566	-0.296	0.703	0.335	0.591	0.332	0.708	0.564
DO <sub>2</sub> /t 12	0.137	0.075	0.671	0.612	0.568	0.326	-0.238	0.477	-0.119	-0.173	0.566	1.000	0.002	0.411	-0.436	-0.175	-0.461	0.471	0.215
EQΔ 13	0.462	0.397	0.231	0.127	-0.206	-0.128	-0.183	-0.184	-0.416	-0.282	-0.296	0.002	1.000	-0.417	-0.392	-0.282	-0.397	-0.179	0.120
PO <sub>2</sub> 14	-0.688	-0.507	0.116	-0.411	0.841	0.266	-0.315	0.830	0.646	0.311	0.703	0.411	-0.417	1.000	0.098	0.310	0.122	0.827	0.521
Trab 15	-0.419	-0.451	-0.353	-0.315	0.071	-0.155	0.366	0.042	0.388	0.879	0.335	-0.436	-0.392	0.098	1.000	0.880	0.984	0.043	0.182
Cal T 16	-0.495	-0.525	-0.164	-0.103	0.351	-0.104	0.160	0.307	0.462	1.000	0.591	-0.175	-0.282	0.310	0.880	1.000	0.847	0.308	0.513
t <sub>g</sub> 17	-0.466	-0.497	-0.424	-0.380	0.047	-0.182	0.343	0.062	0.460	0.846	0.332	-0.461	-0.397	0.122	0.984	0.847	1.000	0.063	0.185
Mets r 18	-0.558	-0.513	0.358	0.494	0.929	0.240	-0.362	1.000	0.463	0.309	0.708	0.471	-0.179	0.827	0.043	0.308	0.063	1.000	0.744
Mets e 19	-0.547	-0.580	0.071	0.165	0.678	-0.021	-0.153	0.743	0.504	0.514	0.564	-0.215	0.120	0.521	0.182	0.513	0.185	0.744	1.000

SIBSYS

Los Metr con el  $PO_2$  en recuperación ( $r=0,827$ ). Los Metr con Metse ( $r=0,744$ ).

( Tablas: 3, 4, 5 y 6 ).

### III.2.- Pruebas largas de carga creciente.-

#### 2. 1.- Introducción.-

Se han realizado sobre un total de 117 individuos, de los cuales 17 son atletas y 100 no lo son. Las características generales de ambos grupos se incluyen en la Tabla 2. Ambos grupos tenían una buena condición fisiológica; el grupo de atletas eran universitarios en entrenamiento y participantes en competiciones, pero no eran de "élite".

Se les aplicó una prueba rectangular, en escalones, con carga creciente, en la progresión siguiente de potencias, expresadas en vatios:

50 - 80 - 100 - 120 - 140 - 160

La duración de cada escalón era variable, pero sólo se pasaba el escalón siguiente si se producía una buena adaptación:  $\pm 15\%$  de variación en el  $VO_2$  y  $V, EQ. O_2 < 30$  y se vigilaba el QR, se atendía también el espirograma, para mayor seguridad (frecuencia, VC).

Si el individuo se adaptaba bien a la potencia del escalón se le pasaba al siguiente.

La aplicación de las potencias se hacía en este tipo de pruebas de forma instantánea, como rigurosos escalones.

En el período de recuperación se contabilizaron sólo datos de las variables hasta que se consiguió la vuelta a la normalidad.

Al grupo no atleta se le llamó: Grupo A. Los atletas forman el Grupo B.

## 2. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-

### Ventilación.-

En reposo el grupo A tuvo una  $\dot{V}$  de 10,9 l./min. y el B, 11,78 l./min.

Con 50 vatios, A aumentó a 27,05 y B a 25,52. Continuaron la subida ambos grupos, siendo ligeramente mayor la del grupo A durante los esfuerzos de 80 - 100 - 120 - 140 vatios, en el último período de 160 vatios, el A llegó a 76,92 l./min. mientras que el B alcanzó sólo 55,30 l./min. En recuperación, el A 19,76 l./min. y el B, 20,81 l./min. (Tablas: 39, 40, 41 y 42).

La FR en reposo fué para A, de 15,1 y para B, de 12,5 respiraciones por minuto. Con 50 vatios, A subió a 21,5 ciclos, mientras que B lo hizo hasta 19,0. Continuaron aumentando la frecuencia respiratoria para 80 - 100 - 120 vatios, pero para 140 y 160, las frecuencias del B fueron más altas (29,9 y 31,8) que para el A (27,2 y 27,9).

En recuperación, el A, 9,3 y el B, 9,1. (Tablas: 39 a 42).

El VC (volumen corriente), fué de 744,8 ml/min. para el A, y 1054,5 para el B, ámbos en reposo. El grupo A en los distintos escalones, fué alcanzando las siguientes magnitudes: 1300 ml./min., 1493 ml./min., 1787 ml./min., 1850 ml./min.

2296 ml./min., y 2974 ml./min. para 160 vatios. Con las mismas potencias, el grupo B alcanzó sucesivamente 1290 ml./min., 1634 ml./min., 1924 ml./min., 1799 ml./min., 1911 ml./min y sólo 1895 ml./min. para 160 vatios.

En recuperación, el A 1141 ml./min. y el B, 1118 ml./min. (Tablas 39 a 42).

#### Eliminación de $\text{CO}_2$ ( $\text{VCO}_2$ ),-

En reposo, el A tiene 370,3 ml./min. y el B, 354,8 ml./min. El A en 50 vatios produce 769 y continua en las sucesivas potencias ascendiendo, hasta llegar a 2221,7 ml./min. en 140 vatios y 2442,9 ml./min. en 160 vatios.

El B en 50 vatios elimina 929 y llega a 2217,8 ml./min. para 140 vatios, y 2555,1 ml./min. para 160 vatios.

En recuperación el A tiene 688,9 ml./min. y el B, 704,6 ml./min. (Tablas: 39 a 42).

#### Consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ),-

En reposo el A tiene 385,9 ml./min. y el B 404 ml./min. Progresivamente, va ascendiendo el consumo del A: Para 50 vatios 841,2 ml./min. y en las sucesivas potencias: 1346; 1687; 2096,9; 2170,5 para 140 vatios y 2155 ml./min. para 160 vatios.

El grupo B, tiene en 50 vatios un consumo de 1070,9 ml./min. y va consumiendo en los distintos escalones: 1295,4 ml./min; 1644,8; 1919,4; 2254,8 para 140 vatios y 2557,8 para 160 vatios. En recuperación, el A 658,1 ml./min. y el

B 657 ml./min. (Tablas: 39 a 42).

El  $O_2/P$  para el grupo A en reposo es de 5,82 ml./kg., mientras que el B consume 6 ml./kg. En 50 vatios, el A 12,28 y continua consumiendo en los distintos escalones: para 80 vatios, 20,31; para 100 es 25,50; llega a 32,75 para 140 vatios y para 160 vatios alcanza 33,04. El grupo B, alcanza rápidamente 17,11 en 50 vatios, pasando a 18,94 para 80 vatios y llega a 34,60 en 140 vatios y 38,16 en 160 vatios. En recuperación, el B 9,88 ml./kg. y el A 10,05 ml./kg. (Tablas: 39 a 42).

#### **Equivalentes.-**

El EQ para el A en reposo fué de 30,38 y para el B de 30,8. Con 50 vatios, el A asciende a 35,93, mientras el B disminuye a 24,45; después ambos grupos siguen un curso aproximado y paralelo en sus EQ, pero siempre más bajos en el grupo B, hasta llegar a la potencia máxima de 160 vatios, donde el A alcanza 36,72, mientras el B sólo 19,92. En recuperación el A, 32,02 y el B, 31,84. (Tablas: 39 a 42).

El EQ  $CO_2$  en reposo para el A es de 30,81 y para el B de 35,19. Durante los esfuerzos siguen un curso paralelo, aunque más bajo para el grupo B; siendo en 160 vatios para A de 31,91, mientras que B llega a 22,06, con un CR para ambos superior a la unidad. En recuperación, el A 30,33 y el B, 30,15. (Tablas: 39 a 42).

#### **• Cociente (QR ó CR).-**

En reposo, A tiene 0,99 y B, 0,89. El grupo A pasa por los diferentes esfuerzos con valores del orden de: 0,96; 0,93; 0,95; 0,97; 1,03 para 140 vatios,

y 1,16 para 160 vatios.

El B en 50 vatios 0,86 y continua en las restantes potencias con: 0,92; 0,97; 1,0 para 120 vatios; 1 para 140 vatios y 1,01 para 160 vatios.

En la recuperación, el A 1,10 y el B, 1,14. (Tablas 39 a 42).

Coste de oxígeno, Deuda y Coeficiente de utilización del oxígeno ( $\text{CO}_2\text{E}$ ;  $\text{DO}_2$ ;  $\dot{\text{C}}\text{UO}_2$ ).-

El  $\text{CO}_2\text{E}$  fué de 1,32 l. para el A a 50 vatios y continua ascendiendo - en las distintas potencias respectivamente: 8,34 l.; 9,54 l.; 11,05 l.; 8,33 l. y - 6,05 l.

El B en 50 vatios 2,72 l. y respectivamente en las potencias: 5,69 l.; 6,45 l.; 12,45 l.; 7,96 l. y 9,09 l.

La deuda de oxígeno, para el grupo A fué de 2407 ml. y para el B, - 2673 ml.

El  $\text{CUO}_2$  en reposo para el A es 39,13 ml./l., el B 37,32 ml./l.

Continúan ascendiendo en las distintas potencias al ritmo siguiente: para el A, 32,26; 48,26; 40,53; 53,09; 38,25 y 28,08. Para el B: 46,22; 45,18; 41,35; 42,32; 41,81 y 50,05 para 160 vatios.

En la recuperación el A tuvo 37,53 y el B 34,10. (Tablas: 39 a 42).

TABLA 39

PRUEBAS LARGAS. - REPOSO  
Valores medios y desviación estándar

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	CV	VEMS	IT	E	P	T	Fc	VC	O <sub>2</sub> /P	PO <sub>2</sub>	CUC <sub>2</sub>	EQCO <sub>2</sub>	Mets
Grupo B	$\bar{X}$ 30.80	0.89	11.78	354.8	404.0	12.9	5225.0	4693.7	90.1	21.9	67.2	1.74	64.2	1054.5	6.00	6.40	37.32	35.19	1.71
	S 11.15	0.21	3.34	99.3	118.3	4.0	731.0	582.8	5.3	1.5	7.1	0.06	6.5	626.4	1.60	2.09	15.84	11.57	0.46
Grupo A	$\bar{X}$ 30.38	0.99	10.90	370.3	385.9	15.1	5160.6	4403.2	85.7	21.7	66.1	1.71	78.2	744.8	5.82	5.02	39.13	30.81	1.66
	S 11.73	0.27	3.40	111.2	106.1	4.1	670.0	752.6	10.8	6.4	7.5	0.16	9.2	308.6	1.60	1.36	18.05	10.02	0.46

TABLA 40

## PRUEBAS LARGAS. ESFUERZO. - GRUPO A

Valores medios y desviación estándar en distintas potencias

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> E	Trab	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	ΔMets
50 Watts.	$\bar{X}$ 35.93	0.96	27.05	769.4	841.2	21.5	3.	1300.	67.09	12.28	32.26	1.32	1037.	36.80	3.51	6.43	1.80
	S 16.40	0.39	6.95	249.6	237.8	4.6	2.	394.	8.11	3.25	10.74	1.37	751.	16.25	0.93	6.72	0.93
80 Watts.	$\bar{X}$ 23.21	0.93	30.93	1244.1	1346.0	21.7	9.	1493.	66.63	20.31	66.28	6.34	4227.	24.61	5.81	40.67	4.16
	S 6.53	0.13	9.95	204.1	216.1	5.8	2.	546.	5.93	3.53	21.23	2.86	1051.	7.06	1.01	13.95	0.90
100 Watts.	$\bar{X}$ 26.43	0.95	43.47	1600.6	1687.0	25.6	7.	1787.	66.73	25.50	40.53	9.54	4409.	27.47	7.32	46.65	3.78
	S 6.12	0.11	10.45	210.9	223.2	6.2	3.	532.	5.97	3.94	12.63	3.91	1642.	6.41	1.15	19.17	1.08
120 Watts.	$\bar{X}$ 24.58	0.97	48.38	1985.9	2096.9	26.7	7.	1850.	65.88	30.77	51.09	11.05	5222.	26.53	9.69	54.10	7.65
	S 6.77	0.12	14.72	789.3	1007.3	8.5	5.	663.	6.73	8.40	70.36	7.63	3925.	9.80	6.54	37.29	5.65
140 Watts.	$\bar{X}$ 27.31	1.03	59.75	2221.7	2170.5	27.2	5.	2296.	66.70	32.75	80.25	8.33	3998.	26.76	9.35	40.77	7.82
	S 5.26	0.12	13.82	298.6	270.0	7.7	2.	625.	5.69	4.82	8.73	3.54	1599.	5.24	1.37	17.34	1.25
160 Watts.	$\bar{X}$ 36.72	1.16	76.92	2442.9	2155.1	27.9	4.	2974.	66.50	33.04	28.06	6.05	4328.	31.91	9.44	29.64	7.58
	S 7.88	0.13	11.95	438.2	554.3	4.5	2.	462.	5.47	10.58	6.39	2.16	2204.	3.92	3.02	10.60	3.33

TABLA 41

**PRUEBAS LARGAS. ESFUERZO. - GRUPO B**  
Valores medios y desviación estándar en distintas potencias

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> E	Trab	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	ΔMets
50 watts	$\bar{X}$ 24.45	0.16	25.52	929.0	1070.9	19.0	4.	1290.	66.03	17.11	46.22	7.72	1071.	28.69	4.49	13.30	3.29
	S	5.63	0.21	7.24	794.7	375.5	7.	276.	8.88	4.59	12.58	3.41	758.	6.53	1.31	16.72	1.32
80 watts	$\bar{X}$ 23.42	0.92	30.32	1198.6	1295.4	19.8	8.	1634.	69.41	18.94	45.14	5.69	3605.	25.79	5.41	27.85	3.71
	S	4.98	0.08	7.06	209.5	130.8	2.	612.	5.26	2.59	11.98	2.66	1204.	4.26	0.74	13.02	0.75
100 watts	$\bar{X}$ 25.66	0.97	42.24	1599.8	1644.8	22.7	5.	1924.	66.74	24.95	41.35	6.45	3187.	26.37	7.12	31.56	5.48
	S	5.60	0.08	9.89	175.7	130.6	5.5	557.	7.17	3.38	11.75	1.57	812.	5.51	0.97	8.17	0.91
120 watts	$\bar{X}$ 25.32	1.60	47.02	1843.9	1919.4	26.4	8.	1799.	68.22	28.34	47.32	12.45	5728.	25.44	8.09	60.95	6.46
	S	6.22	0.07	13.50	189.3	239.7	5.3	507.	6.36	3.83	11.93	7.29	2616.	6.50	1.09	15.74	1.24
140 watts	$\bar{X}$ 24.93	1.00	57.93	2217.8	2254.8	29.9	4.	1911.	66.30	34.60	41.81	7.96	3684.	26.50	9.84	38.98	8.05
	S	5.64	0.12	14.84	221.3	307.0	5.0	301.	7.95	6.76	14.18	2.85	861.	4.96	1.93	13.99	1.61
160 watts	$\bar{X}$ 18.92	1.01	55.30	2555.1	2557.8	31.8	4.	1895.	68.33	36.16	50.05	9.09	4081.	22.06	10.90	44.57	9.22
	S	1.75	0.10	16.59	292.7	414.8	7.3	439.	8.69	8.47	14.51	3.71	1122.	7.62	2.47	18.19	2.41

TABLA 42

## PRUEBAS LARGAS. RECUPERACION. - GRUPOS A Y B

Valores medios y desviación estandar

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub>	Metr	EQCO <sub>2</sub>	ΔMets
Grupo B															
$\bar{X}$	31.84	11.41	20.80	704.6	657.0	9.1	9.7	1118.	67.31	9.88	34.10	2673.	2.82	30.15	1.17
S	8.02	2.55	5.41	133.8	140.3	4.3	2.6	302.	6.99	2.39	11.17	1692.	0.68	7.22	0.71
Grupo A															
$\bar{X}$	32.02	11.05	19.76	688.9	658.1	8.5	9.3	1141.	66.21	10.05	37.53	2407.	2.87	30.33	1.37
S	11.52	2.75	7.03	193.5	240.4	4.7	3.6	489.	5.99	3.92	22.77	1815.	1.12	10.10	1.12

### 2. 3.- Otros datos.-

Capacidad vital, VEMS y Tiffeneau, fueron superiores en el grupo B.

Las calorías totales gastadas en el esfuerzo fueron para el grupo A. en 50 vatios, 6,43 Kcal.; y así sucesivamente para las distintas potencias: 40,87; 46,65; 54,10; 40,77 y 29,64 Kcal.

Para el B en las mismas condiciones: 13,30 Kcal.; 27,85; 31,56; 60,95; 38,98; y 44,52 Kcal.

El aumento del metabolismo (Mets) en reposo para el A era 1,66 y el B 1,71. Durante el esfuerzo se elevó en ambos grupos, alcanzando el A 7,58 para 160 vatios y el B, 9,22.

En el periodo de recuperación, el incremento es todavía de 1,37 para el A sobre el de reposo y de 1,17 para el B. (Tablas: 39 a 42).

Los tiempos en los que permanecieron en las distintas potencias, hasta su adaptación, fueron para el grupo A de 50 a 160 vatios los siguientes: 3 min. 9 min.; 7 min.; 7 min.; 5 min.; 4 min. Para el B: 4 min.; 8 min.; 5 min.; 8 min.; 4 min. y 4 min.

Los tiempos de recuperación fueron para el A: 9,3 min. y para el B: - 9,7 min. (Tablas: 39 a 42).

### 2. 4.- Correlaciones entre los valores de las diferentes variables.-

Relacionamos los valores de las distintas variables medidas, en reposo, es-

fuerzo (todas las potencias) y recuperación, en ambos grupos (A y B), de acuerdo con el programa especificado en el Capítulo II.

En reposo: la Ventilación tiene en el grupo A para el VC ( $r=0,634$ ) mientras que para el B ( $r=0,772$ ).

El EQ con el  $O_2/P$  tiene para el A ( $r=0,568$ ) y el B ( $r=0,751$ ).

EQ y  $PO_2$  para el A ( $r=0,568$ ) y para el B ( $r=0,754$ ).

CV y VEMS en el A ( $r=0,545$ ) y en el B ( $r=0,886$ ).

El VC con la Ventilación y la FR tiene para el B respectivamente: - ( $r=0,772$  y  $r=-0,723$ ) y para el A ( $r=0,634$  y  $r=-0,454$ ).

El  $O_2/P$  con el  $PO_2$  para el A ( $r=0,823$ ) y para el B ( $r=0,934$ ).

Durante el esfuerzo, la relación de las variables cambia a menudo con la potencia, pero de forma poco regular, lo que unido al gran número de datos no permite una exposición completa y exacta.

La V con el  $EQCO_2$  para el A tiene sucesivamente: en 80 vatios ( $r=0,759$ ) para los siguientes ( $r=0,859$ ;  $r=0,535$  y  $r=0,891$  para 140 vatios). El B para 80 vatios ( $r=0,764$ ); 100 vatios ( $r=0,944$ ); 120 ( $r=0,921$ ); 140 vatios ( $r=0,912$ ); 160 - vatios ( $r=0,954$ ) y en recuperación ( $r=0,728$ ).

(Tablas: 7 a 22).

La V y FR para el grupo B en 140 vatios ( $r=0,860$ ), en 160 vatios para el A, ( $r=0,767$ ).

La relación del  $\text{CUO}_2$  con EQ es normal que sea negativa y alta en general (Tablas: 7 a 22).

La  $\text{VCO}_2$  en 50 vatios, con la V, para el A tiene ( $r=0,659$ ), para el B tiene ( $r=0,818$ ), la relación en las restantes potencias es pequeña para ambos grupos, pero en 160 vatios para el A es ( $r=0,702$ ). (Tablas: 7 a 22).

EQ y  $\text{EQCO}_2$  tienen una correlación aceptable en casi todas las potencias, mejores para el grupo B que para el A.

El B tiene en 80 vatios ( $r=0,924$ ) y el A ( $r=0,791$ ); en 100 vatios el B ( $r=0,914$ ) y el A ( $r=0,690$ ); el B para 120 vatios ( $r=0,951$ ); el A para 140 vatios ( $r=0,865$ ), mientras el B para la misma potencia ( $r=0,932$ ); para 160 vatios, el A ( $r=0,744$ ) y el B ( $r=0,862$ ). (Tablas: 7 a 22).

El CR no tiene correlaciones aceptables en las distintas potencias.

Los datos de Calorías y aumento del metabolismo, están ligados al consumo de oxígeno y dan relación mayor. (Tablas: 7 a 22).

Las calorías producidas para realizar el ejercicio, tienen relación grande con el tiempo que dura el ejercicio, para el A en 80 vatios ( $r=0,759$ ) y el B ( $r=0,707$ ); llega para el A a ( $r=0,0,918$ ) y para el B ( $r=0,927$ ) en 100 vatios y continúan en potencias sucesivas para el B con: ( $r=0,950$ ;  $r=0,914$ ;  $r=0,906$ ) y para el A respectivamente: ( $r=0,933$ ;  $r=0,884$ ;  $r=0,699$ ). (Tablas: 7 a 22).

El incremento del metabolismo con respecto al reposo Mets, comienza a tener relación con el  $\text{VO}_2$  para el A en 100 vatios ( $r=0,771$ ) en 120 vatios -

TABLA 7

TABLA DE CORRELACION,

PRUEBAS LARGAS--REPOSO.. GRUPOA

	EQ	QR	V	VC <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>	FR	CV	VEN3	IT	E	P	T	Fc	VC	Q <sub>2</sub> /P	PO <sub>2</sub>	CUO <sub>2</sub>	EQCO <sub>2</sub>	Mets	
EQ	1	0.000	0.537	0.710	-0.065	-0.586	0.097	-0.185	-0.124	0.026	-0.044	-0.016	0.003	-0.094	0.423	-0.568	-0.568	-0.789	0.692	-0.567
QR	2	0.537	1.000	0.328	0.535	-0.350	0.089	-0.102	0.085	0.003	-0.014	-0.019	-0.041	-0.151	0.165	-0.366	-0.302	-0.427	-0.130	-0.366
V	3	0.710	0.328	1.000	0.325	0.025	0.095	-0.091	-0.033	0.048	-0.100	-0.013	0.034	0.055	0.634	0.038	-0.023	-0.620	0.618	0.039
VC <sub>2</sub>	4	-0.065	0.535	0.325	1.000	0.512	0.090	0.004	0.035	0.038	-0.084	0.018	-0.004	0.038	0.172	0.471	0.460	0.119	-0.474	0.472
V <sub>2</sub>	5	-0.586	-0.350	0.025	0.512	1.000	0.118	0.190	-0.041	-0.205	0.167	-0.136	-0.194	0.267	0.007	0.906	0.840	0.579	-0.384	0.907
FR	6	0.097	0.089	0.095	0.090	0.118	1.000	0.056	-0.115	-0.129	0.362	-0.272	-0.420	0.264	-0.454	0.007	-0.084	0.085	0.025	0.009
CV	7	-0.185	-0.102	-0.091	0.004	0.190	0.056	1.000	0.545	-0.255	0.176	-0.075	-0.127	-0.051	-0.037	0.106	0.241	0.144	-0.061	0.107
VEN3	8	-0.124	-0.085	-0.033	0.035	-0.041	-0.115	0.545	1.000	0.658	-0.477	0.391	0.512	-0.217	-0.083	0.075	0.151	0.156	-0.041	0.077
IT	9	0.026	0.003	0.048	0.038	-0.205	-0.129	-0.255	0.658	1.000	-0.627	0.474	0.623	-0.154	-0.069	-0.011	-0.059	0.035	0.011	-0.010
E	10	-0.044	-0.014	-0.100	-0.084	0.162	0.362	0.176	-0.477	-0.627	1.000	-0.519	0.907	0.317	-0.062	-0.110	-0.113	-0.017	-0.028	-0.109
P	11	-0.016	-0.019	-0.013	0.018	-0.136	-0.272	-0.075	0.391	0.474	-0.519	1.000	0.717	-0.221	0.032	-0.186	0.083	-0.004	0.016	-0.186
T	12	0.003	-0.041	0.034	-0.004	-0.194	-0.420	-0.127	0.512	0.623	-0.907	0.717	1.000	-0.326	0.080	0.021	0.095	0.033	0.041	0.020
Fc	13	-0.094	-0.151	0.055	0.038	0.267	0.264	-0.051	-0.217	-0.154	0.317	-0.221	-0.326	1.000	-0.083	0.189	-0.201	0.036	0.030	0.191
VC	14	0.423	0.165	0.634	0.172	0.007	-0.454	-0.037	0.083	-0.069	-0.062	0.032	0.080	-0.083	1.000	-0.004	0.023	-0.492	0.420	-0.004
Q <sub>2</sub> /P	15	-0.568	-0.366	0.038	0.471	0.906	0.007	0.106	0.075	-0.011	-0.110	-0.186	0.021	0.189	-0.004	1.000	0.823	0.570	-0.348	1.000
PO <sub>2</sub>	16	-0.568	-0.302	-0.023	0.460	0.840	-0.086	0.241	0.151	-0.059	-0.113	0.083	0.095	-0.201	0.023	0.823	1.000	0.372	-0.400	0.823
CUO <sub>2</sub>	17	-0.789	-0.427	-0.620	0.119	0.579	0.085	0.144	0.156	0.035	-0.017	-0.004	0.033	0.036	-0.492	0.570	0.572	1.000	-0.629	0.570
EQCO <sub>2</sub>	18	0.692	-0.130	0.618	-0.474	-0.384	0.025	-0.061	-0.041	0.011	-0.028	0.016	0.041	0.030	0.420	-0.348	-0.400	-0.629	1.000	-0.347
Mets	19	-0.567	-0.366	0.039	0.472	0.907	0.009	0.107	0.077	-0.010	-0.109	-0.186	0.020	0.191	-0.004	1.000	0.823	0.570	-0.347	1.000

SIRSYS

TABLA 8

TABLA DE CORRELACION,

PRUEBAS LARGAS..REPOSO.. GRUPOB

	EQ	QR	V	VC0 <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	CV	VEMS	IT	E	P	T	Fe	VC	O <sub>2</sub> /P	PO <sub>2</sub>	CUO <sub>2</sub>	EOCO <sub>2</sub>	Meis	
EQ	1	0.000	0.497	0.709	-0.233	0.747	0.013	-0.446	-0.478	0.020	-0.010	-0.207	-0.137	0.195	0.381	-0.751	-0.754	-0.962	0.721	-0.751
QR	2	0.497	1.000	0.183	0.468	-0.495	0.257	-0.116	-0.138	-0.010	-0.051	-0.010	-0.009	0.450	-0.078	-0.559	-0.617	-0.491	-0.221	-0.558
V	3	0.709	0.183	1.000	0.128	-0.111	-0.222	-0.200	-0.223	-0.020	-0.251	0.064	0.300	0.124	0.772	-0.169	-0.189	-0.684	0.669	-0.170
VC0 <sub>2</sub>	4	-0.233	0.468	0.128	1.000	0.484	0.190	0.397	0.442	0.001	-0.263	0.451	0.500	0.305	0.023	0.316	0.282	0.277	-0.590	0.317
VO <sub>2</sub>	5	-0.747	-0.495	-0.111	0.484	1.000	-0.076	0.471	0.551	0.062	-0.116	0.440	0.414	-0.048	0.079	0.911	0.885	0.759	-0.406	0.912
FR	6	0.013	0.257	-0.222	0.190	-0.076	1.000	0.137	0.237	0.231	0.249	-0.146	-0.243	0.106	-0.723	-0.027	-0.075	0.134	-0.231	-0.028
CV	7	-0.446	-0.116	-0.200	0.397	0.471	0.137	1.000	0.886	-0.403	-0.299	0.694	0.682	0.402	-0.142	0.208	0.227	0.444	-0.397	0.208
VEMS	8	-0.478	-0.138	-0.223	0.442	0.551	0.237	0.886	1.000	0.059	-0.313	0.717	0.671	0.382	-0.234	0.293	0.309	0.487	-0.376	0.293
IT	9	0.020	-0.010	-0.020	0.001	0.062	0.231	-0.403	0.059	1.000	0.133	-0.136	-0.171	-0.103	-0.206	0.147	0.117	0.003	0.098	0.146
E	10	-0.010	-0.051	-0.251	-0.263	-0.116	0.249	-0.299	-0.313	0.133	1.000	-0.349	-0.560	-0.381	-0.278	0.043	0.112	0.120	-0.018	0.044
P	11	-0.207	-0.010	0.064	0.451	0.440	-0.146	0.694	0.717	-0.135	-0.349	1.000	0.641	0.486	0.199	0.038	0.148	0.250	-0.162	0.039
T	12	-0.137	-0.009	0.300	0.500	-0.414	-0.243	0.682	0.671	-0.171	-0.560	0.641	1.000	0.314	0.365	0.173	0.190	0.107	-0.132	0.173
Fe	13	0.195	0.450	0.124	0.305	-0.048	0.106	0.402	0.382	-0.103	-0.381	0.486	0.314	1.000	-0.078	-0.307	-0.500	-0.252	-0.057	-0.306
VC	14	0.381	-0.078	0.772	0.023	0.079	-0.723	-0.142	-0.234	-0.206	-0.278	0.199	0.365	-0.078	1.000	-0.002	0.061	-0.423	0.506	-0.001
O <sub>2</sub> /P	15	-0.751	-0.559	-0.169	0.316	0.911	-0.027	0.208	0.293	0.147	0.043	0.038	0.173	-0.307	-0.002	1.000	0.934	0.741	-0.386	1.000
PO <sub>2</sub>	16	-0.754	-0.617	-0.189	0.282	0.885	-0.075	0.227	0.309	0.117	0.112	0.148	0.190	-0.500	0.061	0.934	1.000	0.792	-0.362	0.935
CUO <sub>2</sub>	17	-0.962	-0.491	-0.684	0.277	0.759	0.134	0.444	0.487	0.003	0.120	0.250	0.107	-0.252	-0.423	0.741	0.792	1.000	-0.705	0.742
EOCO <sub>2</sub>	18	0.721	-0.221	0.669	-0.590	-0.406	-0.231	-0.397	-0.376	0.098	-0.018	-0.162	-0.132	-0.057	0.506	-0.386	-0.362	-0.705	1.000	-0.387
Meis	19	-0.751	-0.558	-0.170	0.317	0.912	-0.028	0.208	0.293	0.146	0.044	0.039	0.173	-0.306	-0.001	1.000	0.935	0.742	-0.387	1.000

81BSYS

TABLA 9

TARLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS.-SOMATT. GRUPO A

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t <sub>g</sub>	VC	P	Q <sub>2</sub> /P	CO <sub>2</sub>	COE	Trab	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	Δ Mets
EQ	1	1.000	0.653	0.369	-0.138	-0.722	0.075	0.352	0.358	-0.342	-0.718	-0.370	0.352	0.573	-0.718	-0.367	-0.640
CR	2	0.653	1.000	0.405	0.481	-0.307	0.287	0.614	0.118	-0.050	-0.366	-0.122	0.614	-0.238	-0.366	-0.119	-0.359
V	3	0.369	0.405	1.000	0.659	0.305	0.299	0.230	0.639	0.110	0.126	0.025	0.230	-0.010	0.125	0.025	-0.035
VCO <sub>2</sub>	4	-0.138	0.481	0.659	1.000	0.630	0.373	0.343	0.217	0.388	0.449	0.042	0.343	-0.699	0.448	0.295	0.274
VO <sub>2</sub>	5	-0.722	-0.307	0.305	0.630	1.000	0.214	-0.070	-0.003	0.377	0.895	0.614	0.402	-0.070	-0.629	0.895	0.400
FR	6	0.075	0.287	0.299	0.373	0.214	1.000	0.510	-0.513	0.053	0.146	-0.094	0.324	0.510	-0.247	0.145	0.026
t <sub>g</sub>	7	0.352	0.614	0.230	0.343	-0.070	0.510	1.000	-0.176	-0.038	-0.139	-0.248	0.491	1.000	-0.202	0.493	-0.213
VC	8	0.358	0.118	0.639	0.217	-0.003	-0.513	-0.176	1.000	0.053	-0.116	-0.497	-0.201	-0.176	0.334	-0.116	-0.116
P	9	-0.342	-0.050	0.110	0.388	0.377	0.053	-0.038	0.053	1.000	-0.014	0.202	0.344	-0.038	-0.372	-0.015	0.341
Q <sub>2</sub> /P	10	-0.718	-0.366	0.126	0.449	0.895	0.146	-0.139	-0.116	-0.014	1.000	0.695	0.309	-0.139	-0.561	1.000	0.737
CO <sub>2</sub>	11	-0.904	-0.529	-0.542	0.042	0.614	-0.094	-0.248	-0.497	0.202	0.695	1.000	0.323	-0.248	-0.587	0.696	0.321
COE	12	-0.370	-0.122	0.025	0.296	0.402	0.324	0.491	-0.201	0.344	0.309	0.323	1.000	0.491	-0.331	1.000	0.529
Trab	13	0.352	0.614	0.230	0.343	-0.070	0.510	1.000	-0.176	-0.038	-0.139	-0.248	0.491	1.000	-0.202	0.493	-0.213
EQCO <sub>2</sub>	14	0.573	-0.238	-0.010	-0.699	-0.629	-0.247	-0.202	0.334	-0.372	-0.561	-0.587	-0.331	-0.202	1.000	-0.561	-0.465
Mets	15	-0.718	-0.366	0.125	0.448	0.895	0.145	-0.140	-0.116	-0.015	1.000	0.696	0.308	-0.140	-0.561	1.000	0.737
Cal	16	-0.367	-0.119	0.025	0.295	0.400	0.323	0.493	-0.199	0.341	0.307	0.321	1.000	0.493	-0.330	1.000	0.528
Δ Mets	17	-0.640	-0.359	-0.035	0.274	0.665	0.026	-0.213	-0.116	0.204	0.737	0.646	0.529	-0.213	-0.465	0.737	1.000

\$185YS

TABLA 10

TARLA DE CORRELACION  
PRUEBAS LARGAS...SWATT. GRUPO B

	EQ	CR	V	VC02	V02	FR	l0	VC	P	Q/P	CU02	COE	Trab	EQ002	Mets	Gal	A Mets	
EQ	1	1.000	0.513	0.483	0.167	-0.342	0.113	-0.088	-0.079	0.111	-0.247	-0.644	-0.106	-0.088	0.389	-0.248	-0.107	0.014
CR	2	0.513	1.000	0.477	0.677	-0.037	0.114	-0.188	0.057	0.506	-0.137	-0.397	-0.073	-0.188	-0.516	-0.137	-0.078	0.004
V	3	0.483	0.477	1.000	0.818	0.144	0.472	0.213	0.263	0.375	0.542	-0.414	0.337	0.213	-0.128	0.542	0.337	0.665
VC02	4	0.167	0.677	0.818	1.000	0.330	0.393	0.083	0.313	0.511	0.547	-0.197	0.260	0.083	-0.657	0.547	0.260	0.571
V02	5	-0.342	-0.037	0.144	0.330	1.000	0.383	0.287	0.482	0.362	0.662	0.241	0.509	0.287	-0.396	0.662	0.510	0.582
FR	6	0.113	0.114	0.472	0.393	0.383	1.000	0.574	-0.340	0.097	0.385	-0.195	0.678	0.574	-0.151	0.385	0.678	0.453
l0	7	-0.088	-0.188	0.213	0.083	0.287	0.574	1.000	-0.143	-0.132	0.324	-0.095	0.944	1.000	0.121	0.324	0.944	0.387
VC	8	-0.079	0.057	0.263	0.313	0.482	-0.340	-0.143	1.000	0.336	0.518	0.028	-0.017	-0.143	-0.133	0.518	-0.017	0.465
P	9	0.111	0.506	0.375	0.511	0.362	0.097	-0.132	0.336	1.000	0.011	-0.209	0.018	-0.132	-0.340	0.011	0.018	0.087
Q/P	10	-0.247	-0.137	0.542	0.547	0.662	0.385	0.324	0.518	0.011	1.000	0.158	0.498	0.324	-0.292	1.000	0.499	0.914
CU02	11	-0.644	-0.397	-0.414	-0.197	0.241	-0.195	-0.095	0.028	-0.209	0.158	1.000	-0.046	-0.095	-0.290	0.158	-0.046	-0.055
COE	12	-0.106	-0.078	0.337	0.260	0.509	0.678	0.944	-0.017	0.018	0.498	-0.046	1.000	0.944	-0.043	0.498	1.000	0.578
Trab	13	-0.088	-0.188	0.213	0.083	0.287	0.574	1.000	-0.143	-0.132	0.324	-0.095	0.944	1.000	0.121	0.324	0.944	0.387
EQ002	14	0.389	-0.516	-0.128	-0.657	-0.396	-0.151	0.121	-0.133	-0.340	-0.292	-0.290	-0.043	0.121	1.000	-0.293	-0.044	-0.182
Mets	15	-0.248	-0.137	0.542	0.547	0.662	0.385	0.324	0.518	0.011	1.000	0.158	0.498	0.324	-0.293	1.000	0.499	0.913
Gal	16	-0.107	-0.078	0.337	0.260	0.510	0.678	0.944	-0.017	0.018	0.499	-0.046	1.000	0.944	-0.044	0.499	1.000	0.578
AMets	17	0.014	0.004	0.665	0.571	0.582	0.453	0.387	0.445	0.087	0.914	-0.055	0.578	0.387	-0.182	0.913	0.578	1.000

81BSYS

TABLA 11

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS...80WATT. GRUPO A

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	V <sub>O<sub>2</sub></sub>	FR	t <sub>g</sub>	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CO <sub>2</sub>	GDE	Trab	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	Δ Mets	
EQ	1	0.000	0.196	0.861	0.043	-0.130	0.745	-0.098	0.509	0.017	-0.127	-0.898	-0.087	-0.098	0.791	-0.117	-0.095	0.003
CR	2	0.196	1.000	0.037	0.448	-0.214	0.073	-0.107	0.003	0.003	-0.189	-0.151	-0.220	-0.107	-0.121	-0.190	-0.215	-0.253
V	3	0.861	0.037	1.000	0.323	0.342	-0.036	0.587	0.047	0.279	-0.810	0.213	-0.036	0.759	0.297	0.207	0.374	
VCO <sub>2</sub>	4	0.043	0.448	0.323	1.000	0.665	0.324	0.033	0.060	0.573	-0.028	0.357	0.033	-0.172	0.587	0.364	0.441	
V <sub>O<sub>2</sub></sub>	5	-0.130	-0.214	0.342	0.665	1.000	0.268	0.091	0.165	0.071	0.860	0.101	0.629	-0.029	0.870	0.631	0.790	
FR	6	0.245	0.073	0.342	0.324	0.268	1.000	0.040	-0.494	-0.106	0.324	-0.190	0.207	0.040	0.130	0.202	0.336	
t <sub>g</sub>	7	-0.098	-0.107	-0.036	0.033	0.091	0.040	1.000	-0.076	0.079	0.058	0.057	0.761	1.000	-0.086	0.064	0.759	0.032
VC	8	0.509	0.003	0.587	0.123	0.165	-0.494	-0.076	1.000	0.144	0.044	-0.527	0.065	-0.076	0.516	0.076	0.063	0.101
P	9	0.017	0.003	0.047	0.060	0.071	-0.106	0.079	0.144	1.000	-0.429	-0.059	0.091	0.079	0.029	-0.421	0.088	-0.351
O <sub>2</sub> /P	10	-0.127	-0.189	0.279	0.573	0.860	0.324	0.058	0.044	-0.429	1.000	0.118	0.535	0.058	-0.051	0.996	0.538	0.896
CO <sub>2</sub>	11	-0.898	-0.151	-0.810	-0.028	0.101	-0.190	0.057	-0.527	-0.059	0.118	1.000	0.063	0.057	-0.768	0.110	0.071	0.005
GDE	12	-0.087	-0.220	0.213	0.357	0.629	0.207	0.761	0.065	0.091	0.535	0.063	1.000	0.761	-0.011	0.542	0.999	0.588
Trab	13	-0.098	-0.107	-0.036	0.033	0.092	0.040	1.000	-0.076	0.079	0.058	0.057	0.761	1.000	-0.086	0.064	0.759	0.032
EQCO <sub>2</sub>	14	0.791	-0.121	0.759	-0.172	-0.029	0.130	-0.086	0.516	0.029	-0.051	-0.768	-0.011	-0.086	1.000	-0.040	-0.020	0.107
Mets	15	-0.117	-0.190	0.297	0.582	0.870	0.312	0.064	0.076	-0.421	0.996	0.110	0.542	0.064	-0.040	1.000	0.545	0.896
Cal	16	-0.095	-0.215	0.207	0.364	0.631	0.202	0.759	0.063	0.088	0.538	0.071	0.999	0.759	-0.020	0.545	1.000	0.589
ΔMets	17	0.003	-0.253	0.374	0.441	0.790	0.336	0.032	0.101	-0.351	0.896	0.005	0.588	0.032	0.107	0.896	0.589	1.000

SIASYS

TABLA 12

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LANGAS... ROMATT. GRUPO D

	EQ	CR	V	VC <sub>02</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t <sub>0</sub>	VC	P	Q <sub>2</sub> /P	EQ <sub>02</sub>	CO <sub>2</sub>	Treb	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	Δ Mets
EQ	1	1.000	-0.143	0.306	-0.031	0.174	-0.193	0.489	-0.589	0.295	-0.980	-0.318	-0.327	0.924	0.292	-0.318	0.266
CR	2	-0.143	1.000	0.093	0.855	0.560	0.223	-0.372	-0.105	0.380	0.139	-0.051	0.252	-0.499	0.381	-0.051	0.062
V	3	0.306	0.093	1.000	0.288	0.385	0.118	0.336	-0.632	0.635	-0.085	-0.153	-0.068	0.764	0.633	-0.153	0.446
VC <sub>02</sub>	4	-0.031	0.855	0.288	1.000	0.607	0.526	-0.342	-0.197	0.730	0.090	0.222	0.484	-0.391	0.731	0.222	0.347
VO <sub>2</sub>	5	-0.031	0.855	0.288	1.000	0.508	0.683	-0.237	-0.209	0.861	0.036	0.399	0.580	-0.202	0.862	0.399	0.493
FR	6	0.174	0.560	0.385	0.607	1.000	0.515	-0.713	-0.604	0.647	-0.124	0.079	0.441	-0.071	0.647	0.080	0.526
t <sub>0</sub>	7	-0.193	0.489	0.118	0.526	0.683	1.000	-0.414	-0.404	0.706	0.222	0.369	0.937	-0.274	0.707	0.368	0.519
P	8	0.489	-0.372	0.336	-0.342	-0.237	-0.713	1.000	0.123	-0.198	-0.527	-0.271	-0.444	0.578	-0.199	-0.272	-0.237
Q <sub>2</sub> /P	9	-0.589	-0.105	-0.632	-0.197	-0.209	0.604	0.123	1.000	-0.623	0.617	0.041	-0.356	-0.425	-0.622	0.041	-0.722
CO <sub>2</sub>	10	0.295	0.380	0.635	0.730	0.861	0.706	-0.198	-0.623	1.000	-0.316	0.239	0.615	0.116	1.000	0.238	0.805
COE	11	-0.980	0.139	-0.885	0.036	0.036	0.222	-0.527	0.617	-0.316	1.000	0.332	0.324	-0.906	-0.313	0.332	-0.348
Treb	12	-0.318	-0.051	-0.153	0.222	0.399	0.369	-0.271	0.041	0.239	0.332	1.000	0.433	-0.276	0.240	1.000	0.312
EQCO <sub>2</sub>	13	-0.327	0.252	-0.068	0.484	0.580	0.441	0.937	-0.444	0.615	0.324	0.433	1.000	-0.416	0.617	0.432	0.578
Mets	14	0.924	-0.499	0.764	-0.391	-0.202	-0.071	-0.274	0.578	-0.425	0.116	-0.906	-0.276	1.000	0.113	-0.276	0.195
Cal	15	0.292	0.381	0.633	0.731	0.862	0.647	0.707	-0.199	-0.622	1.000	-0.313	0.240	0.617	1.000	0.240	0.806
Δ Mets	16	-0.318	-0.051	-0.153	0.222	0.399	0.080	0.368	-0.272	0.041	0.238	0.332	1.000	-0.276	0.240	1.000	0.312
	17	0.266	0.062	0.446	0.347	0.493	0.526	0.519	-0.237	-0.722	0.805	-0.348	0.312	0.578	0.195	0.806	0.312

SIRSYS

TABLA 13

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS. 100WATT. GRUPO A

	EQ	ER	V	V80%	V	FR	t <sub>0</sub>	VB	P	%/P	CO <sub>2</sub>	COE	Trab	ESCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	Δ Mets
EQ	1.000	0.204	0.719	0.609	-0.231	0.168	-0.144	0.386	0.167	-0.797	-0.944	-0.142	-0.144	0.690	-0.263	-0.141	-0.152
ER	0.204	1.000	-0.108	0.598	-0.404	0.001	0.318	-0.080	0.046	-0.362	-0.046	0.150	0.318	-0.381	-0.348	0.150	-0.381
V	0.719	-0.108	1.000	0.127	0.241	0.221	-0.195	0.533	0.130	0.124	-0.740	-0.028	-0.195	0.859	0.149	-0.028	0.255
V80%	0.609	0.598	0.127	1.000	0.469	0.231	0.219	-0.101	0.024	0.383	0.161	0.358	0.219	-0.381	0.376	0.358	0.314
V	-0.231	-0.404	0.241	0.469	1.000	0.255	-0.111	-0.041	-0.001	0.841	0.262	0.217	-0.111	-0.028	0.817	0.216	0.771
FR	0.168	0.001	0.221	0.231	0.255	1.000	0.121	-0.677	0.154	0.135	-0.086	0.256	0.121	0.092	0.125	0.254	0.180
t <sub>0</sub>	-0.144	0.318	-0.195	0.219	-0.111	0.121	1.000	-0.270	-0.116	-0.014	0.198	0.918	1.000	-0.306	0.006	0.918	0.052
VB	0.386	-0.080	0.533	-0.101	-0.041	-0.677	-0.270	1.000	-0.084	0.005	-0.461	-0.254	-0.270	0.532	0.028	-0.253	0.061
P	0.167	0.046	0.130	0.024	-0.001	0.154	-0.116	-0.084	1.000	-0.533	-0.158	-0.106	-0.116	0.114	-0.538	-0.107	-0.477
%/P	-0.297	-0.362	0.124	0.383	0.841	0.135	-0.014	0.005	-0.533	1.000	0.315	0.258	-0.014	-0.094	0.981	0.258	0.913
CO <sub>2</sub>	-0.944	-0.046	-0.740	0.161	0.262	-0.086	0.198	-0.461	-0.158	0.315	1.000	0.213	0.198	-0.771	0.286	0.212	0.177
COE	-0.142	0.150	-0.028	0.358	0.217	0.256	0.918	-0.254	-0.106	0.258	0.213	1.000	0.918	-0.225	0.273	1.000	0.358
Trab	-0.144	0.318	-0.195	0.219	-0.111	0.121	1.000	-0.270	-0.116	-0.014	0.198	0.918	1.000	-0.306	0.006	0.918	0.052
ESCO <sub>2</sub>	0.690	-0.381	0.859	-0.381	-0.028	0.092	-0.306	0.532	0.114	-0.094	-0.771	-0.225	-0.306	1.000	-0.067	-0.226	0.061
Mets	-0.263	-0.348	0.149	0.376	0.817	0.125	0.006	0.028	-0.538	0.981	0.286	0.273	0.006	-0.067	1.000	0.273	0.942
Cal	-0.141	0.150	-0.028	0.358	0.216	0.254	0.918	-0.253	-0.107	0.258	0.212	1.000	0.918	-0.226	0.273	1.000	0.357
Δ Mets	-0.152	-0.381	0.255	0.314	0.771	0.180	0.052	0.061	-0.477	0.913	0.177	0.358	0.052	0.061	0.942	0.357	1.000

\$IRSYS

TABLA 14

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS. 300WATT. GRUPO B

	EQ	GR	V	VEG <sub>2</sub>	VE <sub>2</sub>	FR	t <sub>0</sub>	VE	P	Q <sub>1</sub> /P	COE <sub>2</sub>	COE	Trab	EQCO <sub>2</sub>	Mets	Cal	Δ Mets	
EQ	1	0.000	0.213	0.078	0.263	0.046	0.368	0.241	0.564	-0.326	0.716	-0.974	0.478	0.241	0.914	0.215	0.479	0.457
GR	2	0.213	1.000	-0.002	0.571	-0.525	0.105	-0.027	-0.107	0.031	-0.278	-0.060	-0.146	-0.027	-0.193	-0.281	-0.147	-0.206
V	3	0.078	-0.002	1.000	0.386	0.417	0.471	0.103	0.555	-0.313	0.424	-0.919	0.405	0.103	0.944	0.423	0.406	0.568
VEG <sub>2</sub>	4	0.263	0.571	0.386	1.000	0.300	0.461	-0.336	-0.019	-0.034	0.314	-0.143	-0.245	-0.336	0.067	0.311	-0.245	0.182
VE <sub>2</sub>	5	0.046	-0.525	0.417	0.300	1.000	0.292	-0.290	0.160	-0.041	0.615	-0.091	-0.078	-0.290	0.302	0.614	-0.076	0.363
FR	6	0.368	0.105	0.471	0.461	0.292	1.000	-0.255	-0.454	-0.430	0.487	-0.317	-0.026	-0.255	0.305	0.487	-0.027	0.711
t <sub>0</sub>	7	0.241	-0.027	0.103	-0.336	-0.290	-0.255	1.000	0.313	0.158	-0.342	-0.251	0.928	1.000	0.262	-0.341	0.927	-0.278
VE	8	0.564	-0.107	0.555	-0.019	0.160	-0.454	0.313	1.000	0.148	-0.058	-0.594	0.417	0.313	0.637	-0.060	0.421	-0.085
P	9	-0.326	0.031	-0.313	-0.034	-0.041	-0.430	0.158	0.148	1.000	-0.803	0.459	0.022	0.158	-0.311	-0.804	0.023	-0.816
Q <sub>1</sub> /P	10	0.216	-0.278	0.424	0.314	0.615	0.487	-0.342	-0.058	-0.803	1.000	-0.343	-0.127	-0.342	0.334	1.000	-0.127	0.831
COE <sub>2</sub>	11	-0.974	-0.060	-0.919	-0.143	-0.091	-0.317	-0.251	-0.594	0.459	-0.343	1.000	-0.501	-0.251	-0.948	-0.343	-0.502	-0.547
COE	12	0.478	-0.146	0.405	-0.245	-0.078	-0.026	0.928	0.417	0.022	-0.127	-0.501	1.000	0.928	0.548	-0.126	1.000	0.024
Trab	13	0.241	-0.027	0.103	-0.336	-0.290	-0.255	1.000	0.313	0.158	-0.342	-0.251	0.928	1.000	0.262	-0.341	0.927	-0.278
EQCO <sub>2</sub>	14	0.914	-0.193	0.944	0.067	0.302	0.305	0.262	0.637	-0.311	0.334	-0.948	0.548	0.262	1.000	0.335	0.550	0.516
Mets	15	0.215	-0.201	0.423	0.311	0.614	0.487	-0.341	-0.060	-0.804	1.000	-0.343	-0.126	-0.341	0.335	1.000	-0.126	0.832
Cal	16	0.479	-0.147	0.406	-0.245	-0.076	-0.027	0.927	0.421	0.023	-0.127	-0.502	1.000	0.927	0.550	-0.126	1.000	0.024
Δ Mets	17	0.457	-0.206	0.568	0.182	0.363	0.711	-0.278	-0.085	-0.816	0.831	-0.547	0.024	-0.278	0.516	0.832	0.024	1.000

SIRSYS



TABLA 16

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS-120WATT. GRUPO B

	EE	ER	V	VEE <sub>2</sub>	VE <sub>2</sub>	FR	t <sub>0</sub>	VE	P	Q <sub>1</sub> /P	EEE <sub>2</sub>	EEF	Trab	EEG <sub>2</sub>	Mats	Cal	A Mats	
EE	1	1.000	0.048	0.939	0.217	-0.039	0.360	-0.529	0.763	-0.114	0.033	-0.974	-0.404	-0.529	0.951	0.034	-0.404	0.071
ER	2	0.048	1.000	-0.063	0.334	-0.066	-0.214	-0.188	0.109	0.027	-0.101	-0.029	-0.125	-0.188	-0.258	-0.101	-0.125	-0.082
V	3	0.939	-0.063	1.000	0.460	0.067	0.493	-0.448	0.738	-0.195	0.205	-0.892	-0.355	-0.448	0.921	0.207	-0.355	0.210
VEE <sub>2</sub>	4	0.217	0.334	0.460	1.000	0.177	0.395	-0.135	0.278	-0.248	0.374	-0.150	-0.158	-0.135	0.091	0.377	-0.158	0.261
VE <sub>2</sub>	5	-0.039	-0.066	0.067	0.177	1.000	0.294	0.504	-0.123	0.234	0.733	0.003	0.707	0.504	-0.025	0.732	0.707	0.681
P	6	0.360	-0.214	0.493	0.355	0.294	1.000	-0.010	-0.213	-0.421	0.580	-0.314	0.077	-0.010	0.394	0.580	0.077	0.593
Q <sub>1</sub> /P	7	-0.529	-0.188	-0.448	-0.135	0.504	-0.010	1.000	-0.453	-0.200	0.566	0.506	0.950	1.000	-0.458	0.564	0.950	0.582
Trab	8	0.763	0.109	0.738	0.278	-0.123	-0.213	-0.453	1.000	0.091	-0.180	-0.751	-0.418	-0.453	0.714	-0.179	-0.418	-0.185
EEG <sub>2</sub>	9	-0.114	0.027	-0.195	-0.248	0.234	-0.421	-0.200	0.091	1.000	-0.485	0.060	-0.064	-0.200	-0.101	-0.466	-0.064	-0.475
Mats	10	0.033	-0.101	0.205	0.374	0.733	0.580	0.566	-0.180	-0.485	1.000	-0.027	0.649	0.566	0.045	1.000	0.649	0.936
Cal	11	-0.974	-0.029	-0.892	-0.150	0.003	-0.314	0.506	-0.751	0.060	-0.027	1.000	0.360	0.506	-0.937	-0.028	0.361	-0.071
A Mats	12	-0.404	-0.125	-0.355	-0.158	0.707	0.077	0.950	-0.418	-0.064	0.649	0.360	1.000	0.950	-0.354	0.647	1.000	0.684
	13	-0.529	-0.188	-0.448	-0.135	0.504	-0.010	1.000	-0.453	-0.200	0.566	0.506	0.950	1.000	-0.458	0.564	0.950	0.582
	14	0.951	-0.258	0.921	0.091	-0.025	0.394	-0.458	0.714	-0.101	0.045	-0.937	-0.354	-0.458	1.000	0.045	-0.355	0.085
	15	0.034	-0.101	0.207	0.377	0.732	0.580	0.564	-0.179	-0.486	1.000	-0.028	0.647	0.564	0.045	1.000	0.647	0.935
	16	-0.464	-0.125	-0.355	-0.158	0.707	0.077	0.950	-0.418	-0.064	0.649	0.361	1.000	0.950	-0.355	0.647	1.000	0.684
	17	0.071	-0.082	0.210	0.261	0.681	0.593	0.582	-0.185	-0.475	0.936	-0.071	0.684	0.582	0.085	0.935	0.684	1.000

8185YS

TABLA 17

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS-140MATT. GRUPO A

	EE	EB	V	VEE <sub>2</sub>	VE <sub>2</sub>	FR	V <sub>2</sub>	VE	P	Q <sub>1</sub> /P	Q <sub>2</sub> /Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub> /Q <sub>2</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>3</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>4</sub>	Q <sub>6</sub> /Q <sub>5</sub>	Q <sub>7</sub> /Q <sub>6</sub>	Q <sub>8</sub> /Q <sub>7</sub>	Q <sub>9</sub> /Q <sub>8</sub>	Q <sub>10</sub> /Q <sub>9</sub>	Q <sub>11</sub> /Q <sub>10</sub>	Q <sub>12</sub> /Q <sub>11</sub>	Q <sub>13</sub> /Q <sub>12</sub>	Q <sub>14</sub> /Q <sub>13</sub>	Q <sub>15</sub> /Q <sub>14</sub>	Q <sub>16</sub> /Q <sub>15</sub>	Q <sub>17</sub> /Q <sub>16</sub>		
EE	1.000	0.017	0.418	0.353	0.337	0.524	-0.223	0.220	0.062	0.241	-0.970	0.171	-0.277	-0.153	-0.464	-0.181	-0.277	-0.213	0.359	0.240	-0.002	0.359	0.240	-0.002	0.359	0.240	-0.002	0.359
EB	0.017	1.000	-0.148	0.505	-0.351	0.211	-0.153	-0.416	-0.240	-0.181	0.171	-0.277	-0.153	-0.464	-0.181	-0.277	-0.213	0.359	0.240	-0.002	0.359	0.240	-0.002	0.359	0.240	-0.002	0.359	0.240
V	0.418	-0.148	1.000	0.520	0.676	0.549	-0.180	0.304	0.018	0.555	-0.956	0.167	-0.180	0.891	0.555	0.168	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644	0.644
VEE <sub>2</sub>	0.353	0.505	0.520	1.000	0.679	0.472	-0.211	0.001	-0.277	0.451	-0.338	0.100	-0.211	0.100	0.651	0.102	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617
VE <sub>2</sub>	0.337	-0.351	0.676	0.679	1.000	0.327	-0.078	0.354	-0.034	0.872	-0.487	0.365	-0.078	0.504	0.871	0.366	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858	0.858
FR	0.524	0.211	0.549	0.472	0.327	1.000	-0.265	-0.588	-0.155	0.334	-0.479	-0.101	-0.265	0.383	0.334	-0.100	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414	0.414
V <sub>2</sub>	-0.223	-0.153	-0.180	-0.211	-0.078	-0.265	1.000	0.086	-0.165	0.019	0.215	0.884	1.000	-0.112	0.020	0.884	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041
VE	0.220	-0.416	0.304	0.001	0.354	-0.588	0.086	1.000	0.316	0.163	-0.322	0.773	0.086	0.391	0.162	0.273	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155	0.155
P	0.062	-0.240	0.018	-0.277	-0.034	-0.155	-0.165	0.316	1.000	-0.510	-0.084	-0.130	-0.165	0.164	-0.511	-0.130	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410	-0.410
Q <sub>1</sub> /P	0.241	-0.181	0.555	0.651	0.872	0.334	0.019	0.163	-0.510	1.000	-0.361	0.384	0.019	0.334	1.000	0.385	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941	0.941
Q <sub>2</sub> /Q <sub>1</sub>	-0.970	0.171	-0.956	-0.338	-0.487	-0.479	0.215	-0.322	-0.084	-0.361	1.000	-0.070	0.215	-0.929	-0.361	-0.072	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484	-0.484
Q <sub>3</sub> /Q <sub>2</sub>	-0.003	-0.277	0.167	0.100	0.365	-0.101	0.884	0.273	-0.130	0.384	-0.070	1.000	0.884	0.158	0.385	1.000	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347
Q <sub>4</sub> /Q <sub>3</sub>	-0.223	-0.153	-0.180	-0.211	-0.078	-0.265	1.000	0.086	-0.165	0.019	0.215	0.884	1.000	-0.113	0.020	0.884	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041	-0.041
Q <sub>5</sub> /Q <sub>4</sub>	0.865	-0.464	0.891	0.100	0.504	0.383	-0.112	0.391	0.164	0.334	-0.429	0.158	-0.113	1.000	0.333	0.159	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451	0.451
Q <sub>6</sub> /Q <sub>5</sub>	0.240	-0.181	0.555	0.651	0.871	0.334	0.020	0.162	-0.511	1.000	-0.361	0.385	0.070	0.333	1.000	0.386	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942	0.942
Q <sub>7</sub> /Q <sub>6</sub>	-0.002	-0.277	0.168	0.102	0.366	-0.100	0.884	0.273	-0.130	0.385	-0.072	1.000	0.884	0.159	0.386	1.000	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348	0.348
A Mets	0.359	-0.213	0.644	0.617	0.858	0.414	-0.041	0.155	-0.410	0.941	-0.484	0.347	-0.041	0.451	0.942	0.348	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

8185YS

TABLA 18

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS-LAMATT. GRUPO B

	EQ	GR	V	V002	V02	FB	t <sub>0</sub>	VE	P	Q/P	Q02	Q0F	Yreb	EQ02	Mets	Cal	A Mets
EQ	1	1.000	0.970	0.276	0.153	0.784	0.031	0.852	0.140	-0.028	-0.908	0.041	0.031	0.732	-0.028	0.043	-0.066
GR	2	0.095	1.000	-0.086	-0.137	-0.793	-0.209	0.192	0.080	0.301	-0.719	-0.263	-0.180	0.192	-0.073	-0.719	-0.619
V	3	0.970	-0.086	1.000	0.437	0.384	0.860	0.141	0.806	0.066	0.173	-0.797	0.229	0.141	0.912	0.174	0.136
V002	4	0.276	-0.137	0.437	1.000	0.710	0.582	0.028	0.012	0.473	0.100	0.754	0.595	0.065	0.674	0.754	0.681
V02	5	0.153	-0.793	0.384	0.710	1.000	0.531	0.293	0.029	-0.198	0.795	0.198	0.646	0.293	0.159	0.796	0.745
FB	6	0.784	-0.209	0.860	0.582	0.531	1.000	0.195	0.397	-0.169	0.438	-0.535	0.353	0.195	0.715	0.439	0.412
t <sub>0</sub>	7	0.031	0.192	0.141	0.595	0.293	0.195	1.000	-0.047	-0.099	0.223	0.233	0.913	1.000	0.007	0.223	0.370
VE	8	0.452	0.080	0.806	0.028	0.029	0.397	-0.047	1.000	0.268	-0.199	-0.863	-0.073	-0.047	0.847	-0.199	-0.235
P	9	0.140	0.301	0.066	0.012	-0.198	-0.169	-0.099	0.268	1.000	-0.746	-0.204	-0.194	-0.099	-0.017	-0.745	-0.770
Q/P	10	-0.028	-0.719	0.173	0.473	0.795	0.438	0.223	-0.199	-0.746	1.000	0.300	0.530	0.223	0.059	1.000	0.974
Q02	11	-0.908	-0.263	-0.797	0.100	0.198	-0.535	0.233	-0.863	-0.204	0.300	1.000	0.302	0.233	-0.868	0.300	0.328
Q0F	12	0.041	-0.180	0.229	0.754	0.646	0.353	0.913	-0.073	-0.194	0.530	0.302	1.000	0.913	0.026	0.531	1.000
Yreb	13	0.031	0.192	0.141	0.595	0.293	0.195	1.000	-0.047	-0.099	0.223	0.233	0.913	1.000	0.007	0.223	0.370
EQ02	14	0.932	-0.073	0.912	0.065	0.159	0.715	0.007	0.847	-0.017	0.059	-0.868	0.026	0.007	1.000	0.059	0.026
Mets	15	-0.028	-0.719	0.174	0.474	0.796	0.439	0.223	-0.199	-0.745	1.000	0.300	0.531	0.223	0.059	1.000	0.974
Cal	16	0.043	-0.178	0.229	0.754	0.645	0.354	0.914	-0.073	-0.193	0.529	0.300	1.000	0.914	0.027	0.529	1.000
A Mets	17	-0.066	-0.619	0.136	0.481	0.745	0.412	0.370	-0.235	-0.770	0.974	0.378	0.637	0.370	0.026	0.974	1.000

SIRSYS

TABLA 19

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS. 160WATT. GRUPO A

	EQ	ER	V	V002	V02	FR	l <sub>0</sub>	V8	P	Q <sub>1</sub> /P	8002	80E	Trab	EQ002	Mets	Gal	Δ Mets
EQ	1.000	0.877	0.116	-0.471	-0.788	0.276	-0.043	0.335	0.693	-0.829	-0.980	-0.692	-0.030	0.744	-0.829	-0.693	-0.773
ER	0.877	1.000	-0.076	-0.352	-0.715	0.056	-0.053	0.625	0.325	-0.670	-0.801	-0.642	-0.035	0.348	-0.670	-0.642	-0.637
V	0.116	-0.076	1.000	0.702	0.492	0.767	-0.905	-0.131	0.216	0.351	-0.048	-0.631	-0.909	0.136	0.352	-0.630	0.457
V002	-0.471	-0.352	0.702	1.000	0.901	0.358	-0.841	0.034	-0.461	0.866	0.585	-0.217	-0.846	-0.608	0.866	-0.214	0.920
V02	-0.788	-0.715	0.492	0.901	1.000	0.178	-0.567	-0.223	-0.559	0.471	0.842	0.174	-0.578	-0.680	0.971	0.177	0.988
FR	0.276	0.056	0.767	0.358	0.178	1.000	-0.719	-0.497	0.114	0.141	-0.305	-0.776	-0.721	0.378	0.142	-0.777	0.189
l <sub>0</sub>	-0.043	-0.053	-0.905	-0.841	-0.567	-0.719	1.000	-0.038	0.137	-0.512	-0.065	0.701	1.000	0.171	-0.512	0.699	-0.597
V8	0.335	0.625	-0.131	0.034	-0.223	-0.497	-0.038	1.000	0.082	-0.224	-0.165	-0.117	-0.025	-0.264	-0.224	-0.114	-0.176
P	0.693	0.325	0.216	-0.461	-0.559	0.114	0.137	0.082	1.000	-0.740	-0.716	-0.237	0.133	0.864	-0.740	-0.239	-0.661
Q <sub>1</sub> /P	-0.829	-0.670	0.351	0.866	0.971	0.141	-0.512	-0.224	-0.740	1.000	0.877	0.148	-0.521	-0.786	1.000	0.190	0.991
8002	-0.980	-0.801	-0.048	0.585	0.842	-0.305	-0.065	-0.165	-0.716	0.877	1.000	0.631	-0.076	-0.839	0.877	0.634	0.836
80E	-0.692	-0.642	-0.631	-0.217	0.174	-0.776	0.701	-0.117	-0.237	0.148	0.631	1.000	0.692	-0.376	0.187	1.000	0.116
Trab	-0.030	-0.035	-0.909	-0.846	-0.578	-0.721	1.000	-0.075	0.133	-0.521	-0.076	0.692	1.000	0.173	-0.522	0.690	-0.606
EQ002	0.744	0.348	0.136	-0.608	-0.680	0.378	0.171	-0.264	0.864	-0.786	-0.839	-0.376	0.173	1.000	-0.786	-0.380	-0.748
Mets	-0.829	-0.670	0.352	0.866	0.971	0.142	-0.512	-0.224	-0.740	1.000	0.877	0.187	-0.522	-0.786	1.000	0.190	0.991
Gal	-0.693	-0.642	-0.630	-0.214	0.177	-0.777	0.699	-0.114	-0.239	0.190	0.634	1.000	0.690	-0.380	0.190	1.000	0.119
Δ Mets	-0.773	-0.637	0.457	0.920	0.988	0.189	-0.597	-0.176	-0.661	0.991	0.836	0.116	-0.606	-0.748	0.991	0.119	1.000

SIRSYS

TABLA 20

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS. 160WATT. GRUPO B

	EO	ER	V	VCC2	V02	FB	%	VE	P	Q/P	EO2	EOE	Trab	EQCO2	Mets	Cal	A Mets
EO	1.000	-0.330	0.782	-0.405	-0.047	0.181	-0.284	0.591	-0.029	-0.067	-0.736	-0.128	-0.274	0.862	-0.067	-0.128	-0.025
ER	-0.130	1.000	-0.540	0.016	-0.755	0.180	-0.496	-0.601	-0.114	-0.480	0.176	-0.672	-0.500	-0.426	-0.481	-0.672	-0.442
V	0.782	-0.540	1.000	-0.214	0.288	0.233	-0.155	0.856	-0.008	0.163	-0.874	0.113	-0.146	0.954	0.163	0.114	0.214
VCC2	-0.405	0.016	-0.214	1.000	0.633	0.713	0.614	0.013	-0.410	0.718	0.470	0.676	0.613	-0.477	0.718	0.676	0.676
V02	-0.047	-0.755	0.288	0.633	1.000	0.307	0.734	0.486	-0.216	0.861	0.156	0.941	0.735	0.026	0.862	0.941	0.813
FB	0.181	0.180	0.233	0.713	0.307	1.000	0.179	0.196	-0.557	0.516	-0.103	0.304	0.180	0.051	0.516	0.304	0.527
%	-0.284	-0.496	-0.155	0.614	0.734	0.179	1.000	-0.048	-0.085	0.606	0.525	0.906	1.000	-0.364	0.606	0.906	0.533
VE	0.591	-0.601	0.856	0.013	0.486	0.196	-0.048	1.000	0.176	0.242	-0.680	0.258	-0.037	0.758	0.242	0.257	0.259
P	-0.029	-0.114	-0.008	-0.410	-0.216	-0.557	-0.085	0.176	1.000	-0.677	-0.204	-0.266	-0.084	0.079	-0.677	-0.265	-0.737
Q/P	-0.067	-0.480	0.163	0.718	0.861	0.516	0.606	0.242	-0.677	1.000	0.280	0.847	0.606	-0.081	1.000	0.847	0.990
EO2	-0.736	0.176	-0.874	0.470	0.156	-0.103	0.525	-0.680	-0.204	0.280	1.000	0.349	0.519	-0.930	0.280	0.348	0.215
EOE	-0.128	-0.672	0.113	0.676	0.941	0.304	0.906	0.258	-0.266	0.847	0.349	1.000	0.908	-0.140	0.848	1.000	0.795
Trab	-0.274	-0.500	-0.146	0.613	0.735	0.180	1.000	-0.037	-0.084	0.606	0.519	0.908	1.000	-0.355	0.607	0.908	0.534
EQCO2	0.862	-0.426	0.954	-0.477	0.026	0.051	-0.364	0.758	0.079	-0.081	-0.930	-0.140	-0.355	1.000	-0.081	-0.139	-0.017
Mets	-0.067	-0.481	0.163	0.718	0.862	0.516	0.606	0.242	-0.677	1.000	0.280	0.848	0.607	-0.081	1.000	0.847	0.990
Cal	-0.128	-0.672	0.114	0.676	0.941	0.304	0.906	0.257	-0.265	0.847	0.348	1.000	0.908	-0.139	0.847	1.000	0.794
AMets	-0.025	-0.442	0.214	0.676	0.813	0.527	0.533	0.259	-0.737	0.990	0.215	0.795	0.534	-0.017	0.990	0.794	1.000

SIIRSYS

## TABLA 21

TABLA DE CORRELACION  
PRUEBAS LARGAS..RECUPERACION.. GRUPO A

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub>	Met.r	EQCO <sub>2</sub>	ΔMeta.
EQ	1	1.000	0.565	0.574-0.071	-0.509	0.074	0.010	0.371	0.025-0.473	-0.777	-0.386	-0.474	0.441	-0.385	
CR	2	0.565	1.000	0.077	0.246-0.587	0.022	0.122	0.067	0.074-0.574	-0.427	-0.540	-0.574	-0.011	-0.565	
V	3	0.574	0.077	1.000	0.501	0.315	0.201-0.401	0.674	-0.121	0.348	-0.513	0.110	0.347	0.370	0.342
VCO <sub>2</sub>	4	-0.071	0.246	0.501	1.000	0.578	0.251-0.391	0.322	-0.042	0.556	0.149	0.223	0.555	-0.211	0.429
VO <sub>2</sub>	5	-0.509	-0.587	0.587	0.315	1.000	0.133-0.425	0.219	-0.108	0.971	0.508	0.589	0.971	-0.164	0.849
FR	6	0.074	0.022	0.201	0.251	0.133	1.000-0.179	-0.496	0.080	0.111	0.058	0.013	0.111	0.015	0.082
t	7	0.010	0.122	-0.401	-0.391	0.425	1.000-0.179	0.000	-0.205	0.222	-0.436	0.076	0.055	-0.436	-0.008
VC	8	0.371	0.067	0.674	0.322	0.219	-0.496	-0.205	1.000	-0.102	0.242	-0.405	0.114	0.241	0.230
P	9	0.025	0.074	-0.121	-0.042	-0.108	0.080	0.222	-0.102	1.000	-0.320	0.018	-0.084	-0.320	-0.039
O <sub>2</sub> /P	10	-0.473	-0.574	0.348	0.556	0.971	0.111	-0.436	0.242	-0.320	1.000	0.456	0.578	1.000	-0.134
CUO <sub>2</sub>	11	-0.777	-0.427	-0.513	0.149	0.508	0.058	0.076	-0.405	0.018	0.456	1.000	0.462	0.457	-0.376
DO <sub>2</sub>	12	-0.386	-0.540	0.110	0.223	0.589	0.013	0.055	0.114	-0.084	0.578	0.462	1.000	0.578	-0.160
Met.r	13	-0.474	-0.574	0.347	0.555	0.971	0.111	-0.436	0.241	-0.320	1.000	0.457	0.578	1.000	-0.134
EQCO <sub>2</sub>	14	0.441	-0.011	0.370	-0.211	-0.164	0.015	-0.008	0.218	-0.039	-0.134	-0.376	-0.160	-0.134	1.000
Meta	15	-0.385	-0.565	0.342	0.429	0.849	0.082	-0.422	0.230	-0.228	0.863	0.340	0.583	0.863	-0.047

SIRSYS

TABLA 22

TABLA DE CORRELACION

PRUEBAS LARGAS..RECUPERACION.. GRUPO B

	EQ	CR	V	VCO <sub>2</sub>	VO <sub>2</sub>	FR	t	VC	P	O <sub>2</sub> /P	CUO <sub>2</sub>	DO <sub>2</sub>	Met.r	EQCO <sub>2</sub>	Met.s
EQ	1	1.000-0.130	0.552-0.097	-0.107	0.273-0.596	0.362-0.016	-0.067	-0.958-0.195	-0.066	0.682	0.052				
CR	2	-0.130	1.000-0.524	0.325-0.411	-0.327-0.025	-0.245	0.493-0.567	0.121-0.431	-0.567	0.654-0.508					
V	3	0.552-0.524	1.000	0.322	0.669	0.427-0.438	0.636-0.165	0.674-0.626	0.272	0.675	0.728	0.593			
VCO <sub>2</sub>	4	-0.097	0.325	1.000	0.613-0.067	-0.337	0.346	0.235	0.438-0.108	0.274	0.442-0.389	0.386			
VO <sub>2</sub>	5	-0.107-0.411	0.669	0.613	1.000	0.162-0.325	0.479	0.005	0.886-0.074	0.498	0.987	0.144	0.720		
FR	6	0.273-0.327	0.427-0.067	0.162	1.000	0.073-0.415	-0.541	0.445-0.278	0.477	0.441	0.435	0.470			
t	7	-0.596-0.025	-0.438-0.337	-0.325	0.073	1.000-0.514	-0.326	-0.177	0.718	0.222-0.180	-0.256-0.083				
VC	8	0.362-0.245	0.636	0.346	0.479-0.415	-0.514	1.000	0.264	0.269-0.423	-0.182	0.273	0.388	0.129		
P	9	-0.016	0.493-0.165	0.235	0.005-0.541	-0.326	0.264	1.000-0.445	-0.024-0.438	-0.443-0.348	-0.366				
O <sub>2</sub> /P	10	-0.067-0.567	0.674	0.438	0.886	0.445-0.177	0.269-0.445	1.000-0.084	0.612	1.000	0.294	0.792			
CUO <sub>2</sub>	11	-0.958	0.121-0.626	-0.108	-0.074-0.278	0.718-0.423	-0.024-0.084	1.000	0.106-0.085	-0.604-0.166					
DO <sub>2</sub>	12	-0.195-0.431	0.272	0.274	0.498	0.477	0.222-0.182	-0.438	0.612	0.106	1.000	0.612-0.037	0.771		
Met.r	13	-0.066-0.567	0.675	0.442	0.887	0.441-0.180	0.273-0.443	1.000-0.085	0.612	1.000	0.292	0.793			
EQCO <sub>2</sub>	14	0.682-0.654	0.728-0.389	0.144	0.435-0.256	0.388-0.348	0.294-0.604	-0.037	0.292	1.000	0.231				
Met.s	15	0.052-0.508	0.593	0.386	0.720	0.470-0.083	0.129-0.366	0.792-0.166	0.771	0.793	1.000				

\*185YS

( $r=0,987$ ) y continua en potencias superiores la relación alta.

Para el B es en 140 vatios cuando pasa a ( $r=0,745$ ) y en 160 ( $r=0,813$ ).  
(Tablas: 7 a 22).

En recuperación la  $DO_2$  con el incremento en Mets para el A ( $r=0,583$ ) mientras que el B ( $r=0,771$ ). (Tablas: 21 y 22).

El resto de las relaciones no parece interesante, dado su variabilidad y dependencia.

### III. 3.- Pruebas de movimientos corporales.-

#### 3. 1.- Introducción.-

Se realizaron las pruebas, sobre 30 sujetos varones, elegidos aleatoriamente, entre estudiantes de Medicina, con edades comprendidas según la tabla general - núm. 2.

#### 3. 1.1.- Índice de Harvard.-

El esfuerzo utilizado fue tipo escalón de 50 cms. de altura, con un ritmo de 24 subidas y bajadas completas por minuto, y una duración de 5 minutos. El pulso se tomó, durante 30 segundos, una sola vez, al minuto de finalizar el ejercicio. Previamente, se tomó el pulso en reposo.

La valoración por el Índice de Harvard, resulta de aplicar la fórmula siguiente:

$$I H = \frac{\text{Tiempo (seg.)}}{5,5 \times \text{pulso final}}$$

Para intentar separar comportamientos posiblemente distintos, se agruparon los individuos en tres puntuaciones distintas: menos de 80, de 80 a 90 y más de 90, para relacionarlos con distintas variables.

### 3. 1.2.- Índice de Incremento.-

Con objeto de tener en cuenta, no sólo el ascenso en las pulsaciones, sino el posible distinto comportamiento de los individuos con diferente pulso pre-ejercicio, ideamos una modificación en la aplicación de la fórmula anterior, que llamamos Índice de Incremento y es como sigue:

$$I. I. = \frac{100 \times \text{tiempo (seg.)}}{\frac{5,5 \times \text{p. final} - \text{p. reposo}}{\text{p. reposo}}} \times 10$$

Puede aplicarse, en las mismas condiciones que el Harvard, sólo con el requisito de tomar el pulso pre-ejercicio.

Se agruparon las puntuaciones en dos magnitudes 50-90 y 90-130 para relacionarlas con distintas variables.

### 3. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.- Relaciones con ambos tipos de pruebas.-

El individuo una vez conectado al Metabógrafo de Fleisch, permanecía en reposo hasta su adaptación, a continuación realizaba la prueba y después se continuaba recogiendo los datos, en general hasta los diez minutos de post-esfuerzo. Se han expresado sólo los resultados en la recuperación, durante los cinco primeros minutos ya que de esta forma se puede estandarizar mejor.

### Ventilación (V).-

Durante el periodo de reposo alcanza una media de 11,02 l/min. que es totalmente normal, para pasar a 62,51 l/min. durante el esfuerzo, cifra relativamente alta y disminuyendo a 28,96 l/min. de media en los 5 primeros minutos de la recuperación (Tabla 23). La evolución de la V, es la típica del ejercicio interrumpido antes de alcanzar el estado estacionario. Agrupando a los individuos por puntuaciones obtenidas en ambos índices, en los dos casos alcanzaron ventilaciones ligeramente superiores los individuos con puntuación más alta (Gráf: 22 y 23).

La V máxima alcanzada aumenta claramente con la intensidad de trabajo; (900 Kpm son equivalentes a 150 vatios) (Gráf. 24).

La relación entre las puntuaciones obtenidas en el Harvard y la ventilación máxima individual, no es suficiente, como se observa en la Graf. 25.

En cuanto al ritmo de recuperación, pensamos que deberían presentarse - los datos, en razón al % de recuperación de las cifras en reposo. Así, al decir que ha recuperado el 80% de la V en el cuarto minuto, aplicando las puntuaciones de ambos índices, (Graf.: 26 y 27), queremos decir que en ese momento, el individuo sólo tiene un 20% de elevación en sus cifras de reposo. Es decir, prácticamente - recuperado. En ambos índices, la recuperación es muy satisfactoria, ya en el segundo minuto el 60%. En los puntuados con menos de 80 en el Harvard (Graf. 26) - llegan sólo a 45%.

### Eliminación de CO<sub>2</sub>.-

Adopta una curva muy parecida a la del VO<sub>2</sub>, aunque durante el ejercicio

y la recuperación, se separan algo, como consecuencia de su mayor eliminación (Graf. 30). El QR en reposo fué de 1,32 para disminuir a 1,18 durante el ejercicio y aumentar a 1,24 en recuperación.

#### **Consumo de oxígeno.-**

Durante el periodo de reposo fué de 284 ml./min., cifra perfectamente normal, para incrementarse 7,06 veces en el esfuerzo, es decir, 2005,96 ml/min., durante la recuperación se obtuvo una media de 754,40 ml/min.

La evolución de la curva de  $VO_2$  tanto bajo el criterio de puntuación del I de I o del I de H, fue sensiblemente la misma. En ambos casos, hubo periodo de equilibrio muy breve para los individuos con mayor aptitud (puntuaciones mayores).

El  $VO_2$  máximo, es sumamente variable y no encontramos correlación con la puntuación en el I de H. El consumo máximo fue de 2500 ml/min. para un individuo con puntuación de 88 (es decir, buena condición). El ritmo de recuperación de  $VO_2$  en los dos índices, fué excelente, siendo la recuperación del 70% para los dos grupos de puntuaciones del I. de I. y los tres grupos de I. de H., separados según el criterio de puntuación antes mencionado.

A los cinco minutos de recuperación, ésta era ya completa (90%), es decir sólo 10% de elevación sobre el reposo (Graf.: 35 y 36). La deuda de oxígeno ( $DO_2$ ) se calculó y se relacionó con el I. de H hallándose entre 3000 y 4500 ml. al 60% de los individuos (Graf. 34).

#### **Equivalente ventilatorio (EQ).-**

Durante el reposo, el equivalente fue de 39,8, para disminuir a 31,3 durante

el esfuerzo y volver a elevarse a 38,5 en la recuperación (Tabla 23).

La evolución de EQ para los dos índices separados por puntuación, fue parecida, elevándose más durante la recuperación de los individuos menos aptos (Graf. 18 y 20).

Se calculó la diferencia entre el Eq de recuperación -el Eq de esfuerzo llamándose al resultado Equivalente diferencial (Eqd).

La relación entre Eqd y los valores del I de H. (Graf. 21) parecen indicar la tendencia a tener un Eqd menor, cuanto mayor sea la puntuación del sujeto, en esta prueba.

### 3. 3.- Resultados comparados de ambos índices.-

La aplicación de los dos índices separando a los sujetos, por el criterio de puntuación, discrimina los más aptos (puntuación mayor de 90 en los dos casos). No obstante, parece que el I. de I. separa la misma población, en los niveles más bajos (50-70), con mayor eficacia (Gráf. 16, 17).

Se calcularon las correlaciones entre ambos índices y algunas variables respiratorias. No se encontró correlación entre el I. de H. y  $VO_2$ , EQ, QR, - $VO_2$  máx, y  $DO_2$ .

El EQd tiene mayor relación con el I. de H. (Tabla 24).

El I. de I. tiene correlación muy baja con el  $EQO_2$  y algo mayor con el  $VO_2$  y QR.

**TABLA 23**  
**VALORES MEDIOS RESPIRATORIOS EN EL TEST DE HARVARD**

	Reposo	Ejercicio Harvard	Recuperación
	$\bar{x} \pm ES$	$\bar{x} \pm ES$	$\bar{x} \pm ES$
$\dot{V}$	11.02 $\pm$ 0.39	62.51 $\pm$ 2.82	28.96 $\pm$ 1.11
$\dot{V}_{CO_2}$	376.66 $\pm$ 10.89	2367.86 $\pm$ 262.43	935.76 $\pm$ 68.49
$\dot{V}_{O_2}$	28.40 $\pm$ 8.38	2005.96 $\pm$ 57.97	754.40 $\pm$ 6.93
E. Q.	3.98 $\pm$ 0.19	3.11 $\pm$ 0.08	3.85 $\pm$ 0.06

**TABLA DE VALORES MEDIOS**

$\dot{V}$  = Ventilación/min.

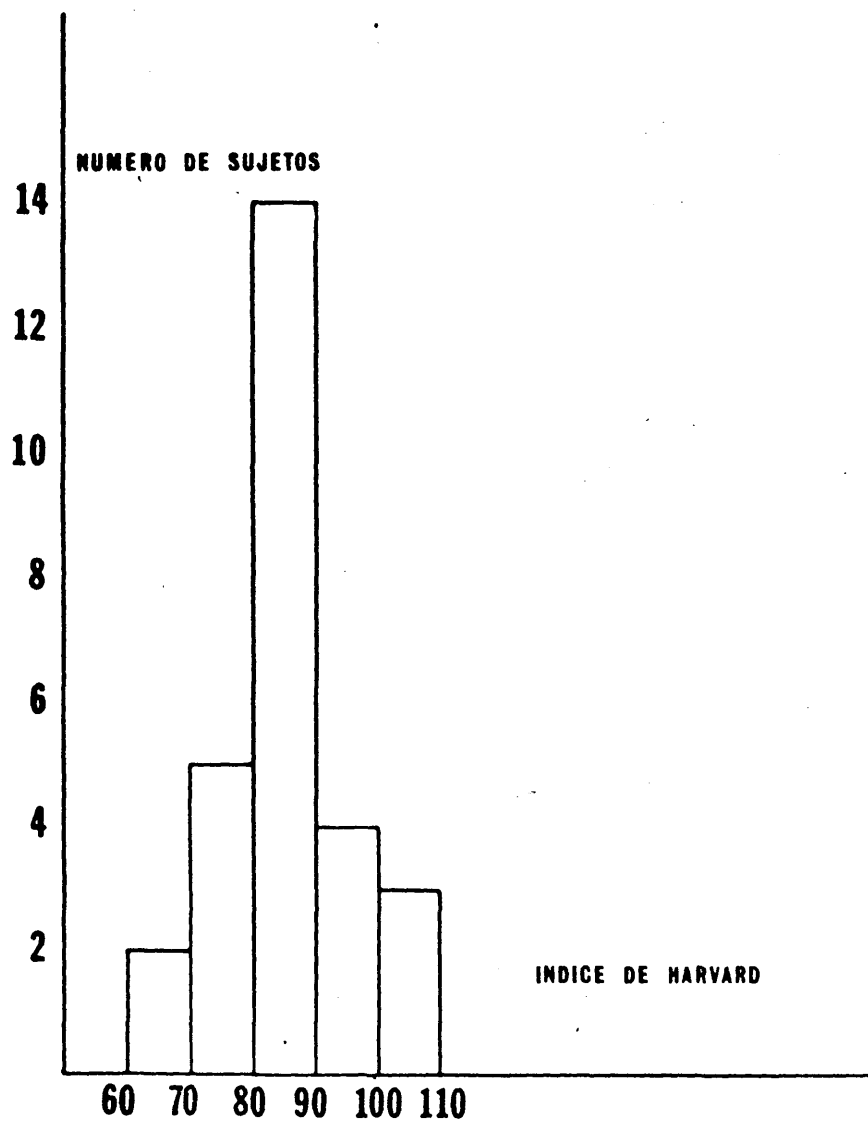
$\dot{V}_{CO_2}$  = Volumen de  $CO_2$ /min.

$\dot{V}_{O_2}$  = Volumen de  $O_2$ /min.

E.Q. = Equivalente ventilatorio para el  $O_2$ .

$\bar{x}$  = Media.

ES = Desviación standard.

**Grafica 16****HISTOGRAMA INDICE DE HARVARD**

**Grafica 17**

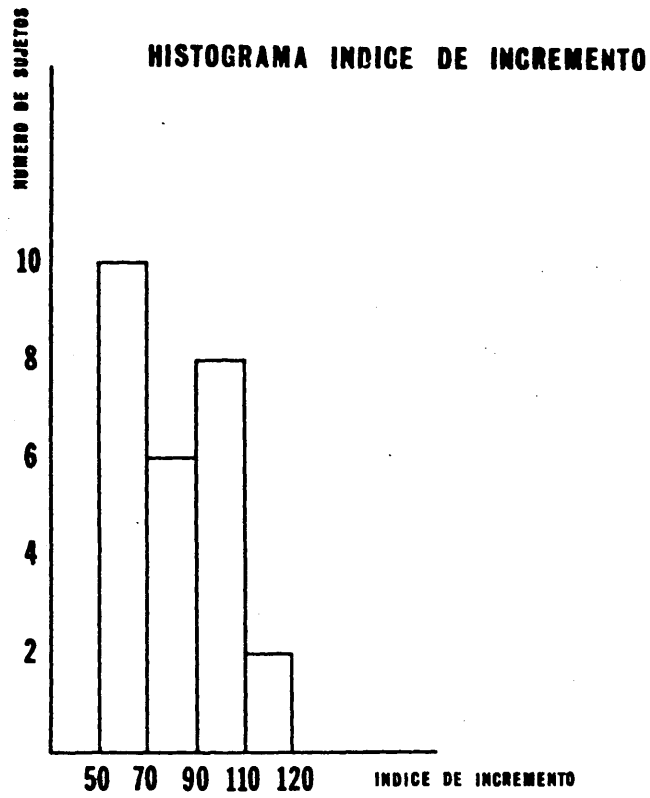


Tabla 24**CORRELACION ENTRE I. HARVARD Y VALORES RESPIRATORIOS**

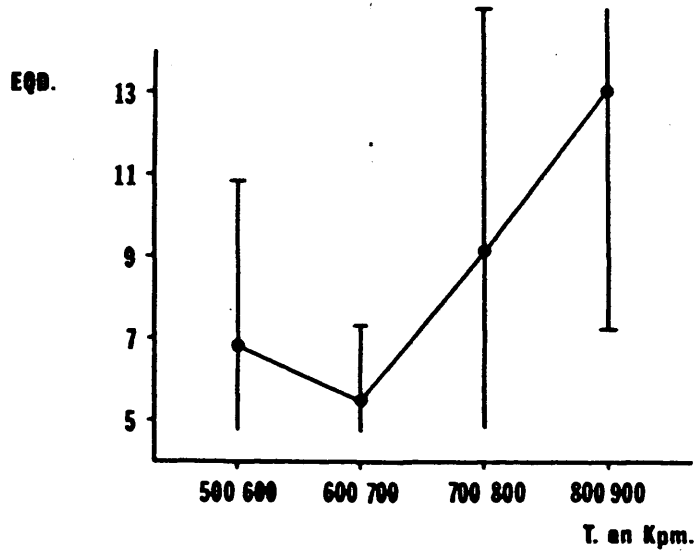
	<b>V.O<sub>2</sub></b>	<b>Ṡ max.</b>	<b>Deuda O<sub>2</sub></b>	<b>Eq. dif.</b>
<b>Ec. regresion</b>	<b>y=92.12-0.002x</b>	<b>y=80.7+0.006x</b>	<b>y=96.6-0.003x</b>	<b>y=5.51-0.055x</b>
<b>Coefficiente de correlacion</b>	<b>-0.099</b>	<b>+0.116</b>	<b>-0.276</b>	<b>-0.571</b>

TABLA 25

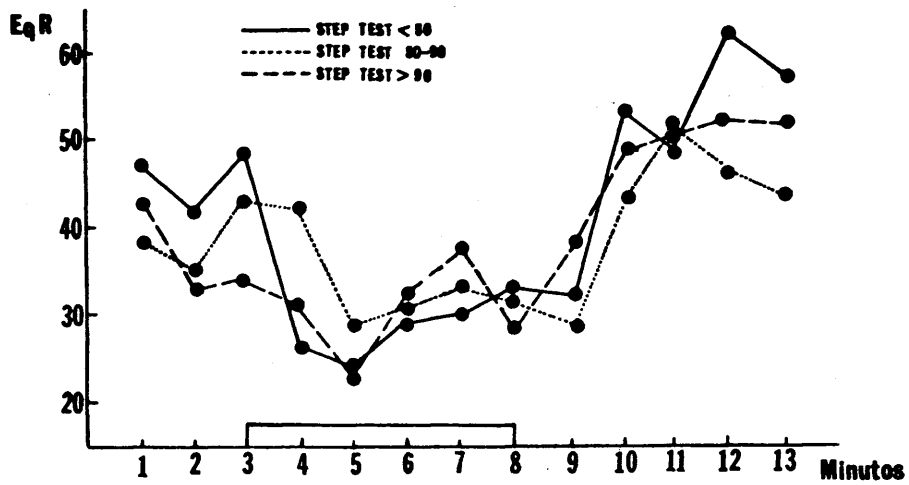
**CORRELACION ENTRE EL I. HARVARD Y EL I. INCREMENTO -  
TO CON: VO EqO<sub>2</sub> Y Q.R**

	<b>VO<sub>2</sub></b>	<b>EqO<sub>2</sub></b>	<b>Q.R</b>
<b>I. HARVARD</b>	<b>-0.099</b>	<b>-0.1099</b>	<b>-0.1926</b>
<b>I. INCREMENTO</b>	<b>-0.4643</b>	<b>-0.2763</b>	<b>-0.4955</b>

**Grafica 19**  
**EQD. DURANTE EL STEP TEST**  
**PARA LOS TRABAJOS REALIZADOS**

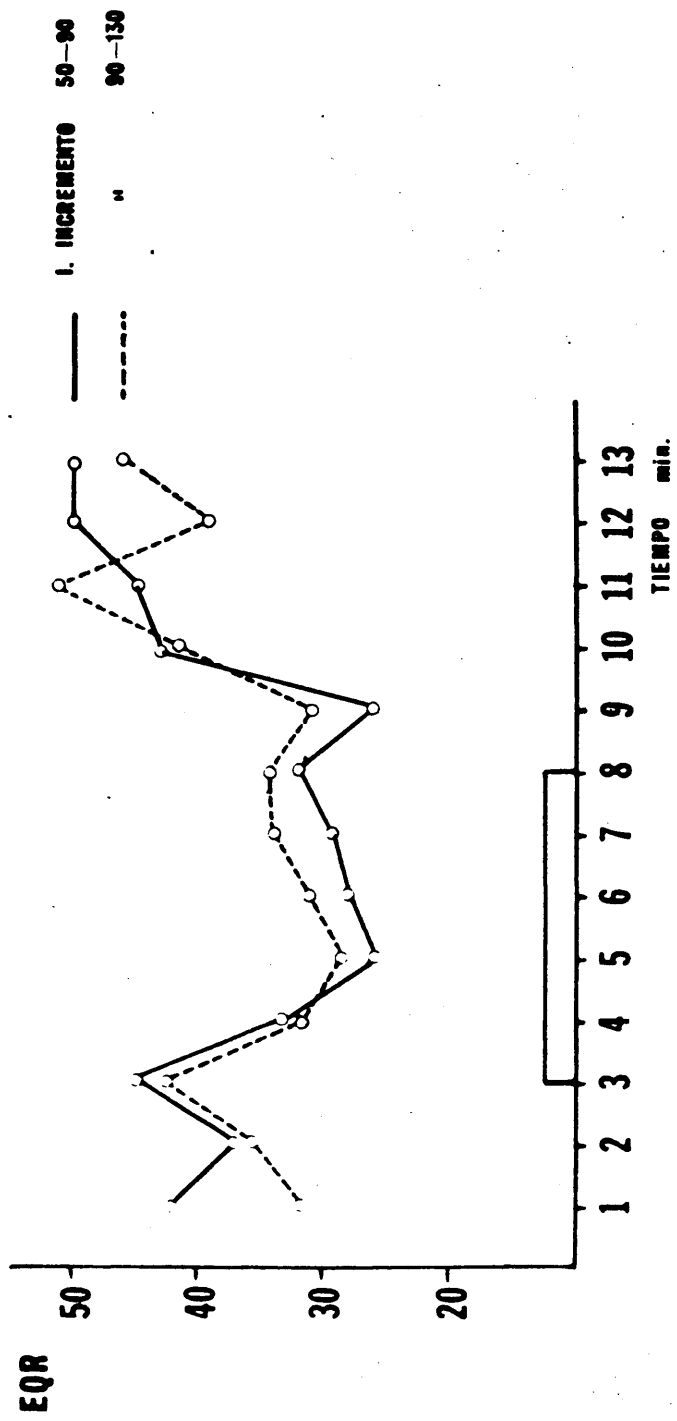


**Grafica 20**  
**EqR DURANTE EL STEP-TEST**



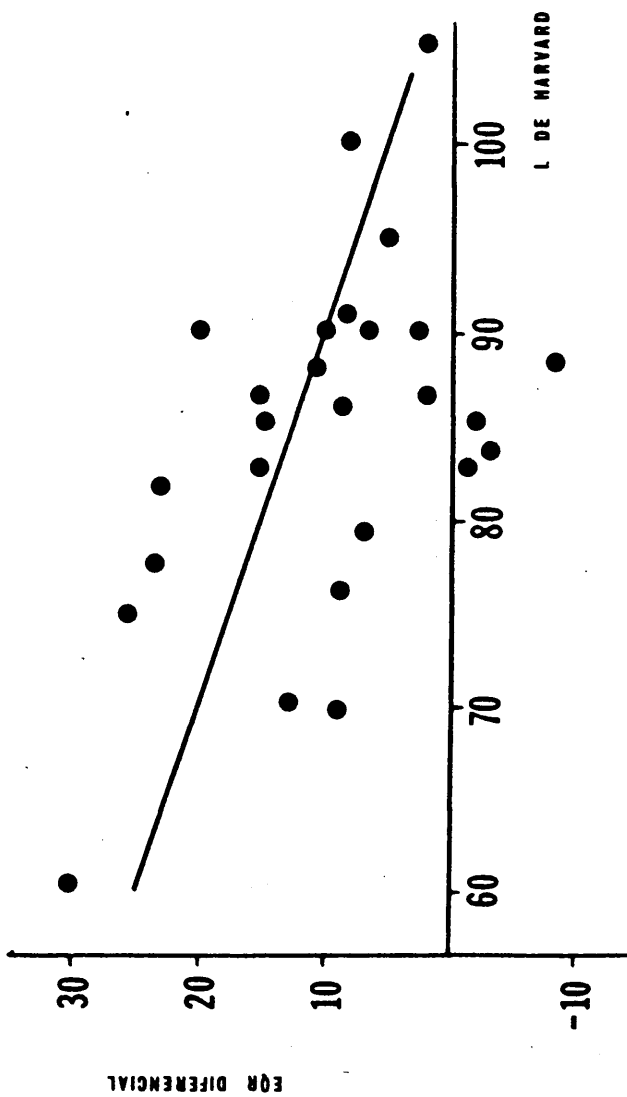
Grafica 18

**EVOLUCION DEL EQR DURANTE  
EL STEP TEST**



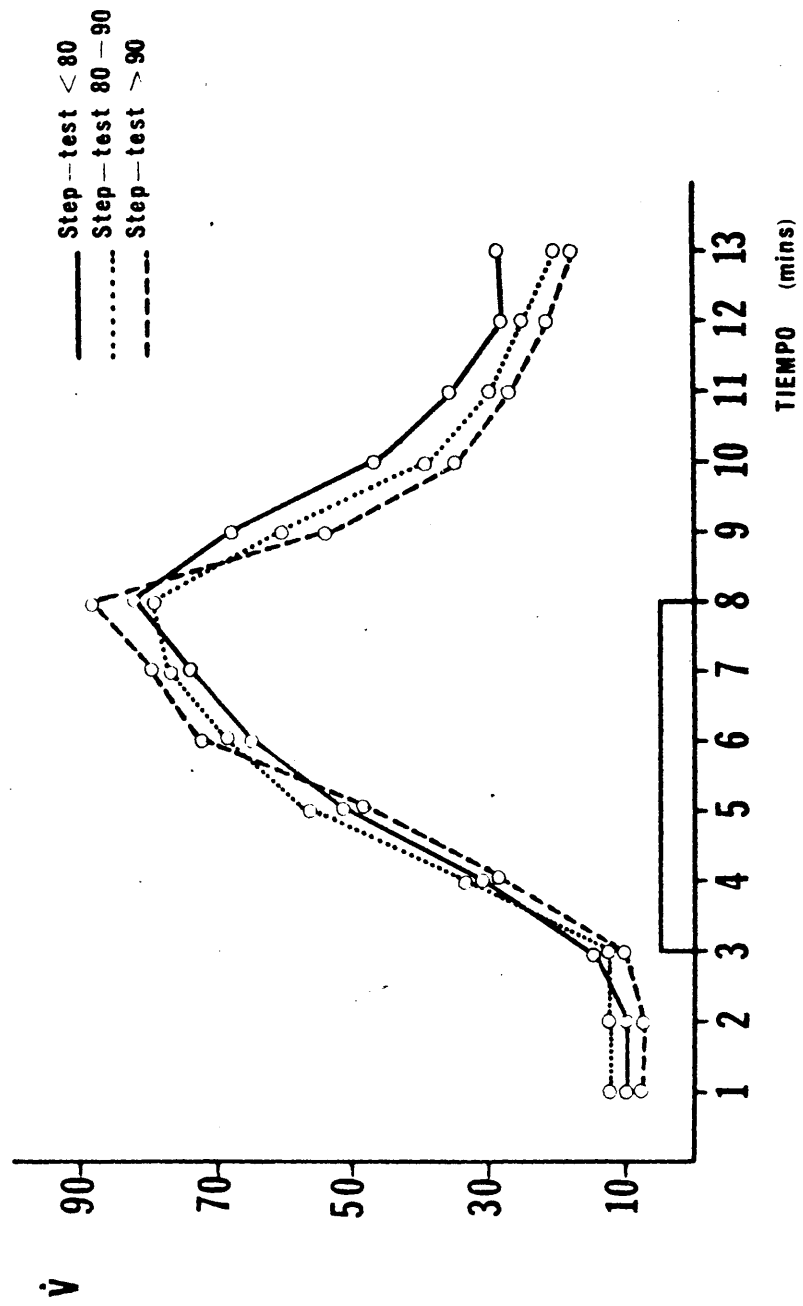
Grafica 21

RELACION ENTRE EL EQR DIFERENCIAL  
Y EL INDICE DE HARVARD



**Grafica 23**

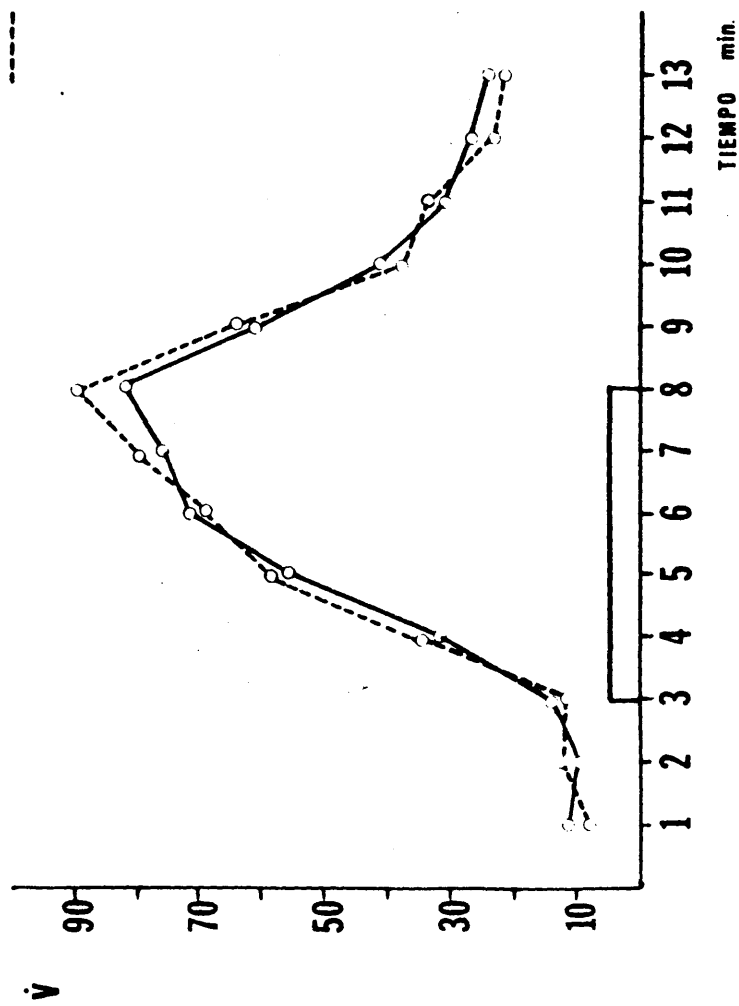
**EVOLUCION DE  $\dot{V}$  DURANTE EL STEP-TEST**



Grafica 22

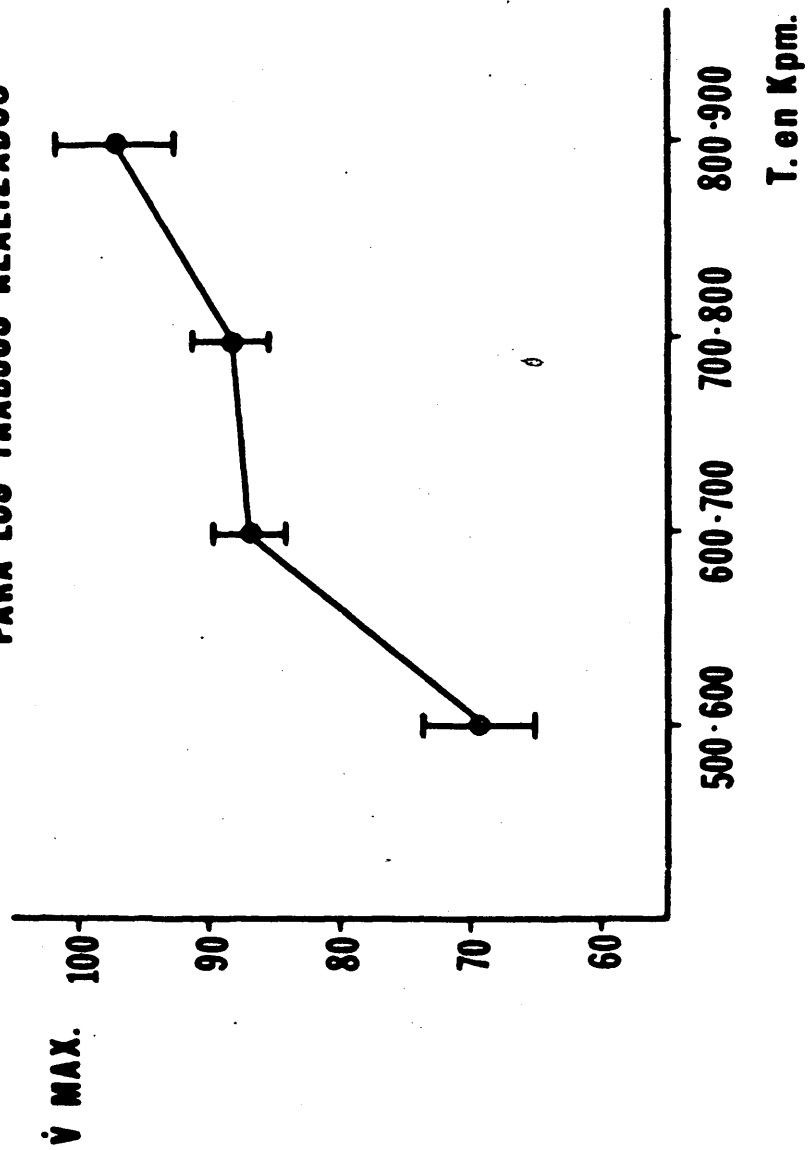
**EVOLUCION DE LA  $\dot{V}$  DURANTE  
EL STEP TEST**

I. INCREMENTO 50 - 90  
" " 90 - 130

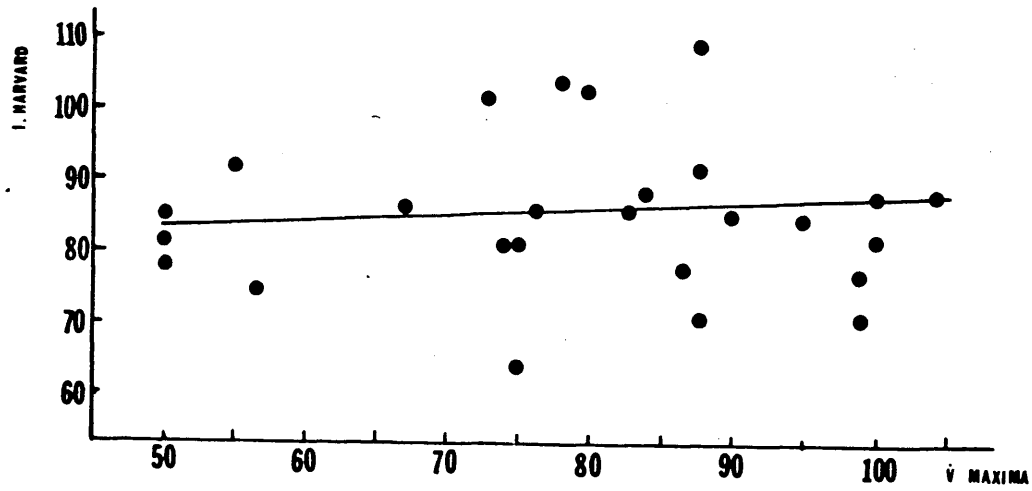


**Grafica 24**

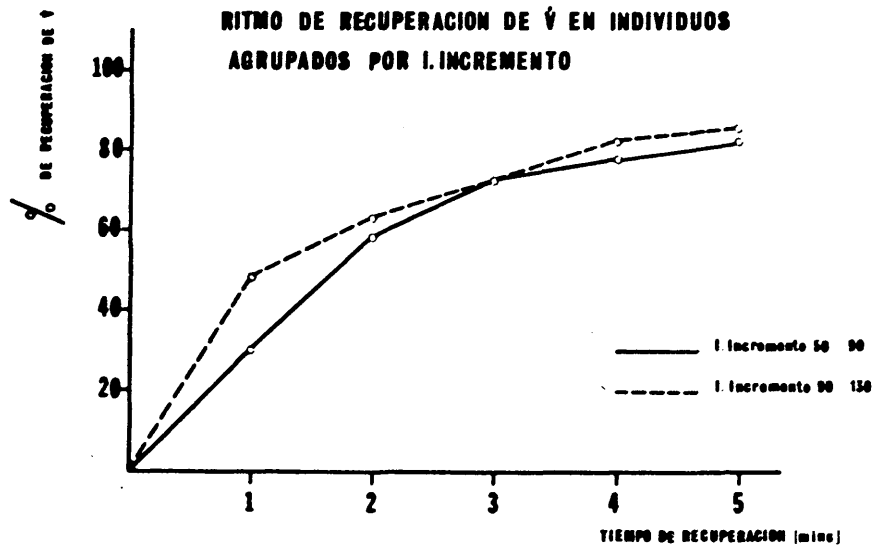
**Ý MAX. DURANTE EL STEP TEST  
PARA LOS TRABAJOS REALIZADOS**



Grafica 25

RELACION ENTRE STEP-TEST Y  $\dot{V}$  MAXIMA

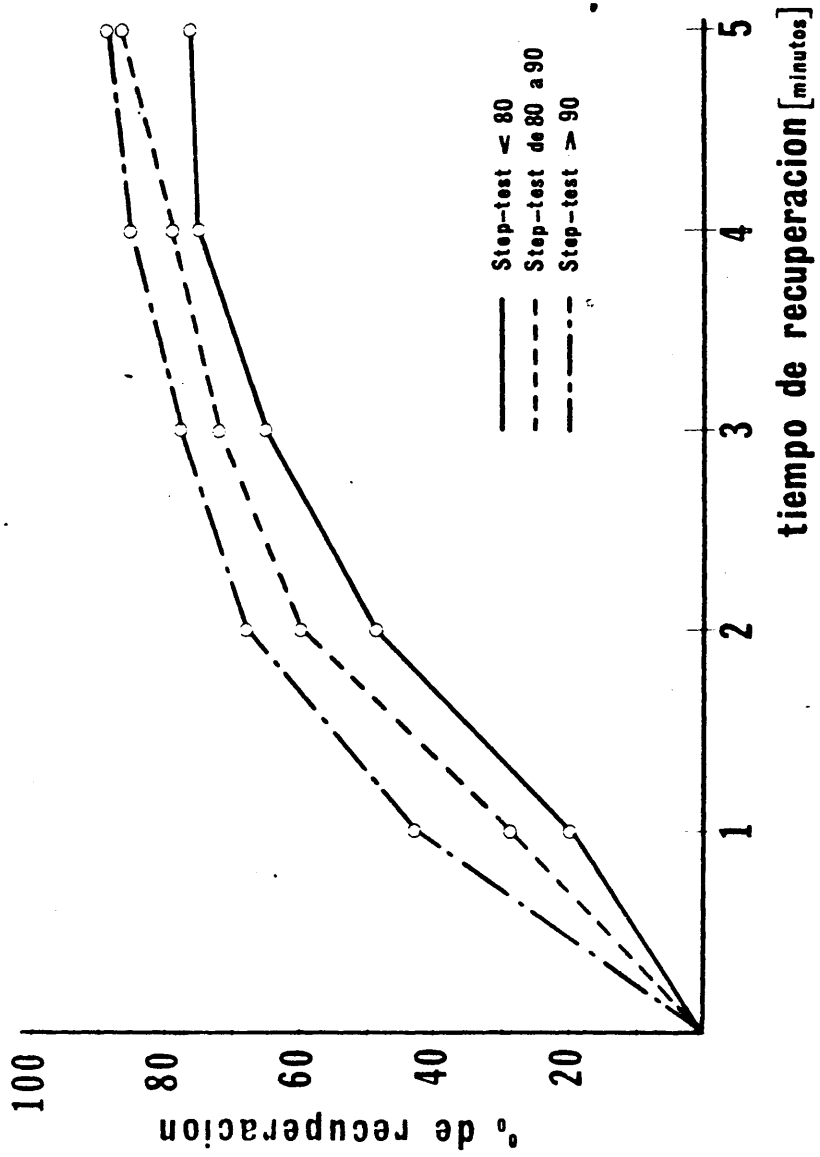
Grafica 27

RITMO DE RECUPERACION DE  $\dot{V}$  EN INDIVIDUOS  
AGRUPADOS POR I. INCREMENTO

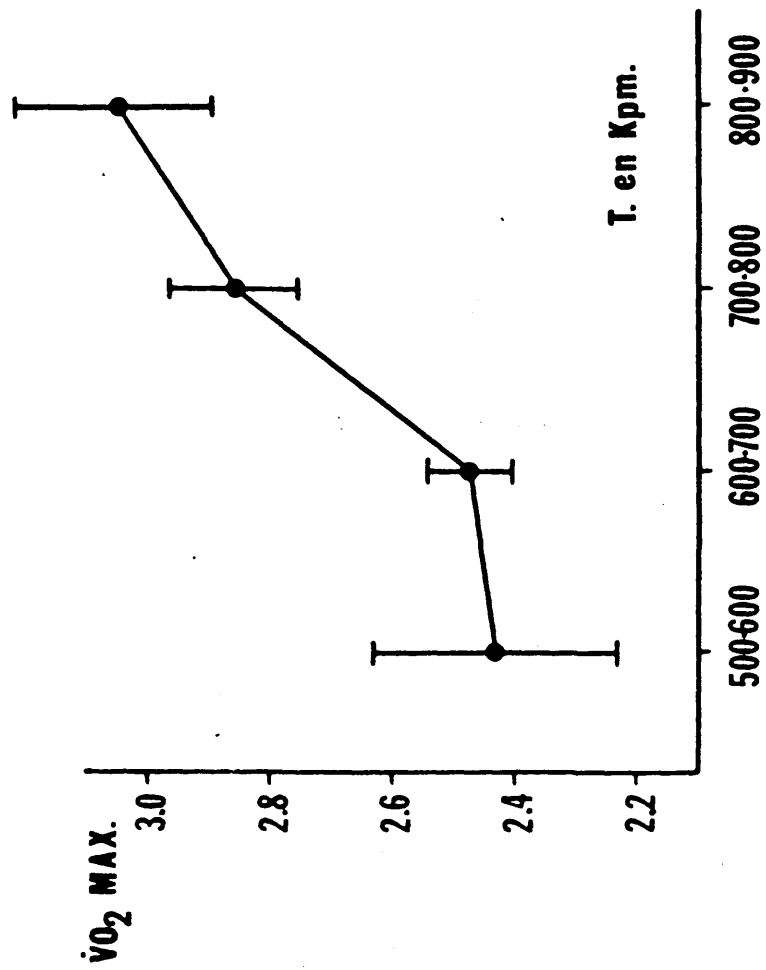
Grafica 26

**RITMO DE RECUPERACION DE LA V̇**

(INDIVIDUOS AGRUPADOS POR SU STEP-TEST)

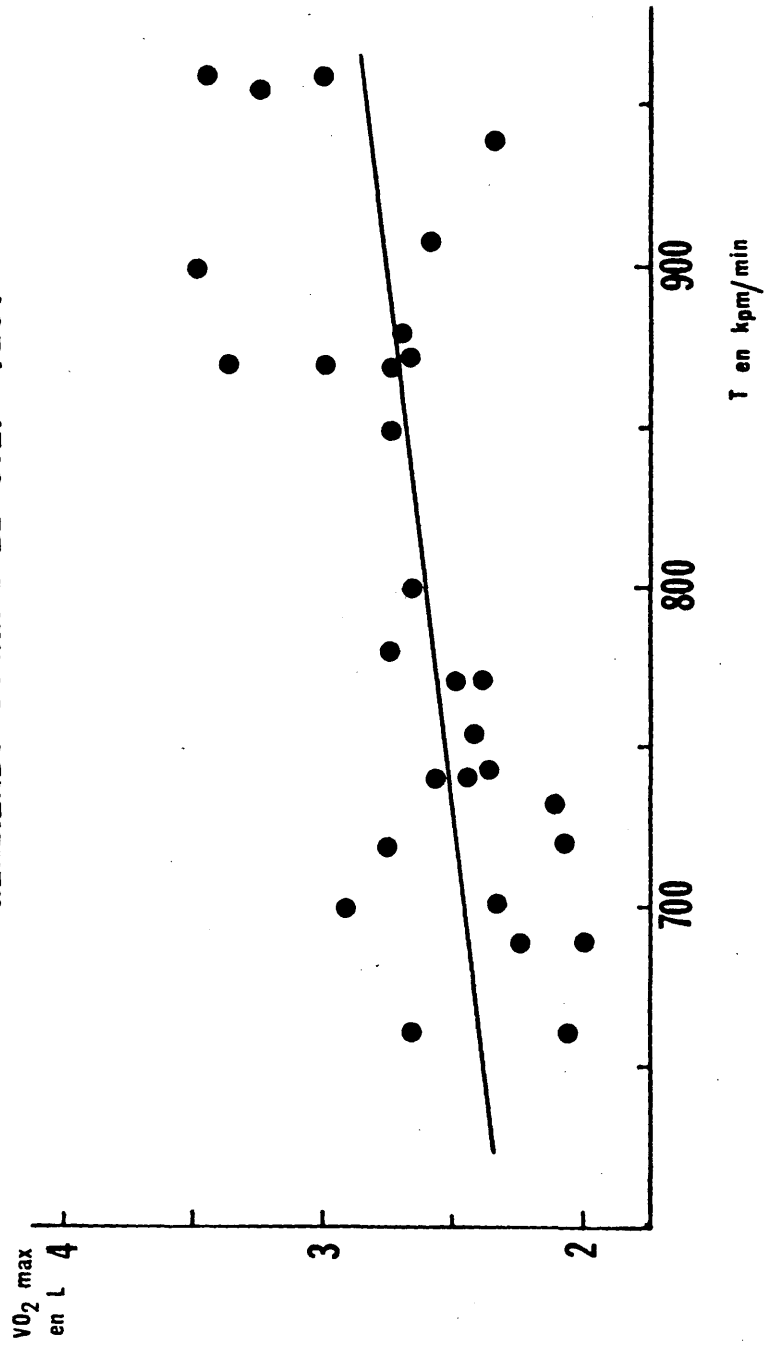


Grafica 28  
 **$\dot{V}O_2$  DURANTE EL STEP TEST  
PARA LOS TRABAJOS REALIZADOS**



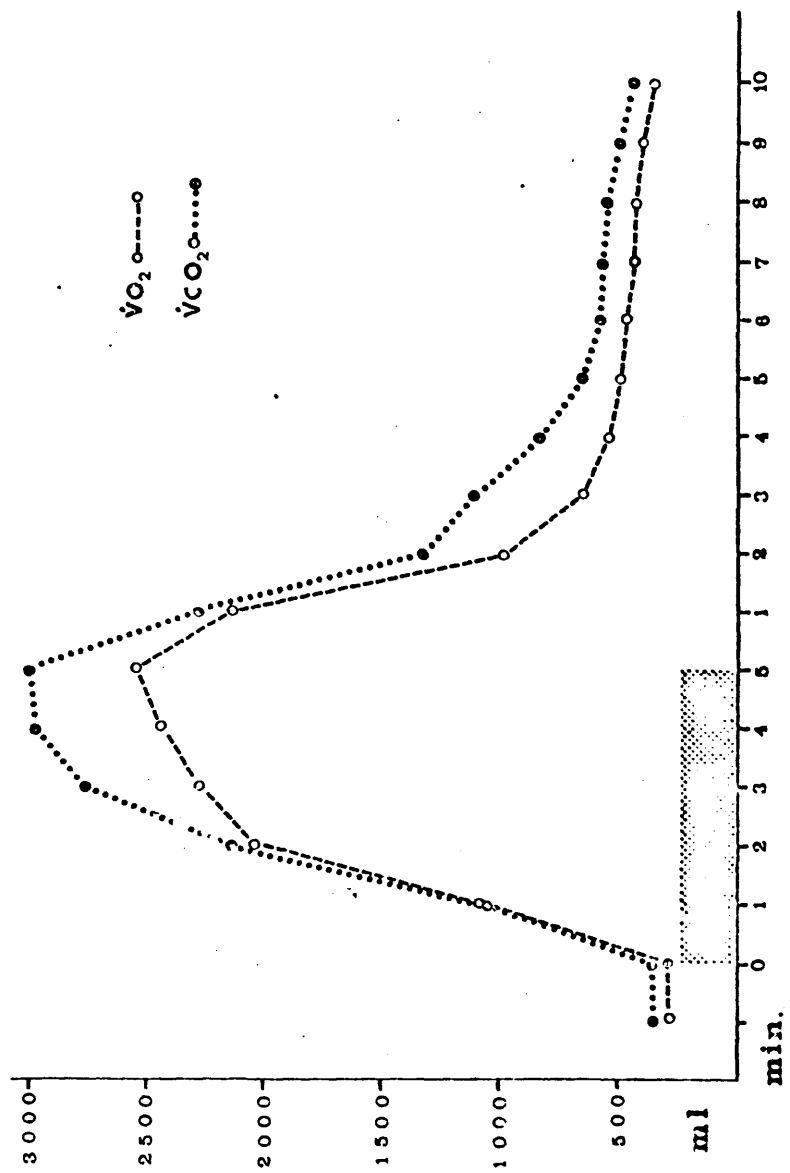
Grafica 29

**VO<sub>2</sub> MAXIMO EN RELACION AL TRABAJO  
REALIZADO DURANTE EL STEP - TEST**

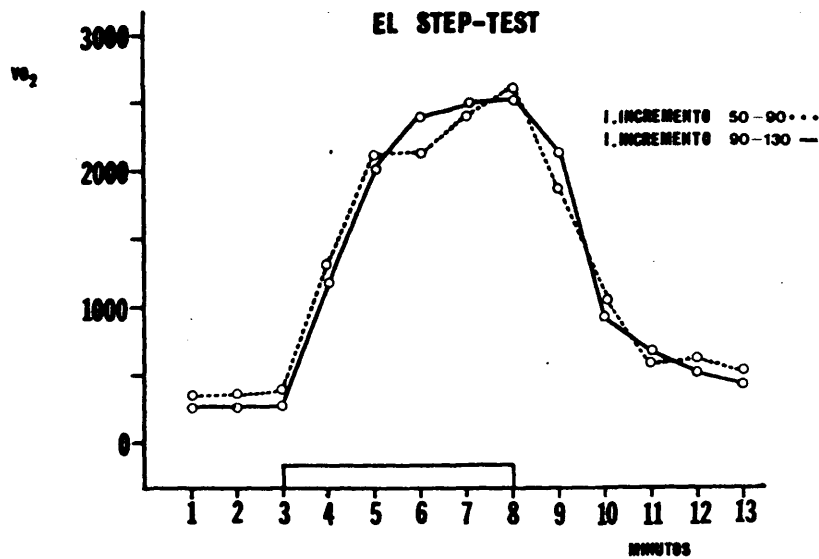


## GRAFICA 30

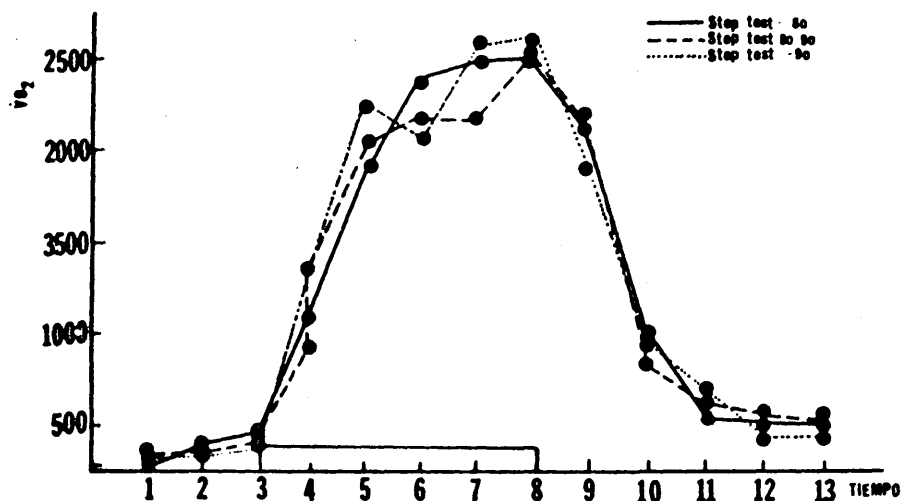
## TEST DE HARVARD



**Grafica 31**  
**EVOLUCION DEL VO<sub>2</sub> DURANTE**  
**EL STEP-TEST**

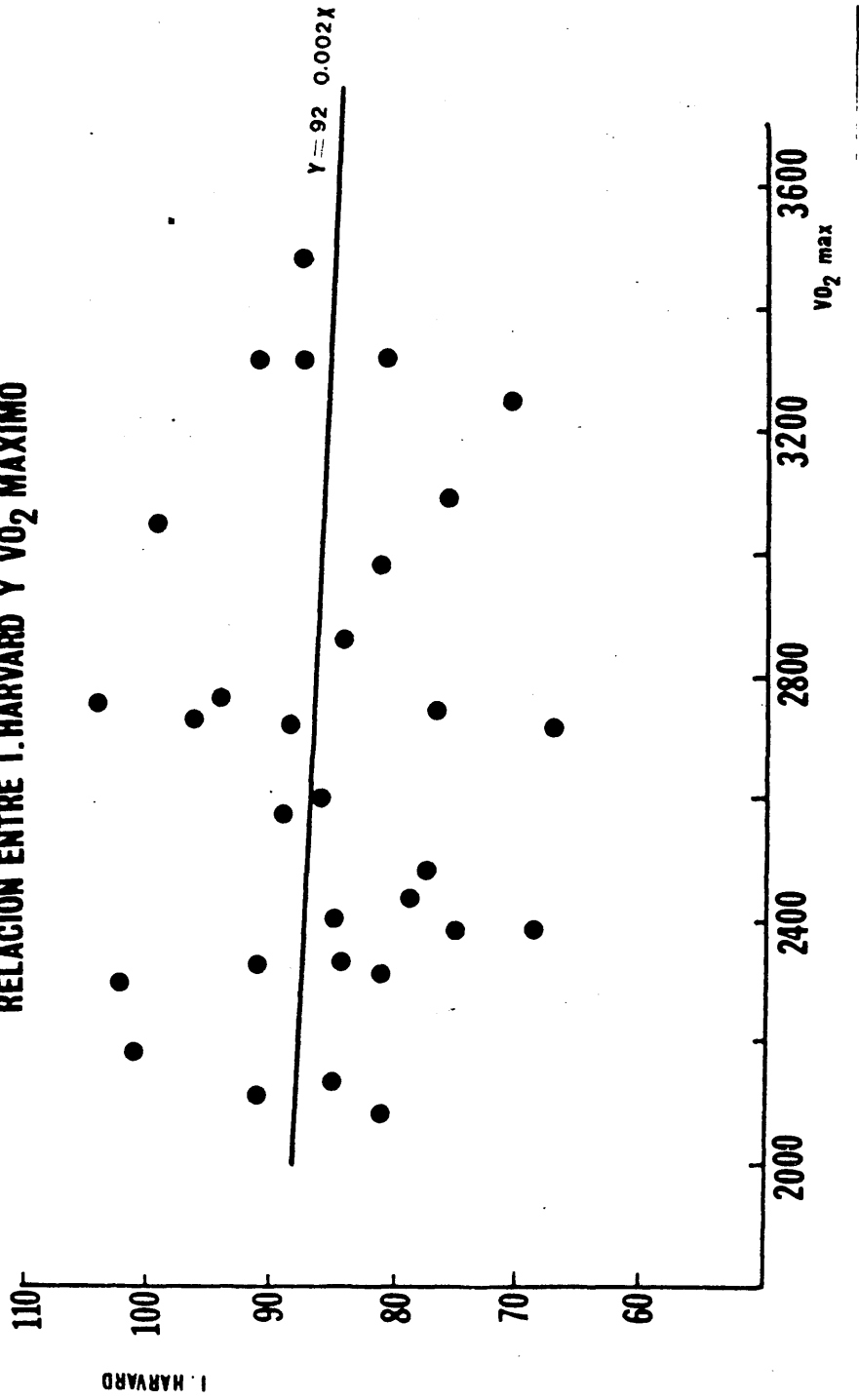


**Grafica 32**  
**VO<sub>2</sub> DURANTE EL STEP-TEST**

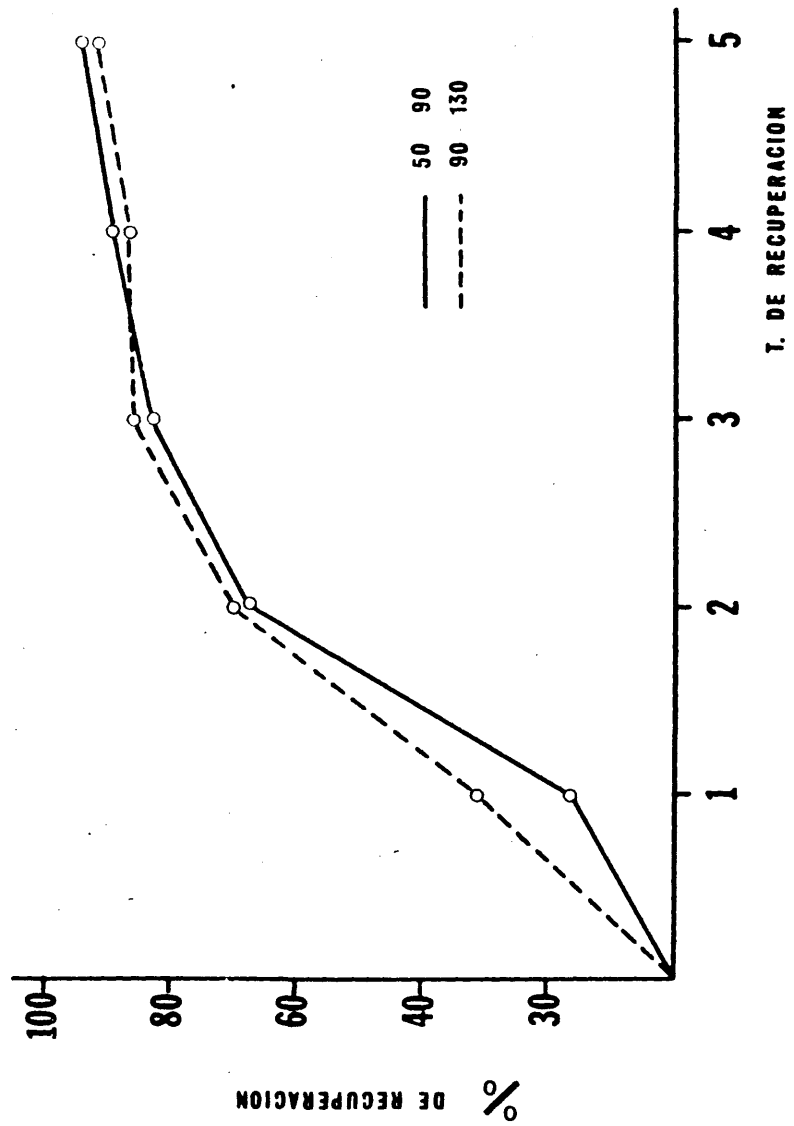


Grafica 33

RELACION ENTRE I. HARVARD Y  $\dot{V}O_2$  MAXIMO

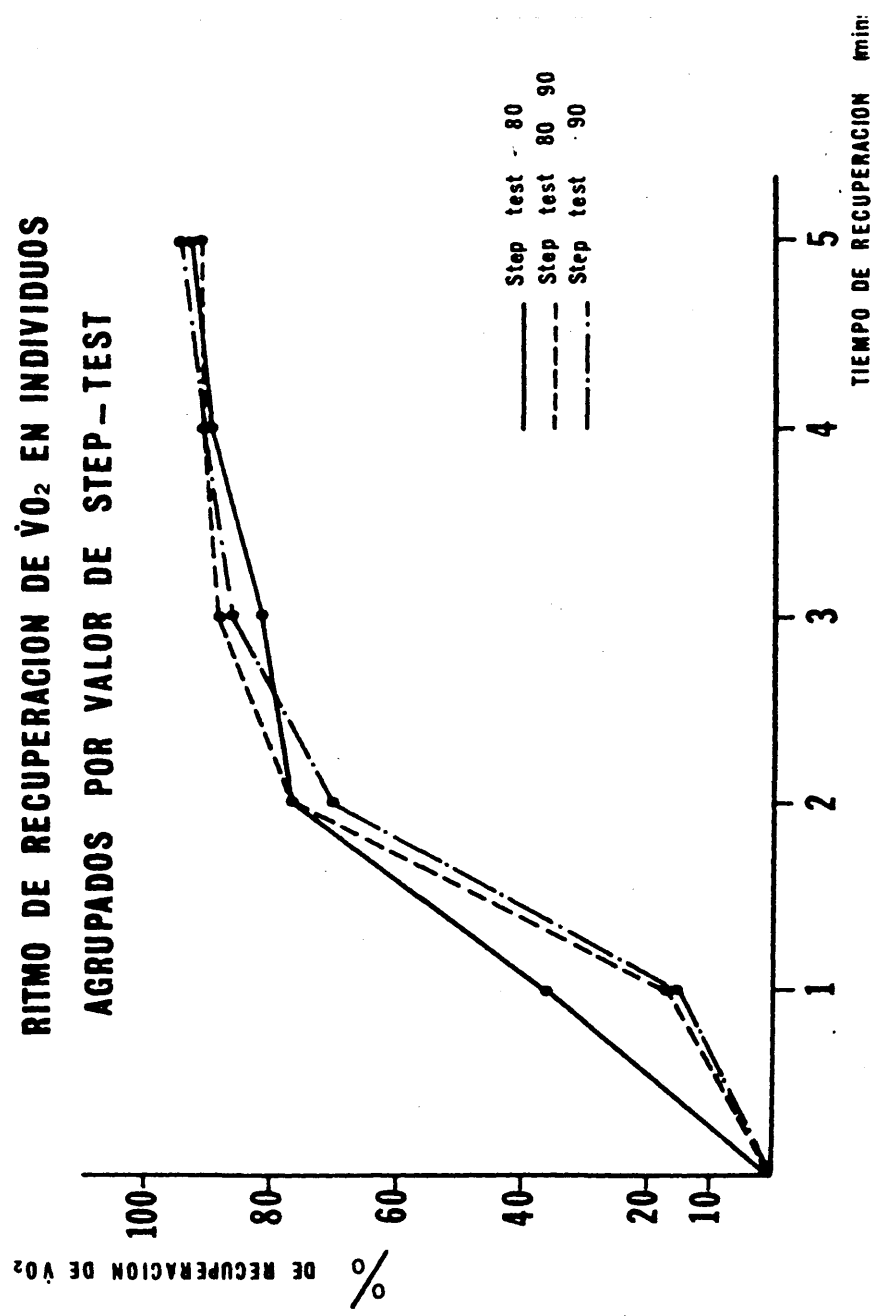


**Grafica 36**  
**RITMO DE RECUPERACION DEL VO<sub>2</sub> EN**  
**INDIVIDUOS AGRUPADOS POR SU I. INCREMENTO**

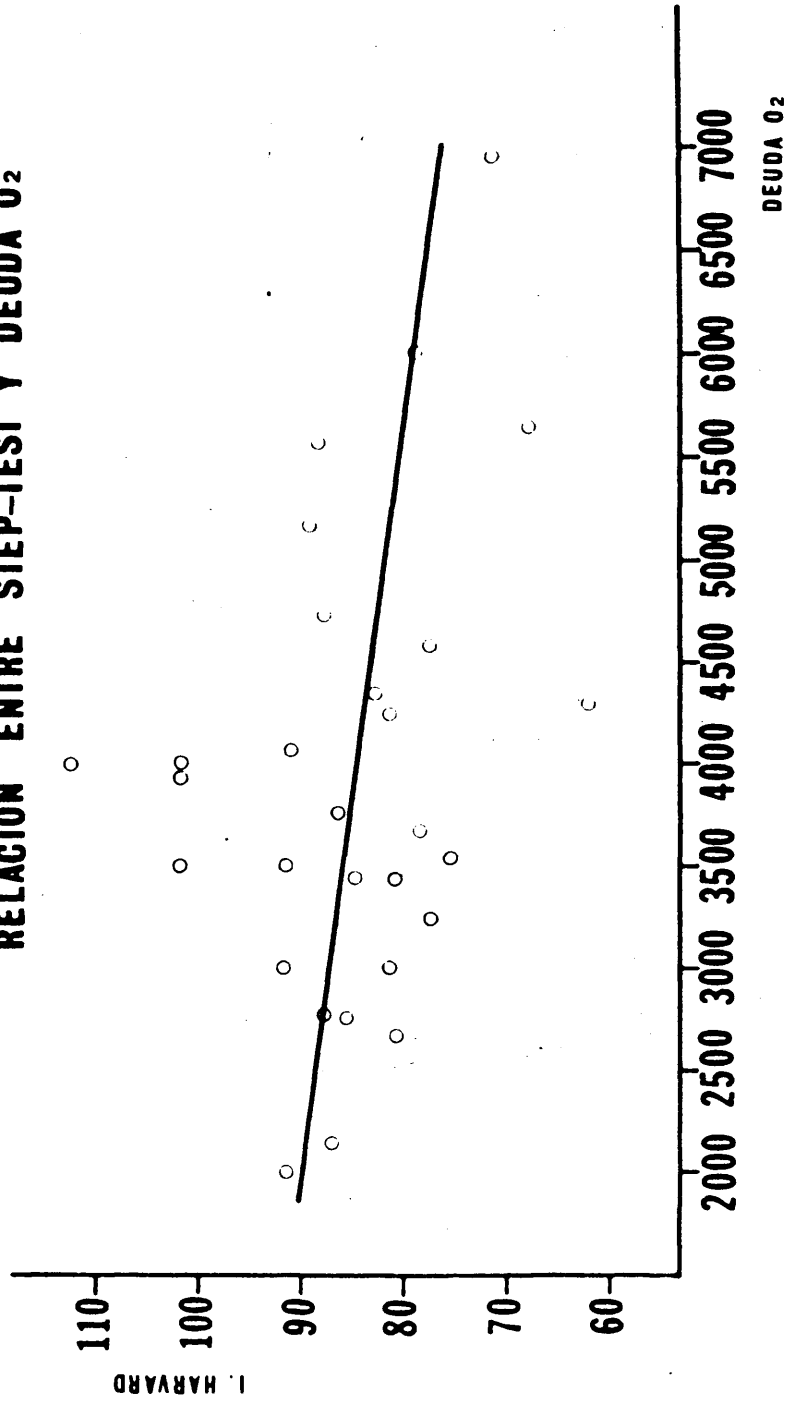


Grafica 35

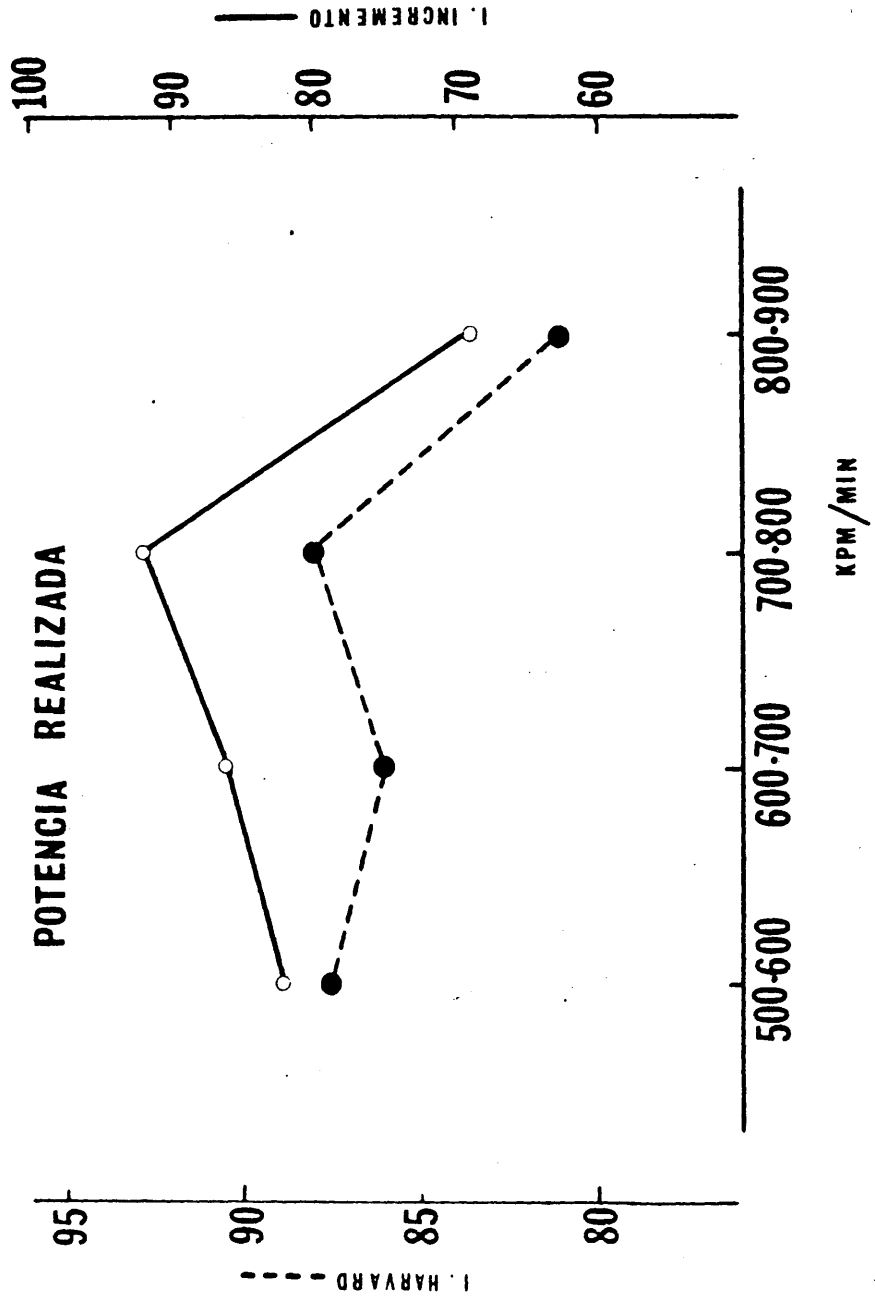
**RITMO DE RECUPERACION DE VO<sub>2</sub> EN INDIVIDUOS  
AGRUPADOS POR VALOR DE STEP--TEST**



**Grafica 34**  
**RELACION ENTRE STEP-TEST Y DEUDA O<sub>2</sub>**



**Grafica 37**  
**RELACION ENTRE STEP TEST Y**



Es decir, que el I. de Incremento tiene más relación que el I. de H. con el  $VO_2$  y el QR. (Tabla 25).

### III. 4.-Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-

#### 4. 1.- Introducción.-

Se realizó la prueba sobre diez atletas varones, de edades comprendidas entre los 18 y 23 años, peso medio de  $68,39 \pm 1,49$  kg. y talla de  $175,19 \pm 1,21$  cms. Este grupo está incluido en el conjunto de atletas (30) especificados en la Tabla 2.

Estos diez atletas pertenecen al equipo nacional de atletismo, por lo que pueden considerarse de élite. Son participantes en pruebas de carrera, hasta medio fondo como máximo.

Nos interesaba un tipo de prueba que, siendo rigurosamente aeróbica, fuese lo más breve posible y de fácil realización. El problema de la sobrecarga lo enfocamos, en el sentido de que debía ser proporcional al peso del individuo. Con este criterio, establecemos el coeficiente de 4 vatios por Kg. de peso, dándonos de esta forma la potencia a aplicar (W).

Se planteaba el problema de como aplicarla, puesto que para potencias del orden de 200 vatios o más, es muy difícil poner en marcha la bicicleta y llegar a las 60 revoluciones/min. necesarias, de manera rápida. Por esta razón, resolvimos elevar la potencia paulatinamente a lo largo del primer minuto y continuar ya con la misma potencia, hasta el agotamiento.

Previamente, en todos los casos se aplicó un calentamiento con 50 vatios -

de tres minutos de duración, pasándose sin solución de continuidad al ejercicio aeróbico máximo. De esta forma obtuvimos sin problemas, a lo largo de todo el esfuerzo, los valores que a continuación exponemos.

#### 4. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.-

Desde el reposo se conectó al individuo al Metabógrafo y continuó en las mismas condiciones durante el calentamiento, ejercicio y diez minutos después de finalizado (recuperación).

Se han separado una vez calculadas las medias de las medidas en cada uno de los periodos, pero además se expresan las del último minuto del ejercicio, que es donde realmente un ejercicio se define como aeróbico o como capaz de conseguir la "capacidad aeróbica máxima".

#### Ventilación (V).-

Durante el reposo se obtiene una ventilación media de 11,1 l/min. que es normal, para aumentar a 25,7 l/min. durante el periodo de calentamiento de 50 vatios. En el periodo de subida a la potencia, aumenta a 39,1 l/min. para llegar después rápidamente durante el esfuerzo a  $94,0 \pm 7,11$  l/min., lo que es una gran ventilación. Pero además, durante el último minuto del ejercicio, se obtiene una magnitud muy grande de  $117,0 \pm 9,3$ . (Tabla 27).

Se calculó la correlación de la V con la potencia (W), resultando claramente lineal (Graf. 40) y con el  $VO_2$  máx. (Graf. 42).

En el periodo de recuperación, es de señalar, que para un esfuerzo tan enorme, como el aplicado, a los 3 minutos se había recuperado en un 80%, y

a partir del minuto 8, en un 90%.

#### Eliminación de $\text{CO}_2$ ( $\text{VCO}_2$ ).-

En reposo se alcanza una media de 412 ml/min., en el calentamiento 917 ml./min., durante la subida de potencia 1373 ml/min., en el ejercicio - 3312 ml/min. y en el ultimo minuto del ejercicio 3982 ml/min. (Tabla 27).

La gráfica del  $\text{VCO}_2$  sigue sensiblemente paralela a la del oxígeno durante todo el tiempo. Se puede observar su típico aspecto de ejercicio de potencia máxima, por lo abrupto de la subida durante el esfuerzo (Graf. 38 y 43).

#### Consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ).-

En el periodo de reposo se obtiene una media de 388 ml/min., durante el calentamiento 1055 ml/min., en la subida 1590 ml/min., en el ejercicio 3237 ml/min. y en el último minuto 3783 ml/min. (Tabla 27).

La curva del curso del  $\text{VO}_2$  se desarrolla como la típica del esfuerzo - máximo de imposible adaptación, (Gráf. 38 y 43). Se obtuvo también la correlación del  $\text{VO}_2$  máx. con el V máx. (Gráf. 42) que clásicamente se describe como lineal.

El ritmo de recuperación del  $\text{VO}_2$ , fue muy rápido, puesto que a los dos minutos se habían recuperado en un 70% y en el cuarto minuto habían alcanzado la recuperación total (95%).

Se calcularon también el Coste total de oxígeno ( $\text{CO}_2\text{T}$ ), el  $\text{CO}_2/\text{t}$  de ejercicio, el  $\text{VO}_2/\text{Kg. de peso}$ , la  $\text{DO}_2$  y la  $\text{DO}_2/\text{t}$  de ejercicio, según el procedimiento

expuesto en el capítulo II.

El Coste Total de Oxígeno fué de 7916 ml., siendo el coste por minuto de ejercicio de 1416. ml/min.

La deuda de oxígeno ( $DO_2$ ) fué de 4431 ml, siendo adquirida a un ritmo de 793 ml por minuto de ejercicio.

El  $VO_2$ /Kg. fué de 55 ml/Kg. de peso (Tablas: 28 y 29).

#### **Equivalente respiratorio (EQ).-**

En el periodo de reposo alcanzó una media de 29,3. que disminuyó con la actividad. Así en el calentamiento baja a 24,6; durante la subida comienza a elevarse nuevamente hasta 25,0. Durante el esfuerzo pleno llega a 27,7, para alcanzar ya 30,9 en el último minuto del ejercicio (Tabla: 27).

La curva que describe es la típica del ejercicio no soportado (Graf.38 y 39).

#### **Cociente respiratorio (CR).-**

En el reposo alcanza la media de 0,95, en el calentamiento 0,89, durante la subida 0,87; en el esfuerzo 0,98; para aumentar hasta 1,06 durante el último - minuto (Tabla: 27).

El curso de la Gráfica del CR, es paralelo sensiblemente (en su escala) - al EQ (Gráf. 38 y 39).

#### **Frecuencia respiratoria (FR).-**

En el reposo, alcanza una media de 14/min., durante el esfuerzo es de 39 respiraciones por min., para subir muy significativamente a 43/min. en el último minuto (Tabla 27).

Se calculó la correlación con la potencia aplicada, expresándose como una función lineal (Graf. 40).

#### 4. 3.- Adaptación cardiovascular.-

La frecuencia cardiaca en reposo fue de 63 pulsaciones/min., durante el calentamiento de 97/min., para pasar a 124 en la subida. Durante el esfuerzo, fué de 158/min. y en el ultimo minuto del ejercicio de 170 pulsaciones/min. (Tabla 27).

A los diez minutos de la recuperación, todavía alcanzaba las 90 pulsaciones/min. (Graf. 49). El ritmo de recuperación fué muy rápido en los 2 primeros minutos después del ejercicio, para después decrecer lentamente estabilizándose a los 5 minutos en 90 pulsaciones. (Graf. 49). Expresado en % del pulso de reposo, a los 5 minutos post-ejercicio se alcanzó un 70% de recuperación, manteniéndose este nivel estable, por encima del minuto 10 post-ejercicio.

Se obtuvo la relación entre Fc y el porcentaje correspondiente alcanzado del  $VO_2$  máx. (Gráf. 52).

- El coste cardíaco de ejercicio, fue de 59,3 latidos/min. y el de recuperación de 35,3 latidos/min.

Se alcanzó un  $PO_2$  en el último minuto del ejercicio de 24 ml/latido -

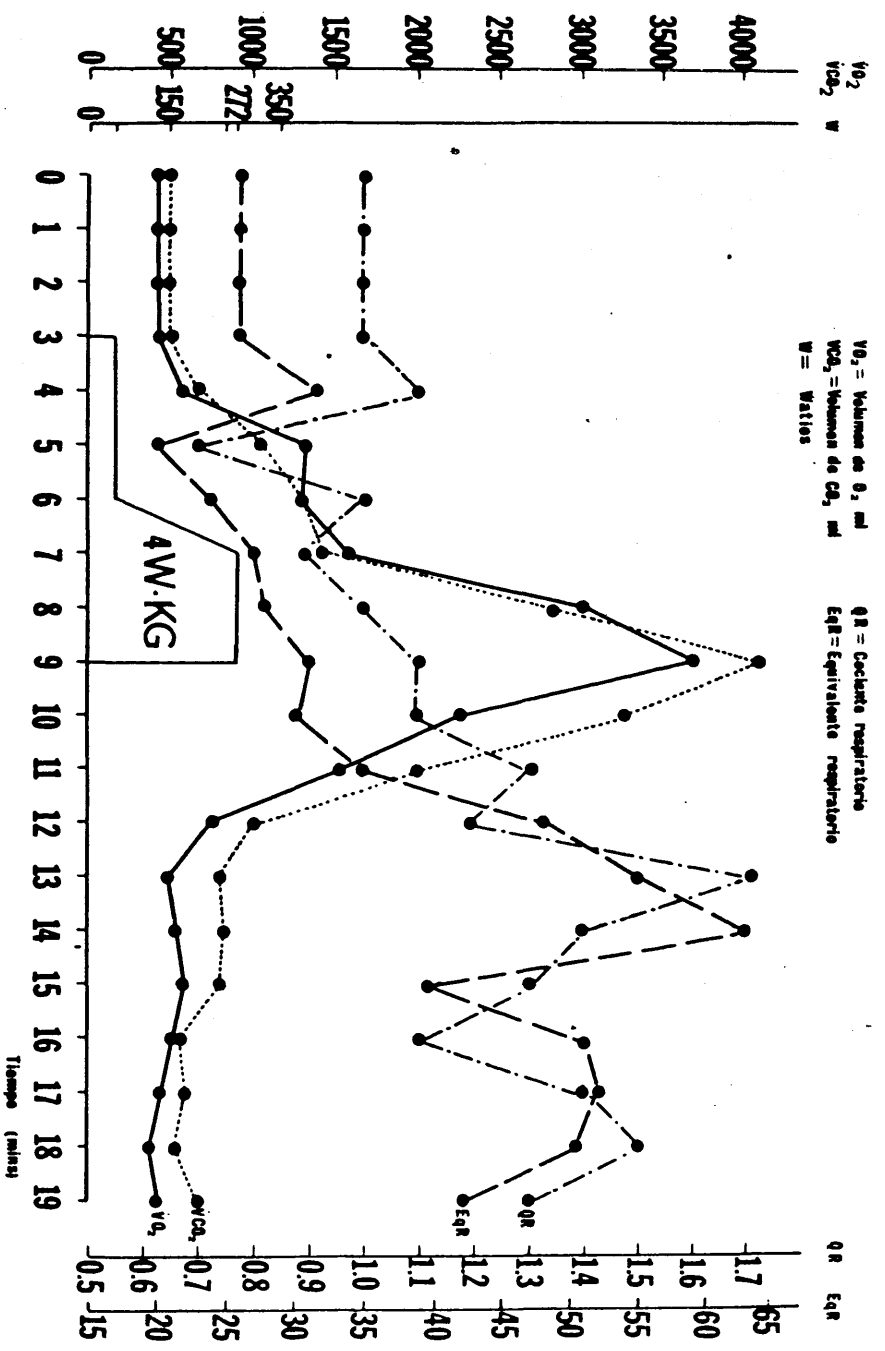
**Tabla 27**  
**ADAPTACION AL EJERCICIO EN UN GRUPO DE DIEZ ATLETAS DE ELITE**  
 (PRUEBAS EN CICLOEROMETRO)

	Reposo	Calentamiento (50 w)	Subida a W max.	W max.	Ultimo minuto de ejercicio
Ventilacion	<sup>①</sup> 11,1 ± 0,86	25,7 ± 1,42	39,1 ± 2,30	94,0 ± 7,11	117,0 ± 9,30
V <sub>CO<sub>2</sub></sub>	412 ± 51,5	917 ± 72,7	1373 ± 95,2	3312 ± 191	3982 ± 211
V <sub>O<sub>2</sub></sub>	388 ± 38,7	1055 ± 63,6	1590 ± 92,3	3237 ± 116	3783 ± 213
Eq. respiratorio	293 ± 35,1	24,6 ± 1,39	25,0 ± 1,67	27,7 ± 1,64	30,9 ± 1,69
C.R.	0,95 ± 0,08	0,89 ± 0,07	0,87 ± 0,08	0,98 ± 0,03	1,06 ± 0,04
Frec. Resp.	14 ± 0,94	20 ± 0,88	27 ± 1,48	39 ± 2,15	43 ± 3,14
Frec. Card.	63 ± 3,79	97 ± 6,00	124 ± 4,11	158 ± 5,69	170 ± 4,94

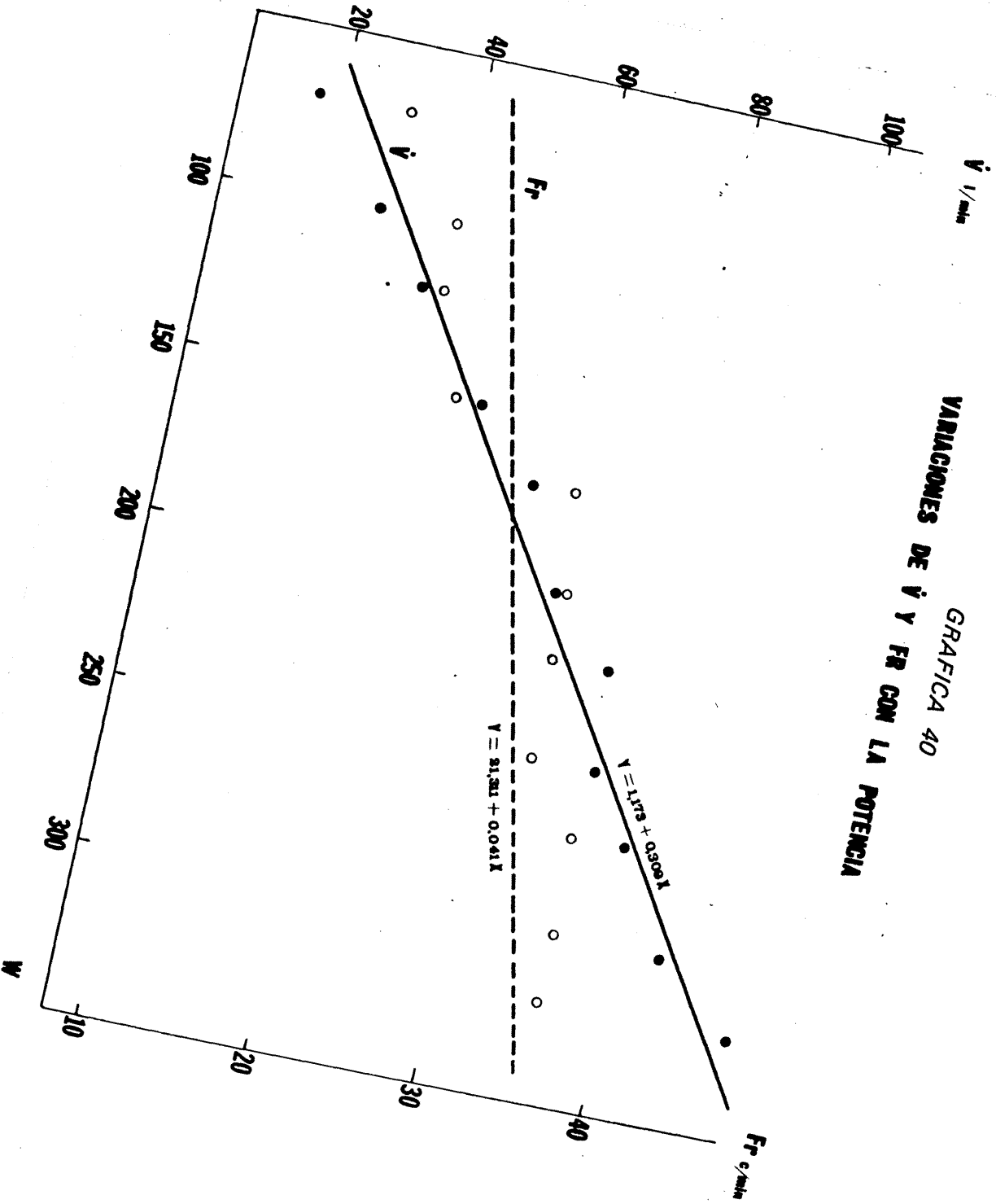
① Resultados expresados en valor medio ± error standard.

GRAFICA 38

ADAPTACION RESPIRATORIA AL EJERCICIO

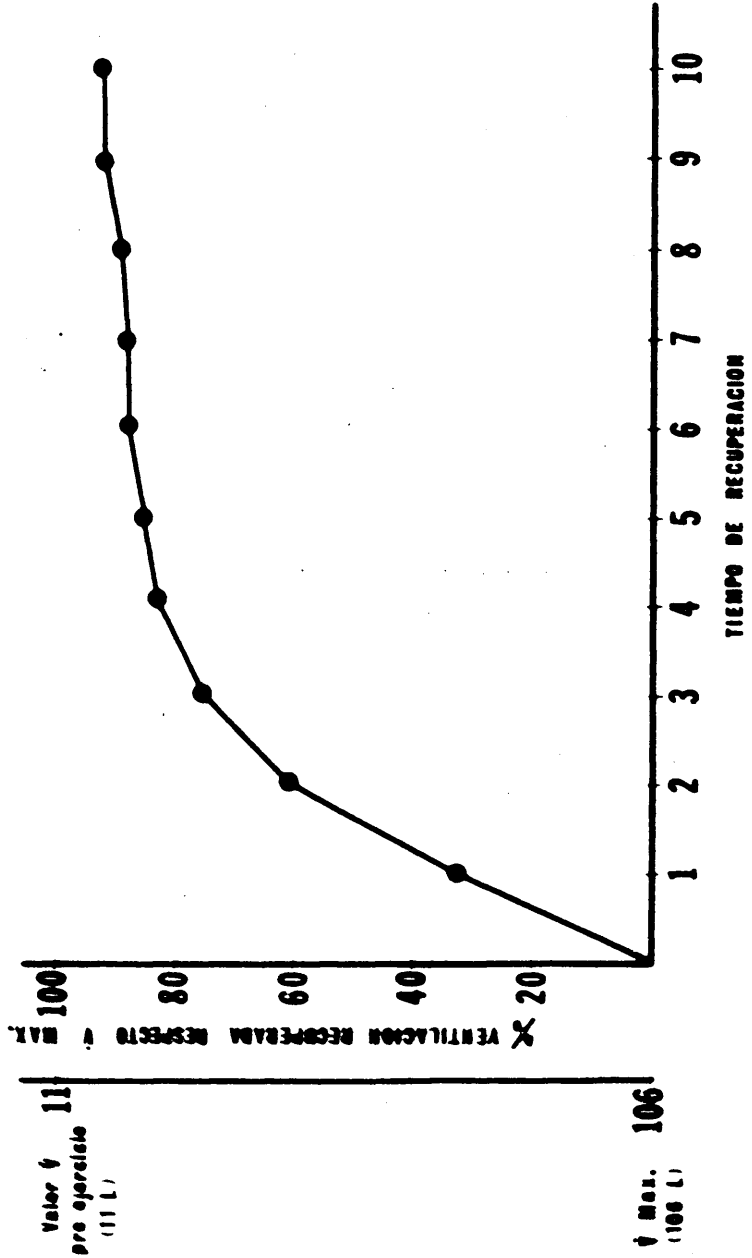


GRAFICA 40  
VARIACIONES DE  $\dot{v}$  Y FR CON LA POTENCIA



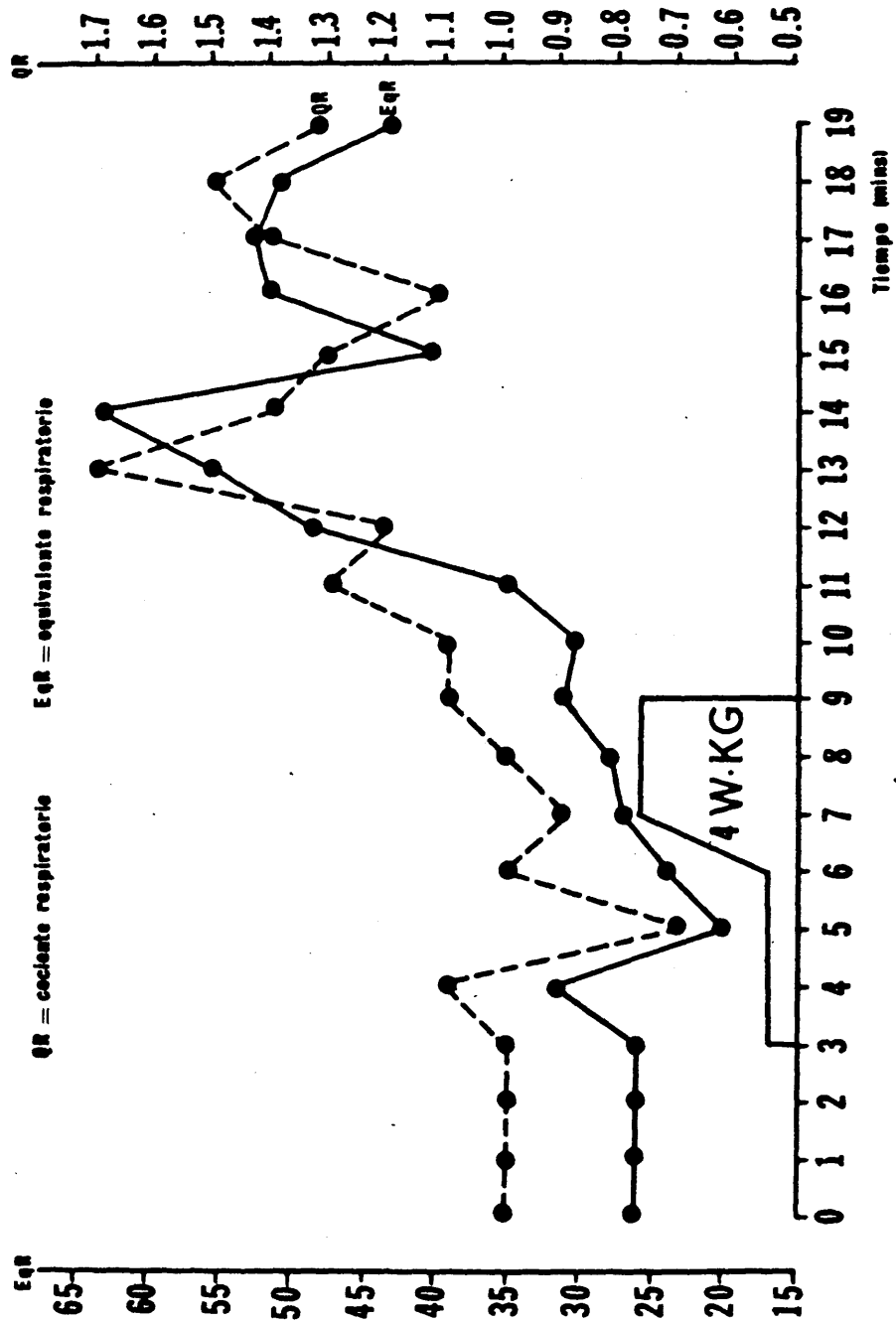
Grafica 41

**RITMO DE RECUPERACION DE LA VENTILACION**



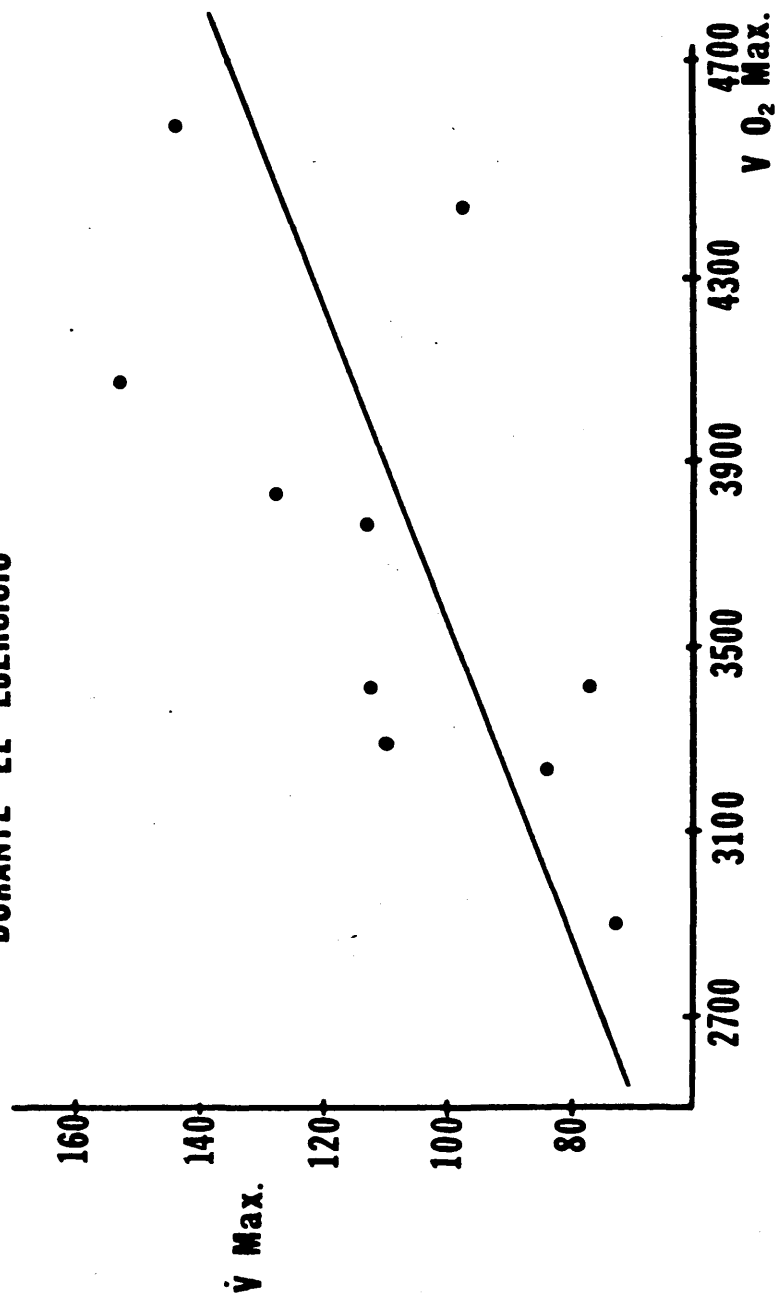
Grafica 39

**ADAPTACION RESPIRATORIA AL EJERCICIO**

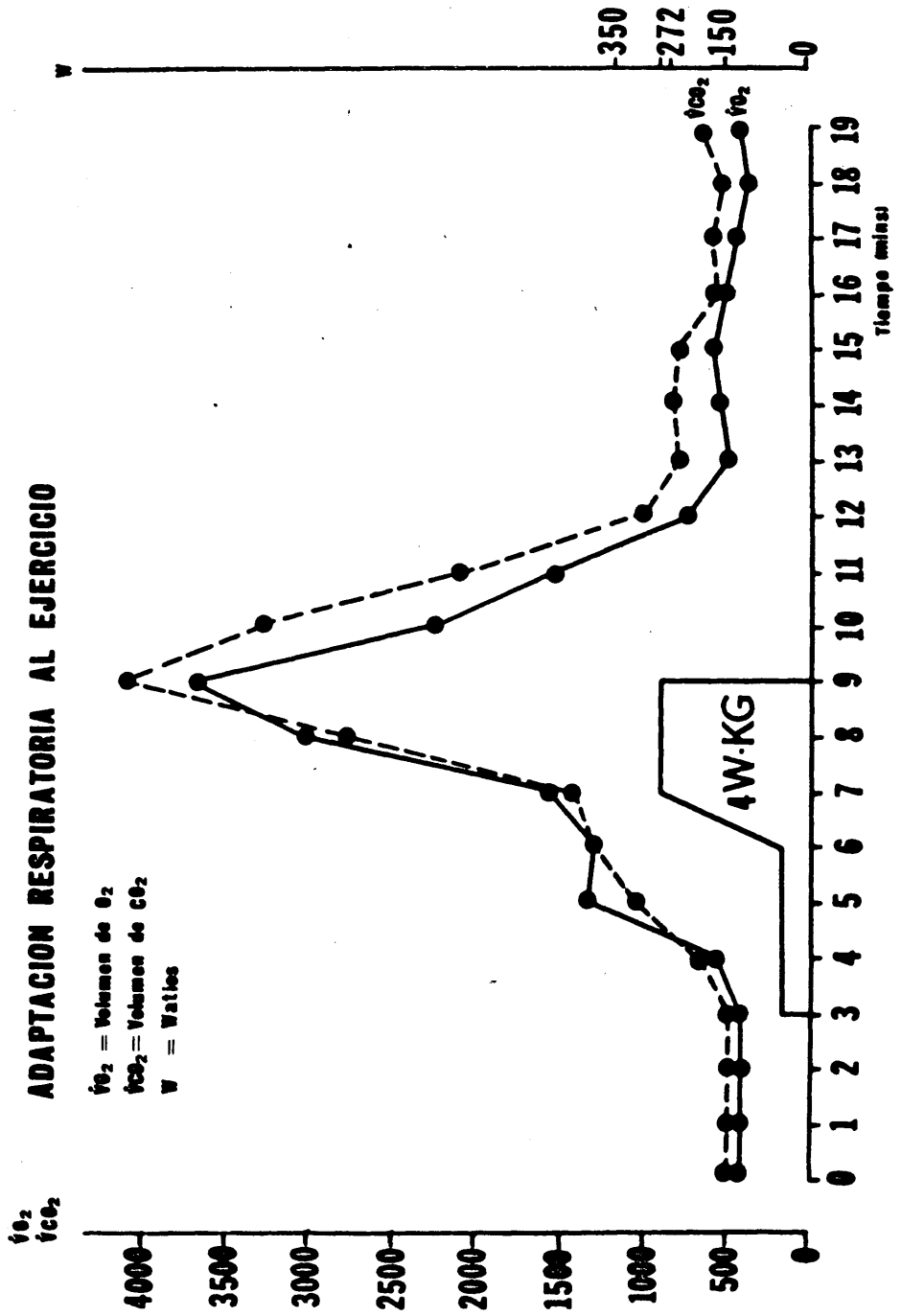


Grafica 42

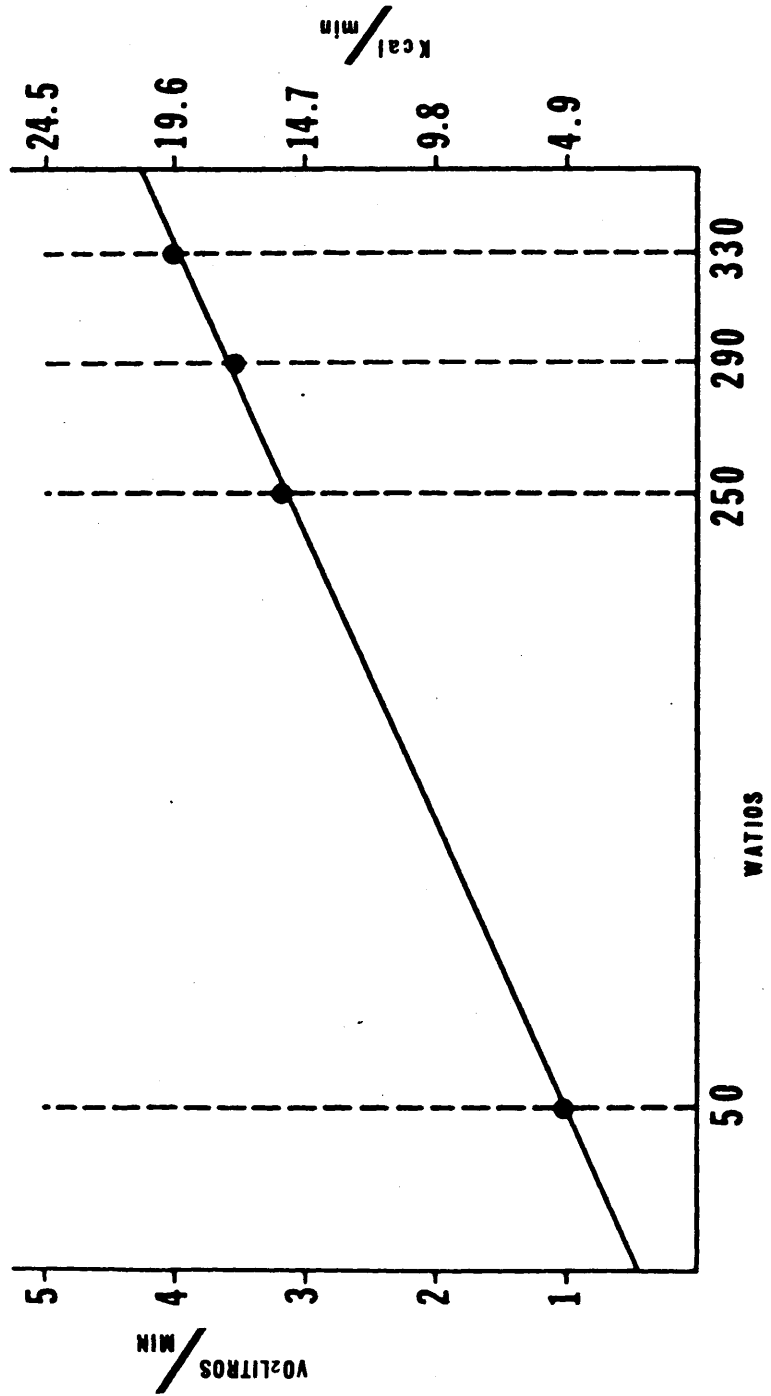
**CORRELACION ENTRE  $\dot{V}$  MAX. Y  $V O_2$  MAX.  
DURANTE EL EJERCICIO**



Grafica 43

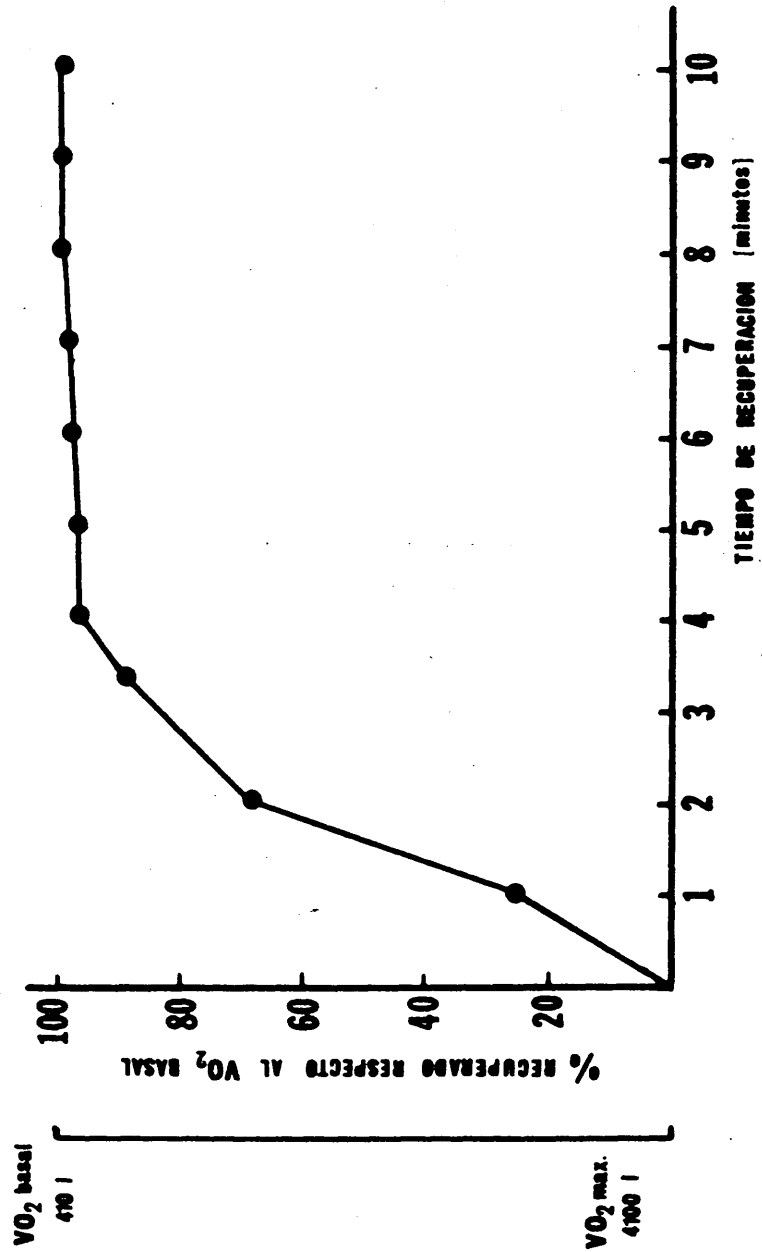


**Grafica 44**  
**RELACION ENTRE  $VO_2$ , W Y SU CORRESPONDIENTE**  
**ENERGIA PRODUCIDA Kcal/min EN ATLETAS DE ELITE**



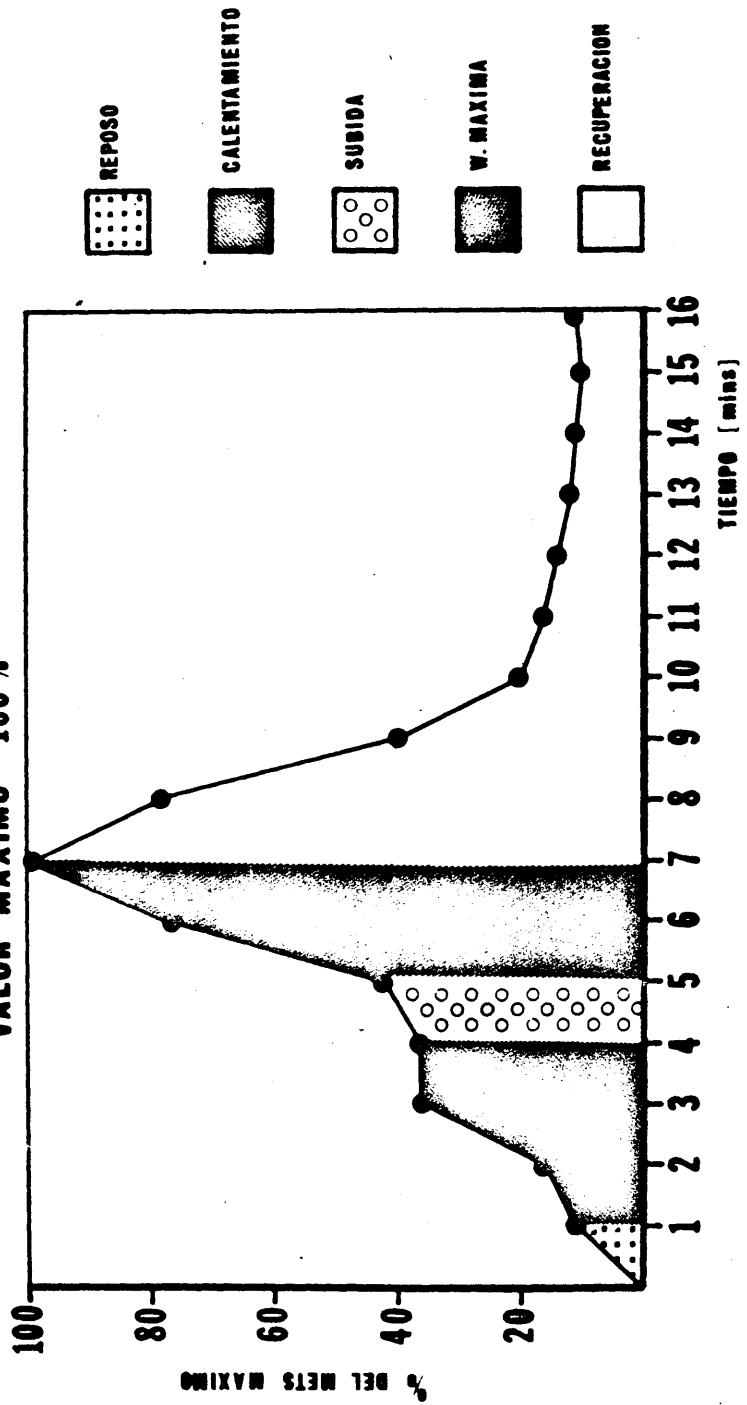
Grafica 45

**RITMO DE RECUPERACION DEL OXIGENO**



**Grafica 47**

**VARIACION DE LOS METS CON RESPECTO A SU VALOR MAXIMO 100 %**



GRAFICA 46

## PULSO DE OXIGENO

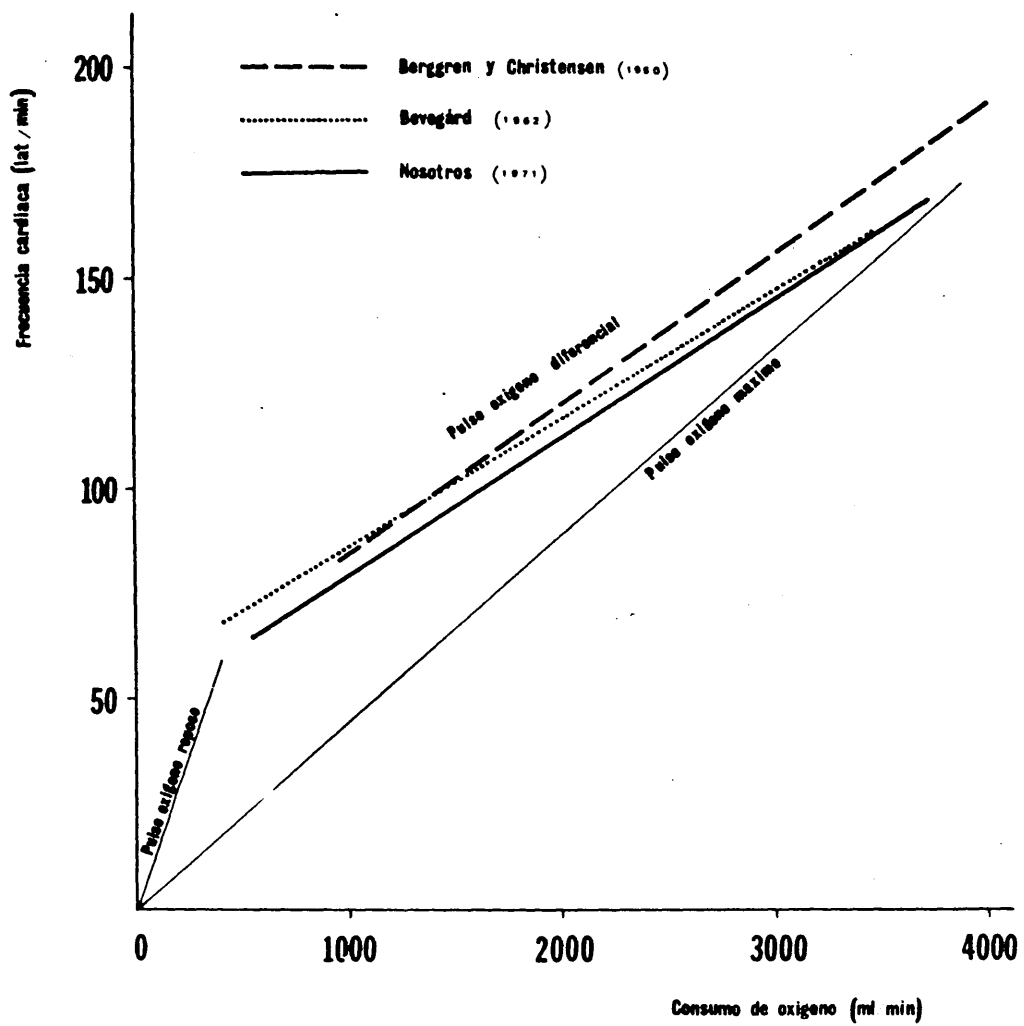


Tabla 28

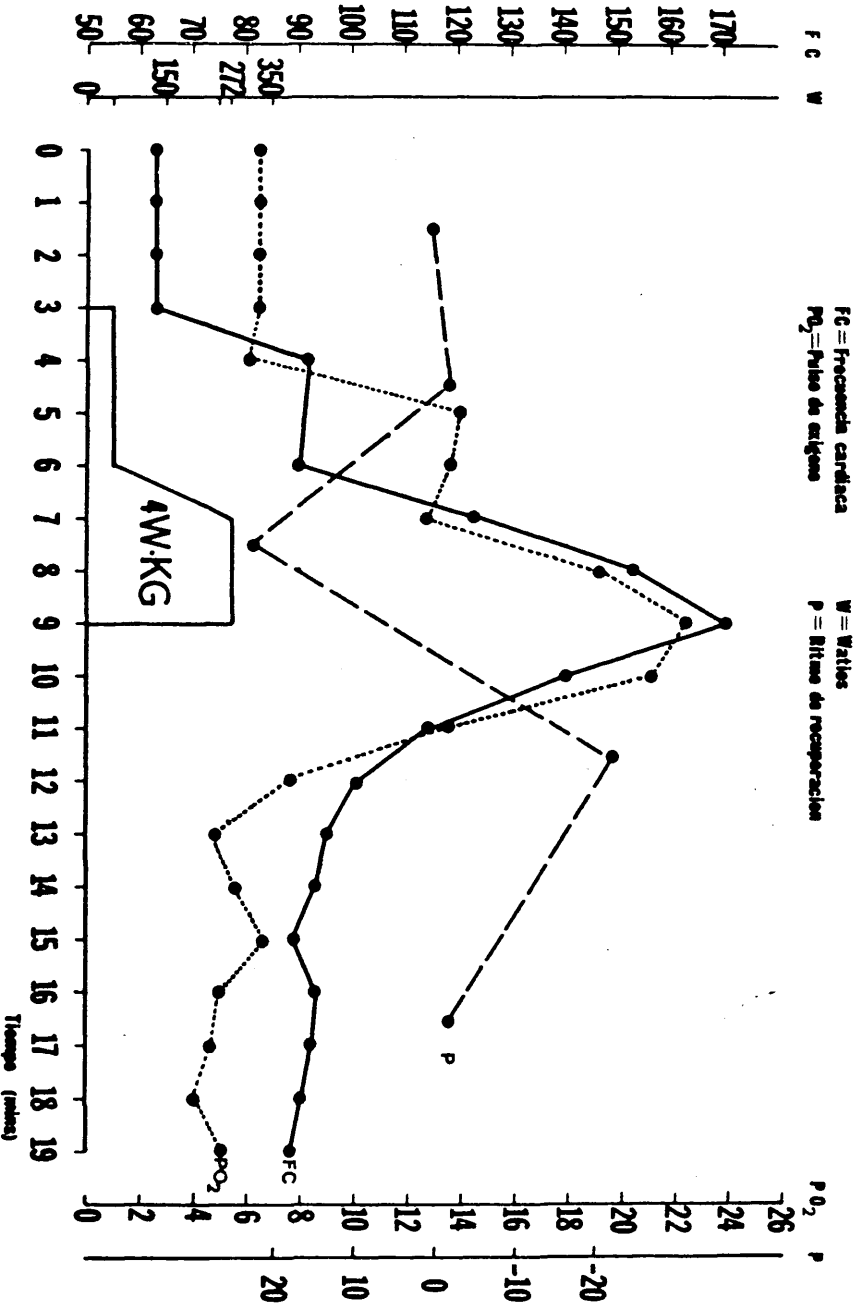
**ATLETAS DE ELITE. PARAMETROS RESP.**

<b>W max. (wattios)</b>	<b>coste O<sub>2</sub> t. de ejercicio</b>	<b>deuda O<sub>2</sub> t de ejercicio</b>	<b>V O<sub>2</sub> ml kg. peso</b>
<b>272 ± 11</b> <sup>①</sup>	<b>1416 ± 64.6</b>	<b>793 ± 99</b>	<b>55 ± 6.5</b>

① Media ± error standard. 10 casos.

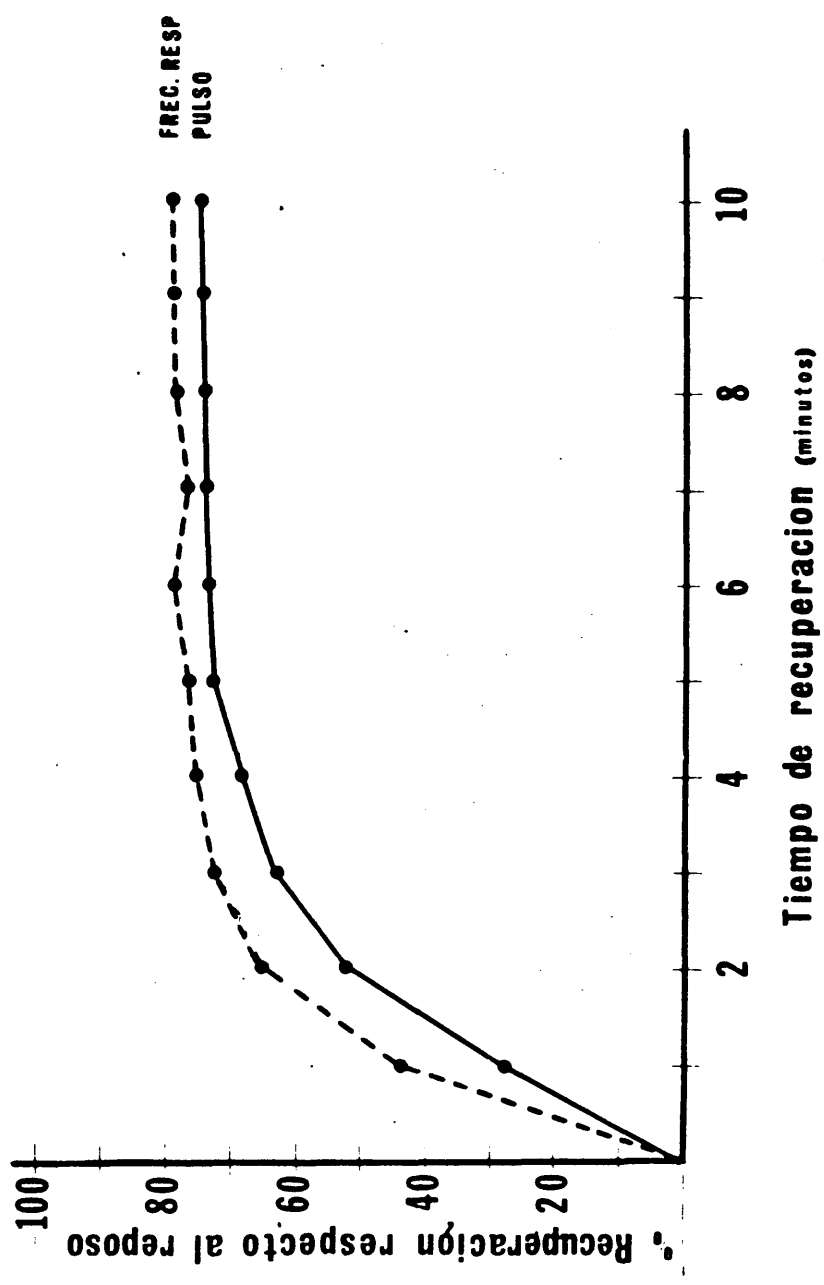
GRAFICA 49

ADAPTACION CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO

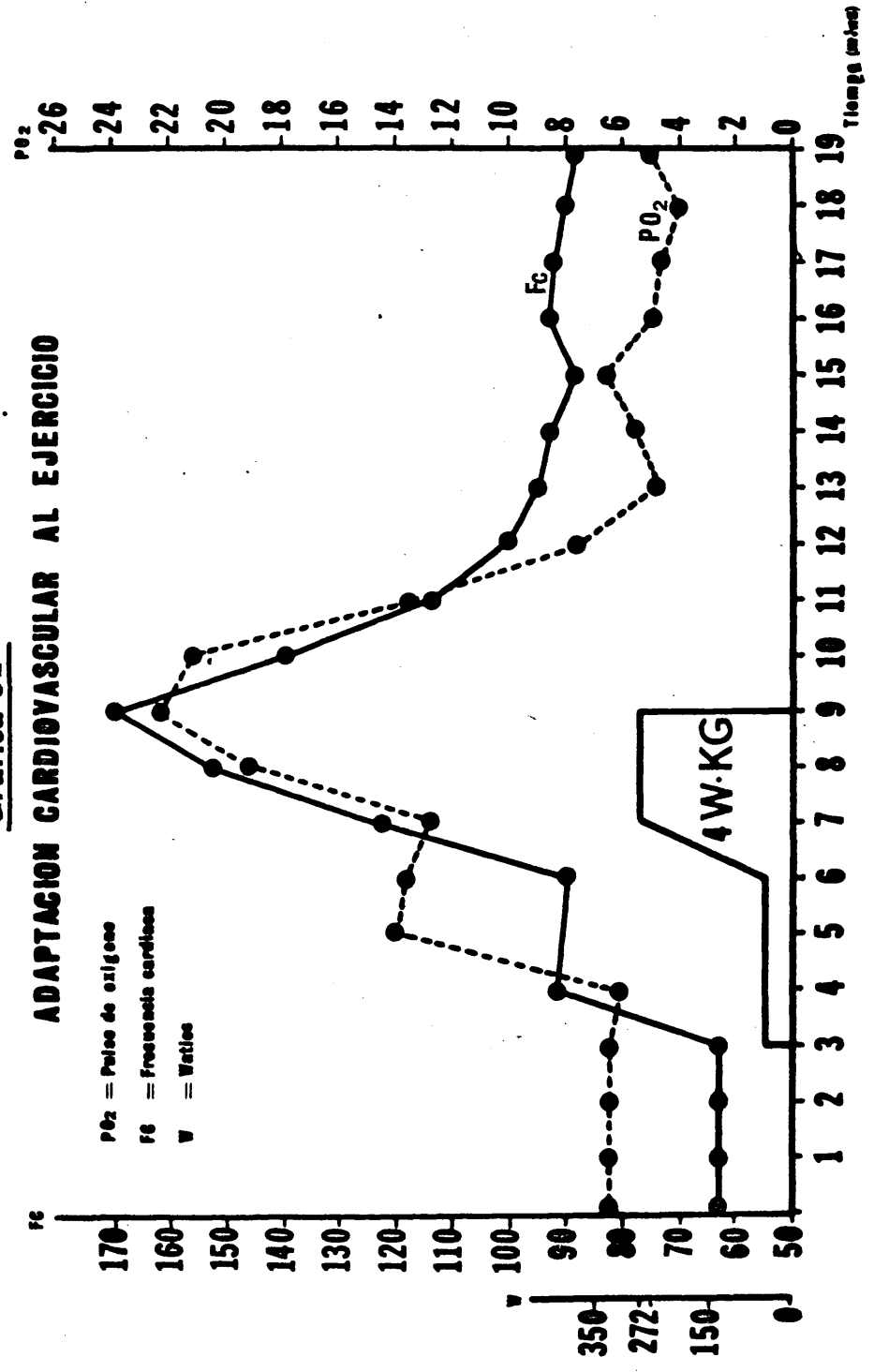


Grafica 50

RITMO DE RECUPERACION DE LA F.R. Y PULSO



**Grafica 51**  
**ADAPTACION CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO**



Grafica 52  
RELACION ENTRE F.C. Y PORCENTAJE DEL V.O<sub>2</sub> MAX.

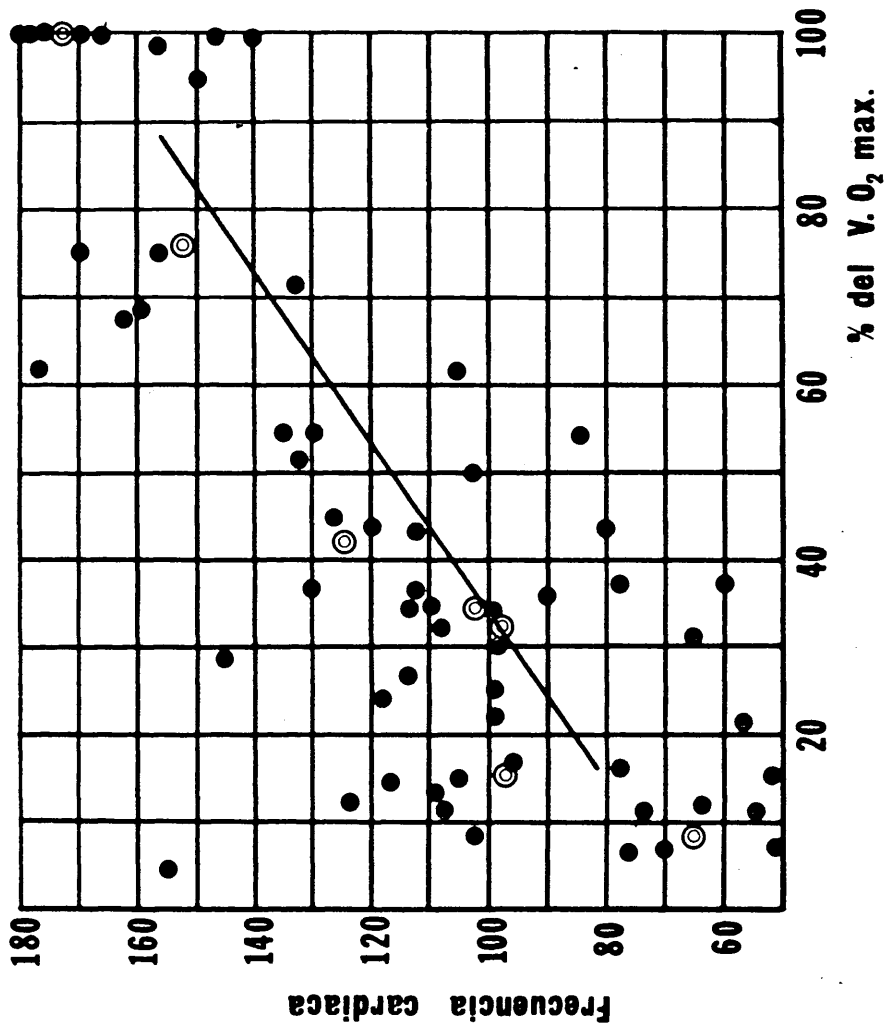


Tabla 29

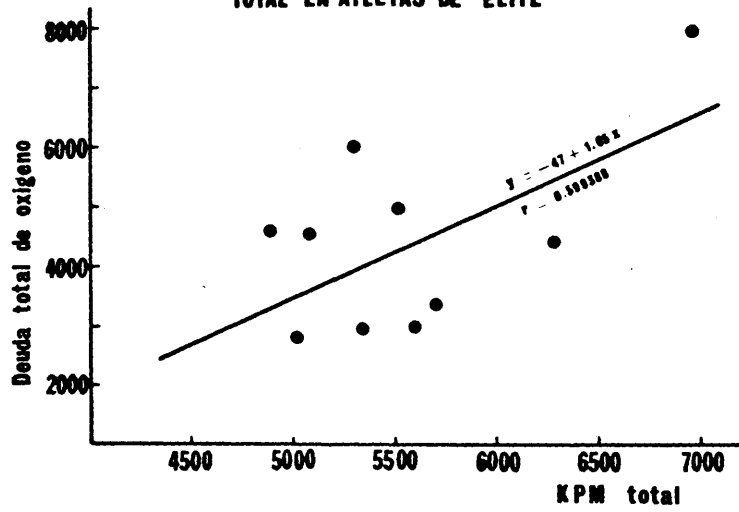
**ATLETAS DE ELITE. VALORES RESP. Y CARDIOVASC.**

Trabajo total kpm	Coste total O <sub>2</sub>	Deuda de O <sub>2</sub>	Coste card. ejercicio m.	Coste card. recuperac.m.
5545±210 <sup>①</sup>	7916±393	4431±580	59.3±3.6	35.3±3.5

① Mediaterror standard. 10 cases.

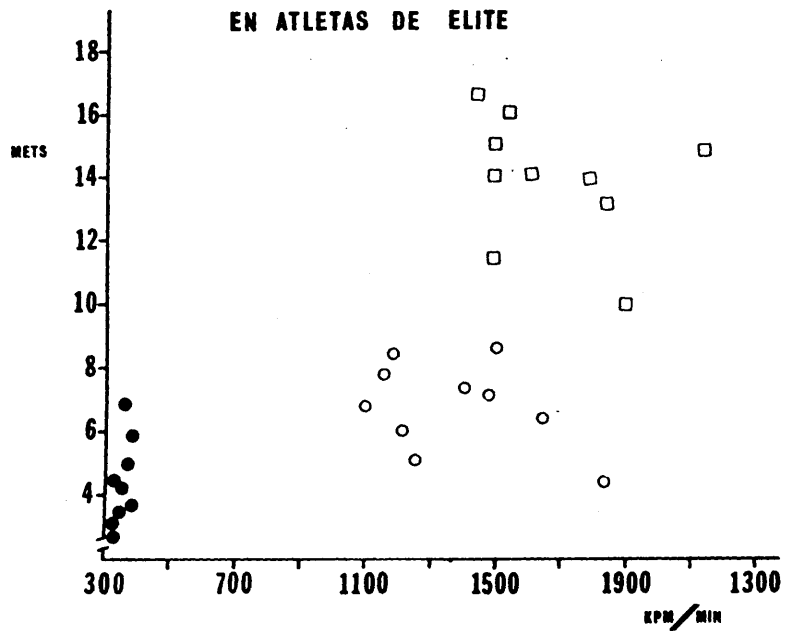
**Grafica 48**

**RELACION ENTRE DO<sub>2</sub> TOTAL Y TRABAJO  
TOTAL EN ATLETAS DE ELITE**



**Grafica 53**

**RELACION ENTRE METS Y TRABAJO  
EN ATLETAS DE ELITE**



(Gráf. 49).

Se obtuvo también el pulso de oxígeno diferencial (Capítulo II) relacionándolo con otros valores de la literatura (Gráf. 46).

#### 4. 4.- Otros datos.-

Se calcularon las Kilocalorías producidas en relación a las potencias - aplicadas, estableciéndose, el periodo de calentamiento (50 vatios) y tres niveles medios, en el esfuerzo de: 250, 290, y 330 vatios. La relación adopta - forma lineal. Para el nivel más superior de potencia (330 vatios) corresponden 19,6 Kcal/min. (Gráf. 44).

Se calculó el trabajo total realizado en Kpm/min. y relacionándolo con el incremento en el Metabolismo (Mets), hallándose una enorme variabilidad, - que separa dos grupos de individuos (Gráf. 53).

La relación entre el trabajo total y la  $DO_2$  fué también calculada (Gráf.48).

### III. 5.- Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vagotónico.-

#### 4. 1.- Introducción.-

Se eligieron, entre estudiantes de Medicina, 20 individuos varones que presentaban tirón vagal y otros 20 que no presentaban este fenómeno. La existencia del tirón se determinó por ECG, en derivaciones I y II de Einthoven, siguiendo como criterio la existencia de un latido tras apnea inspiratoria, espiratoria y maniobra de Valsalva, en la cual la distancia R-R fuera al menos 1,5 veces mayor que la media de los dos latidos anteriores al mismo (Gráf. 54).

Para ambos grupos se hallaron las media, y error estandar de edad, peso, talla, Fc, P. sistólica y diastólica y P. diferencial que se especifican en la tabla 30.

El primer grupo presentaba edad de 21,1 años, peso de 67,6 Kg., talla de 176 cms. El segundo, de edad 20,4 años, 66,7 Kg. de peso y 177 cms. de talla. Para ambos grupos se calcularon también los valores de pulso, presión sistólica, - etc. (Tabla 30).

Los dos grupos realizaron, dos tipos de ejercicio, en bicicleta ergómetro, - con una sobrecarga primero de 2,5 vatios/Kg. y posteriormente de 3 vatios/Kg. La potencia total a realizar se alcanzaba de manera paulatina, aumentándola a lo largo de 1 minuto, de tal manera que el individuo pasaba insensiblemente desde el calentamiento a la potencia total. Una vez alcanzada ésta, continuaba el ejercicio hasta el agotamiento, previamente se realizaba un periodo de 3 minutos de duración con 50 vatios, como calentamiento.

Las variables respiratorias fueron recogidas en el Metabógrafo de Fleisch, en ambos grupos, durante el reposo, ejercicio y recuperación (standardizando esta - última en 5 minutos), sólo para los trabajos con coeficiente, 2,5 vatios/Kg.

Tanto en los esfuerzos con coeficiente 2,5 vatios, como 3 vatios/Kg., se - hizo el estudio de la adaptación cardiovascular al ejercicio. Los resultados obtenidos con 2,5 vatios/Kg., nos impulsó a aumentar la potencia a 3 vatios en los mismos sujetos, haciendo solo el estudio de la adaptación cardiovascular.

#### **4. 2.- Valores respiratorios obtenidos en reposo, esfuerzo y recuperación.- Ventilación.-**

La ventilación máxima alcanzada en los dos grupos (2 individuos), fué de

120 l/min., lo que es una gran hiperventilación (Gráf. 61). Se halló la relación entre la V máx. y la potencia realizada (Gráf. 61) para ambos grupos. También se relacionó en los dos grupos la V máx. y el  $VO_2$  máx. (Gráf. 63).

Se midió la CV (Capacidad Vital) en ambos grupos y se halló la correlación con el  $VO_2$  máx. (Gráf. 64).

En el periodo de recuperación se calculó el ritmo de recuperación de la ventilación, para los dos grupos fue muy paralelo, sólo en el primer minuto, el grupo con tirón se recuperó un 12% más (40% contra 28%) que el otro grupo. A los 5 minutos la recuperación para ambos fue del 85% (Gráf. 62).

#### Consumo de Oxígeno ( $VO_2$ ).-

Durante el periodo de reposo, los individuos con tirón consumieron 441,4 ml/min., por 361,0 para los sin tirón.

En el esfuerzo, los primeros consumieron 2296,8 ml/min. y los sin tirón gastaron 2494,9 ml/min. En la recuperación, los primeros alcanzaron 842,3 ml/min. y los segundos 930,6 ml/min.

La curva del consumo de oxígeno, es la típica del ejercicio máximo no soportado, a lo largo del cual se va perdiendo eficiencia, (Graf. 57 y 59), por otra parte, el gasto máximo de oxígeno para los de sin tirón hemos visto que fue de 2494,9 ml/min.

El ritmo de recuperación de  $VO_2$ , alcanza a los dos minutos del post esfuerzo, el 75% y a los 5 minutos prácticamente el 100% (Gráf. 58).

#### **Equivalente (EQ).-**

En reposo, el grupo con tirón alcanza 30,9, mientras que el otro tenía 42,3. En el esfuerzo, los primeros 35,9 y los segundos 30,5. En la recuperación los primeros 45,5 y los segundos 41,8 (Tabla 33). El curso de la gráfica del EQ, fué muy parecido para ambos grupos (Gráf. 59).

#### **Cociente respiratorio (CR).-**

El grupo con tirón tuvo en reposo 0,9, en el esfuerzo 0,9, alcanzando 1,2 en la recuperación. El otro grupo, en reposo 1, en esfuerzo 1, y en recuperación 1,1 (Tabla 33).

Las gráficas en ambos grupos son bastante parecidas (Gráf. 60).

#### **Coste y deuda de Oxígeno.-**

Se calculó el coste de oxígeno por minuto, en el ejercicio ( $CO_2E$ ) siendo de 1459 ml/min. para los de tirón y de 1051 ml/min. para el otro grupo (Tabla 34). También se halló la deuda de oxígeno ( $DO_2$ ) adquirida por minuto de ejercicio, encontrándose que los individuos con tirón vagal, alcanzaban sólo 432 ml/min. mientras que el otro grupo llegaba a 595 ml/min. (Tabla 34). Se calculó la relación entre la deuda adquirida por minuto y la potencia realizada, con objeto de apreciar posibles diferencias (Gráf. 65).

#### **4. 3.- Adaptación cardiovascular.-**

##### **Frecuencia cardíaca.-**

El grupo con tirón describe una curva, con una frecuencia máxima de -

155 p/min., mientras que en el mismo minuto (último del ejercicio), el grupo sin tirón alcanza 185 p/min. La curva de esfuerzo y recuperación parece producto de un esfuerzo máximo (Gráf. 55).

Se calculó el número de pulsaciones sobre las de reposo que costaba - por minuto la realización del esfuerzo (Coste cardiaco). Para el grupo con tirón a 2,5 vatios alcanzó 55,4 p/min. y con 3 vatios llegó a 86,4 p/min. El grupo sin tirón, para 2,5 vatios llegó a 60,3 p/min. y a 88,2 para los 3 vatios (Tabla 31).

#### **El ritmo de incremento del pulso durante el esfuerzo (F/t).-**

Calculamos la frecuencia máxima alcanzada, dividido por el tiempo utilizado en alcanzarla, expresado en latidos/min., siendo para el grupo con tirón de 38,2 para 2,5 vatios y de 62,9 para 3 vatios. El grupo sin tirón, alcanzó respectivamente 55,5 y 85,3 (Tabla 31). En cuanto al ritmo de recuperación del pulso, señalaremos que para los de tirón, a 2,5 vatios alcanzaron 5,6 y a 3 vatios 8,4, mientras que para el otro grupo fue más lento, 4,8 y 7,7 (Tabla 31).

El pulso de Oxígeno discurrió paralelamente en ambos grupos, llegando - en el momento de máxima eficiencia del esfuerzo a 17 ml/latido. (Gráf. 56).

#### **4. 4.- Otros datos.-**

Se calculó el gasto energético en ambos grupos y su relación con el trabajo, siendo muy dispersos los resultados, (Gráf. 66).

El rendimiento fue hallado para ambos grupos, en el trabajo con potencia 2,5 vatios/Kg., llegando para los de tirón, a 15,9 en % de eficiencia y para el -

otro grupo de 18,5 (Tabla 35, Gráf. 67).

#### **4.5.- Resultados comparados en ambos grupos.-**

Se realizó test de Student para significar posibles diferencias (Capítulo II).

Se compararon los grupos experimentales, en sus valores de las condiciones pre-ejercicio, no hallándose diferencia significativa, en ninguno de los parámetros (Tabla 30).

Los valores respiratorios hallados para ambos grupos, en reposo, 2,5 vatios y recuperación, no mostraron significación estadística (Tabla 33).

En el rendimiento individual, tampoco hubo significación entre ambos grupos (2,5 vatios) (Tabla 35).

La deuda de oxígeno adquirida en cada minuto de ejercicio, mostró diferencia probablemente significativa (Tabla 35).

Las diferencias cardiovasculares en ambos grupos: Coste de esfuerzo, ritmo de incremento del pulso (f/t), ritmo de recuperación (rr), incremento del pulso diferencial, para 2,5 vatios, no fueron en ningún caso significativos. En 3,5 vatios, - mostró diferencias probablemente significativas el f/t (Tabla 32). El Trabajo realizado en ambos grupos para 3 vatios, mostró probable diferencia significativa. (Tabla 32).



**Tabla 30**

**VALORES DE LAS CONDICIONES PRE-EJERCICIO Y ESTIMACION DE DIFERENCIAS**

Grupos experim	Con tiron vagal	Sin tiron vagal	P ③
Edad	21,1 ± 0,4 ①	20,4 ± 0,4	
Peso	67,6 ± 1,4	66,7 ± 1,6	
Talla	176,0 ± 2,1	177,0 ± 2,0	
P. basal	88,5 ± 2,3 (19)	80,7 ± 3,3 (19)	N.S
P. sistolica	138,8 ± 3,1 ②	128,7 ± 2,9 ②	
P. diastolica	82,5 ± 2,0	80,6 ± 2,2	
P. diferencial	56,3 ± 3,5	47,5 ± 2,7	

① Valor medio ± error standar; expresado en:

Edad en años

Peso en kilogramos

Talla en cms.

P. Basal en latidos por minuto

P. Sistolica Diastolica y Diferencial en mmHg

② Numero de casos

③ Significacion de la diferencia entre ambos grupos

**Tabla 33**

**VALORES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS**

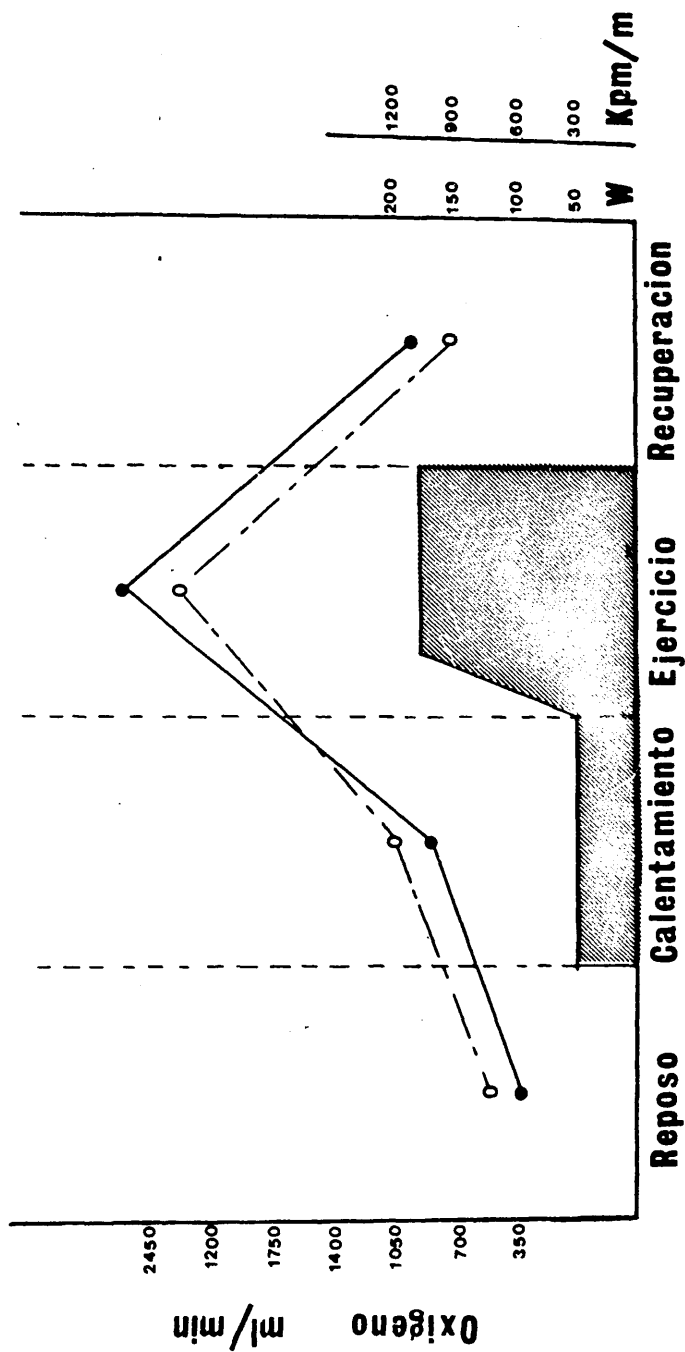
GRUPOS EXPERIM.		SIN TIROM VAGAL	CON TIROM VAGAL	P ③
REPOSO	VO <sub>2</sub>	361,0 ± 34,3 ①	441,4 ± 63,0	N.S
	E.R.	(10) 42,3 ± 5,1	(10) ② 30,9 ± 3,3	
	O.R.	1,0 ± 0,03	0,9 ± 0,09	
EJERCICIO	VO <sub>2</sub>	2494,9 ± 400,0	2296,8 ± 361,1	N.S
	E.R.	(10) 30,5 ± 3,5	(10) 35,9 ± 3,9	
	O.R.	1,0 ± 0,13	0,9 ± 0,08	
RECUPERACION	VO <sub>2</sub>	9306 ± 154,7	8423 ± 74,5	N.S
	E.R.	(10) 41,8 ± 2,7	(10) 45,5 ± 4,2	
	O.R.	1,1 ± 0,09	1,2 ± 0,09	

① Valor medio ± error standar. VO<sub>2</sub> en ml/min

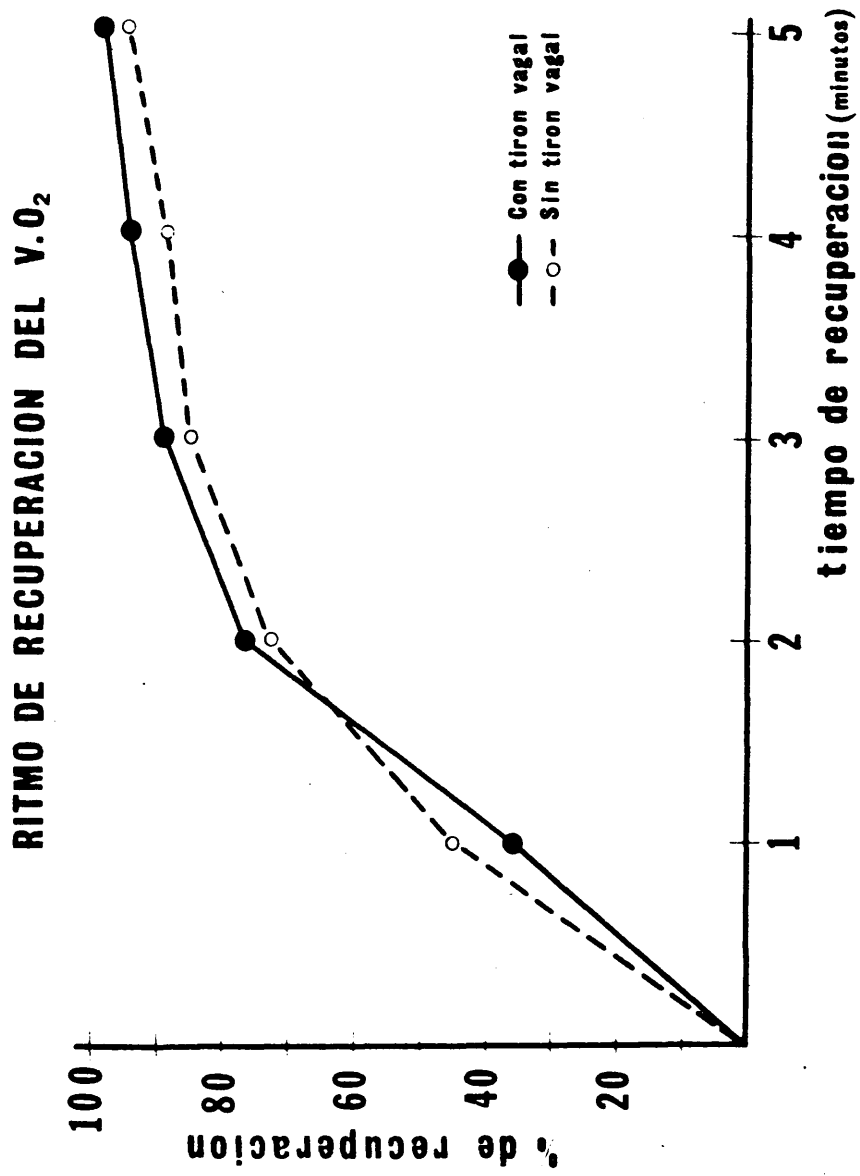
② Numero de casos

③ Significación de las diferencias entre ambos grupos

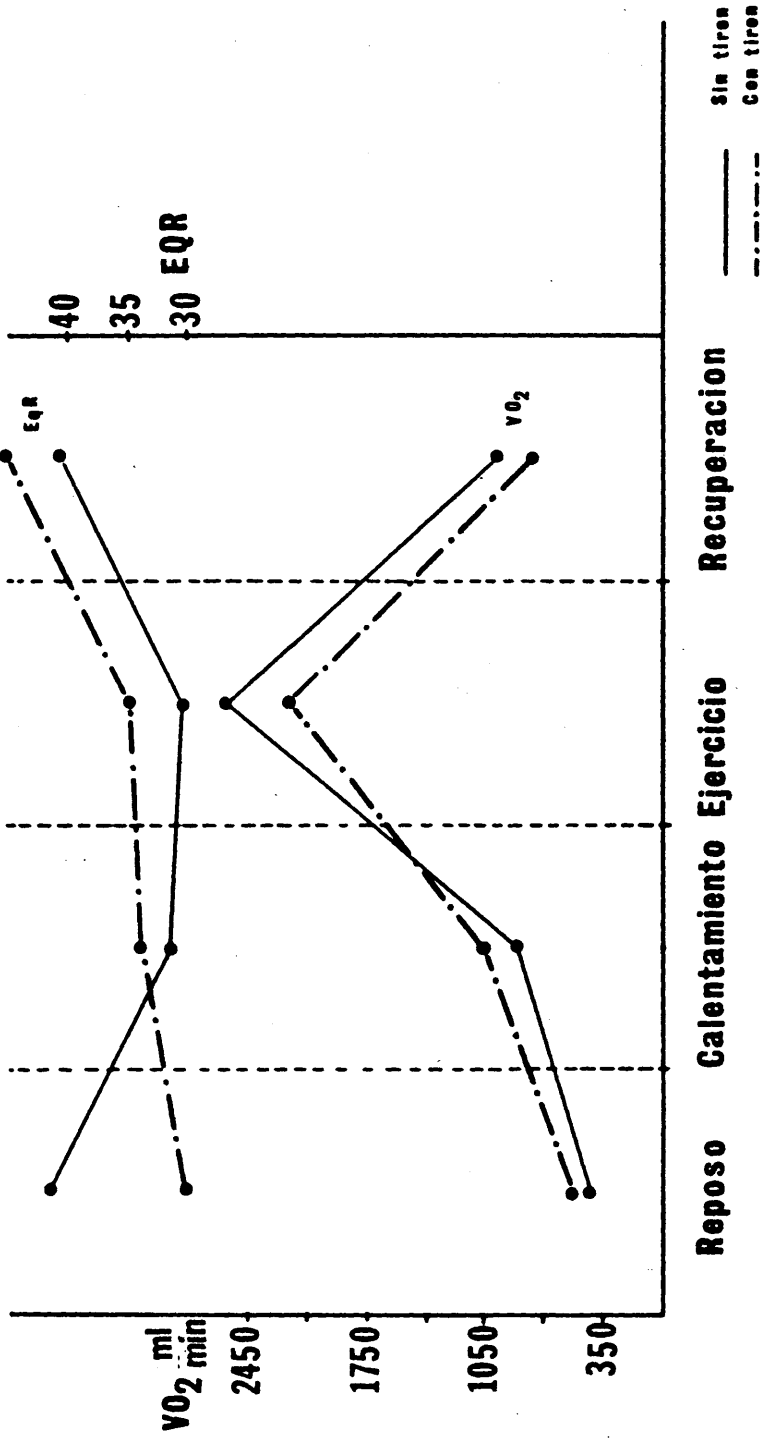
**Grafica 57**  
**CONSUMO DE OXIGENO EN RELACION CON EL**  
**TRABAJO REALIZADO**



Grafica 58



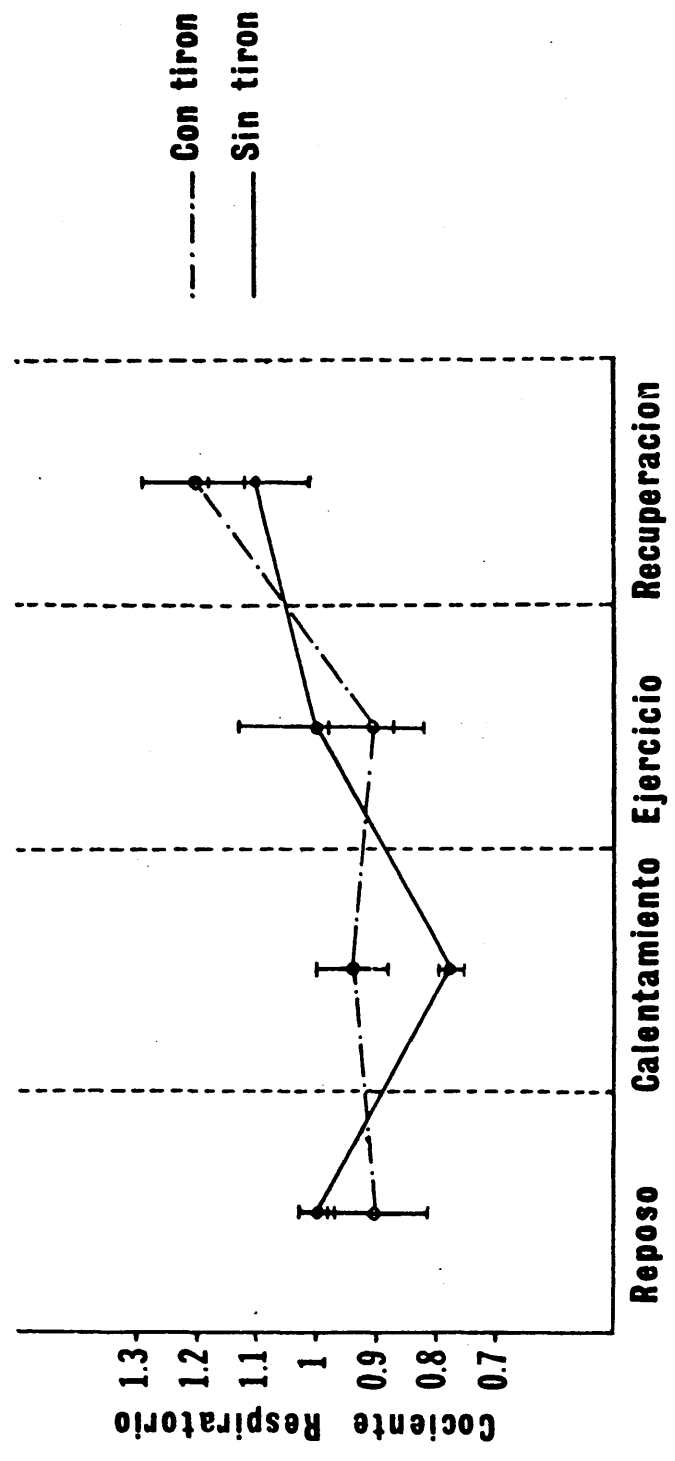
**Grafica 59**  
**VARIACIONES DEL VO<sub>2</sub> Y EQR DURANTE EL EJERCICIO**  
**EN INDIVIDUOS DE DIFERENTE ESTADO VAGOTONICO**



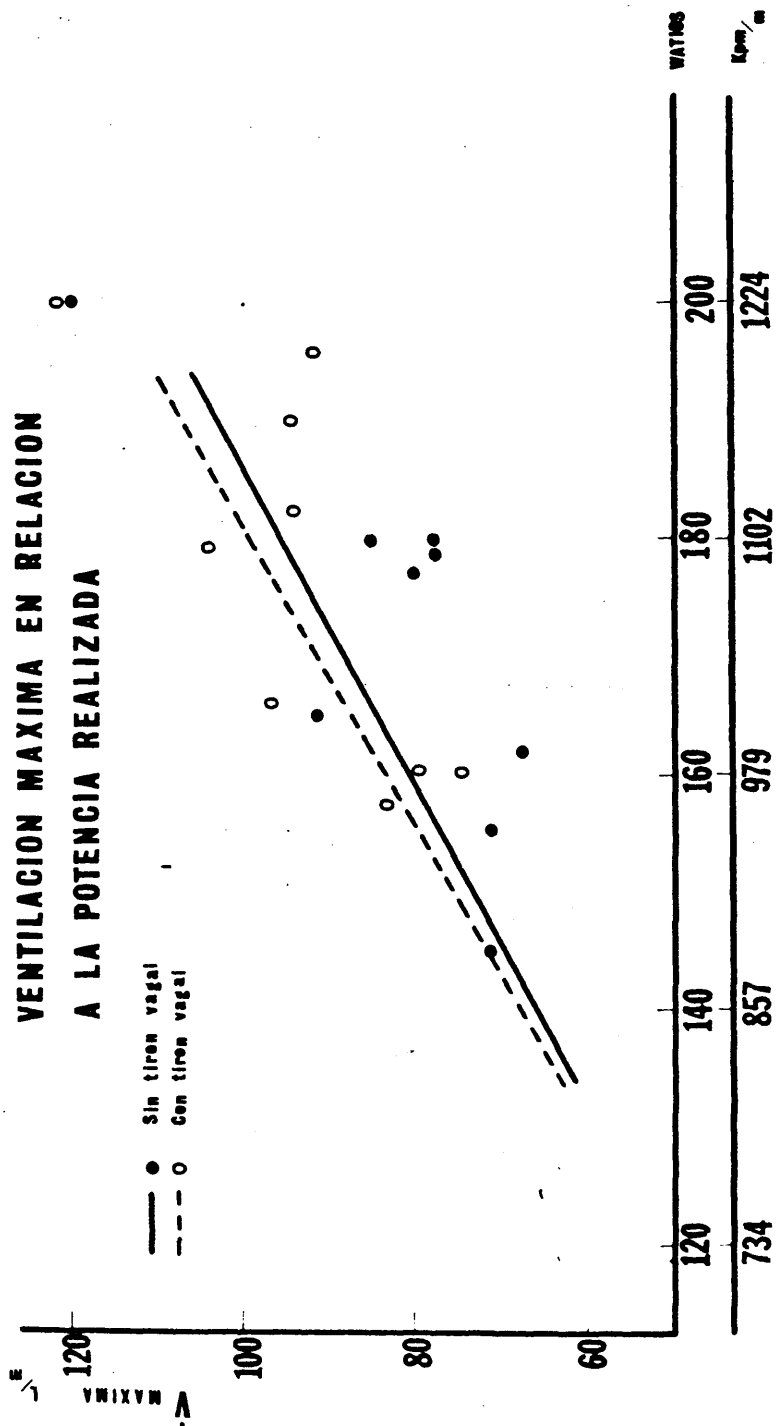
Reposo    Calentamiento    Ejercicio    Recuperacion

—    sin tiron  
 - - -    con tiron

**Grafica 60**  
**VARIACIONES DEL C.R. DURANTE EL EJERCICIO**  
**EN INDIVIDUOS DE DIFERENTE ESTADO VAGOTONICO**

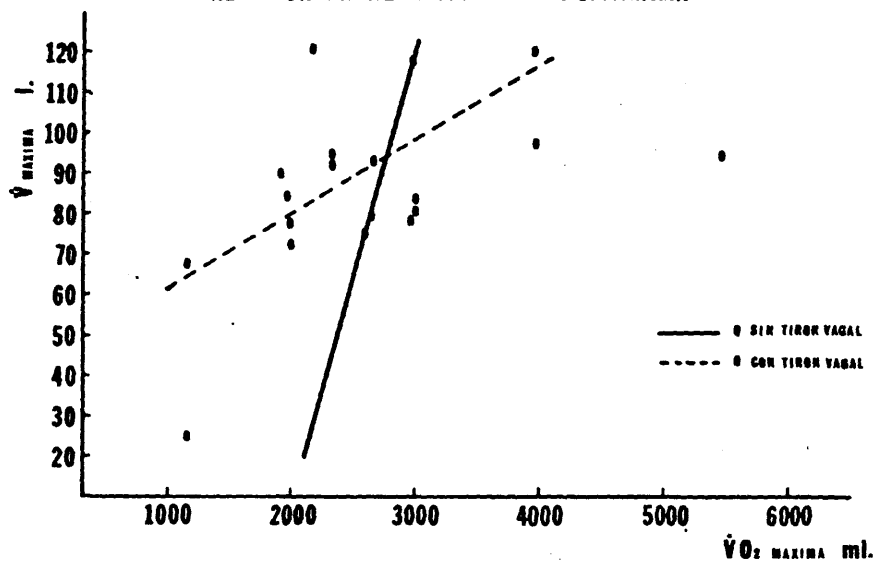


**Grafica 61**  
**VENTILACION MAXIMA EN RELACION**  
**A LA POTENCIA REALIZADA**



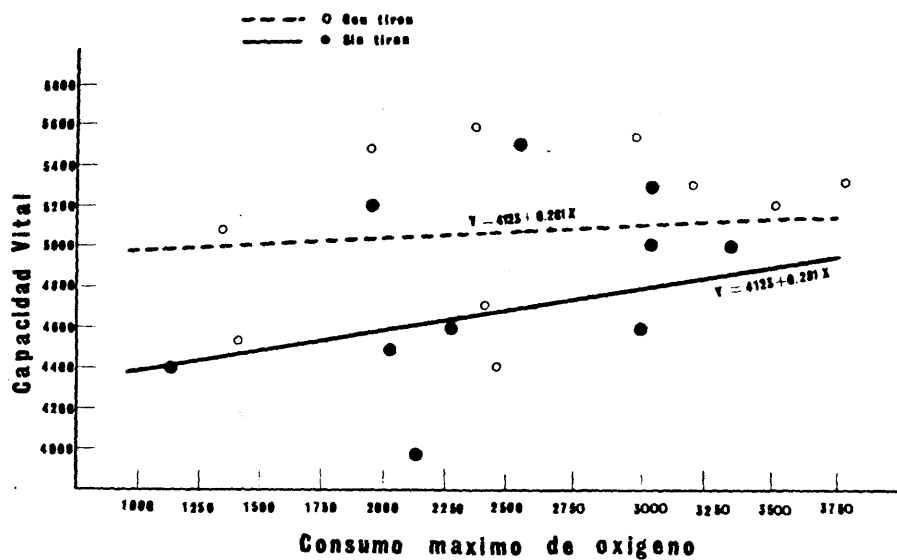
Grafica 63

RELACION ENTRE  $\dot{V}$  MAXIMA Y  $\dot{V}O_2$  MAXIMA

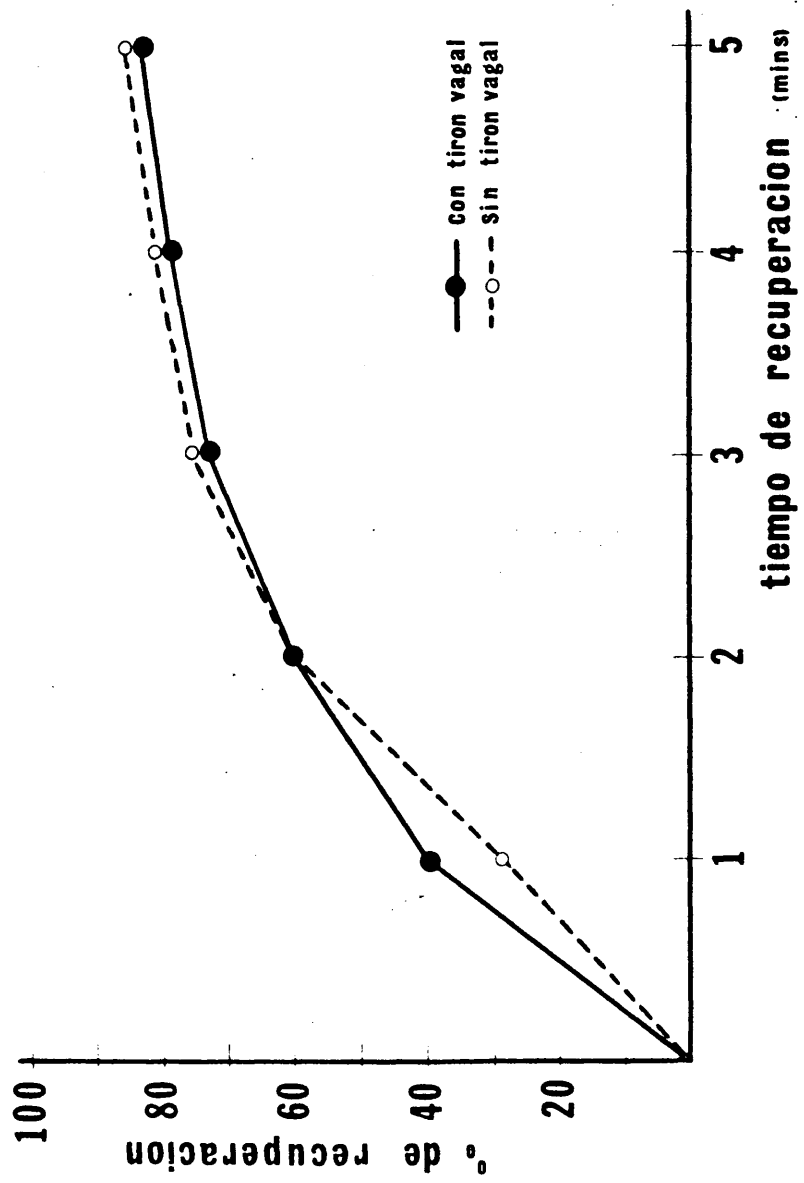


Grafica 64

CORRELACION ENTRE CV Y MAX CONSUMO OXIGENO



**Grafica 62**  
**RITMO DE RECUPERACION DE LA  $\dot{V}$**



**Tabla 34**

**COSTE Y DEUDA DE OXIGENO EN INDIVIDUOS CON DIFERENTE ESTADO VAGOTONICO**

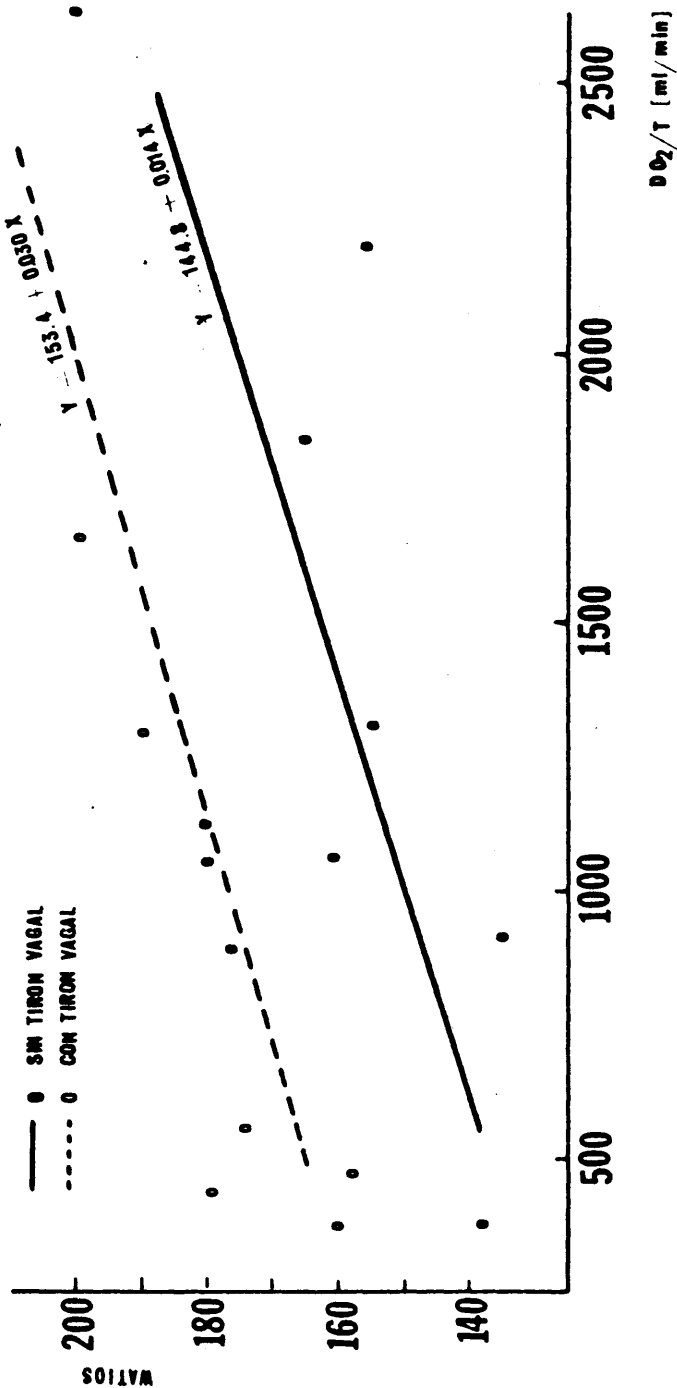
	<b>COSTE DE O<sub>2</sub> EN EJERCICIO TIEMPO DE EJERCICIO</b>	<b>DEUDA DE O<sub>2</sub> TIEMPO DE RECUPERACION</b>
<b>Con tiron vagal</b>	<b>1459 ± 207 ①</b>	<b>432 ± 82</b>
<b>Sin tiron vagal</b>	<b>1051 ± 117</b>	<b>595 ± 40</b>

① Media ± error estandar

El numero de individuos fue de 10 en cada grupo

Grafica 65

**DEUDA DE OXIGENO/TIEMPO DE EJERCICIO EN RELACION  
A LA POTENCIA REALIZADA**



**Tabla 35**

**VALORES DE D.O./t Y RENDIMIENTO Y ESTIMACION DE  
DIFERENCIAS ENTRE AMBOS GRUPOS**

Grupos experimentales	Sin tiron vagal	Con tiron vagal	P <sup>③</sup>
R. <sup>④</sup>	(10) <sup>②</sup> 13.5 ± 4.85 <sup>①</sup>	(9) 15.9 ± 2.15	N.S
D.O./t <sup>⑤</sup>	(10) 579.6 ± 198.9	(9) 1254.1 ± 270.1	< 0.05

① Valor medio ± error standar

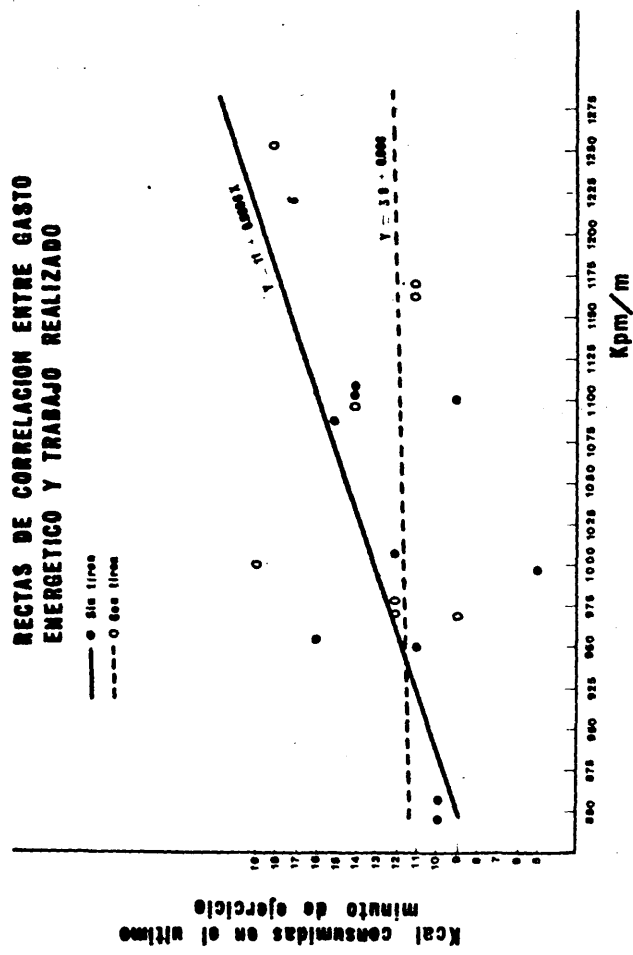
② Numero de casos

③ Significacion de las diferencias entre ambos grupos

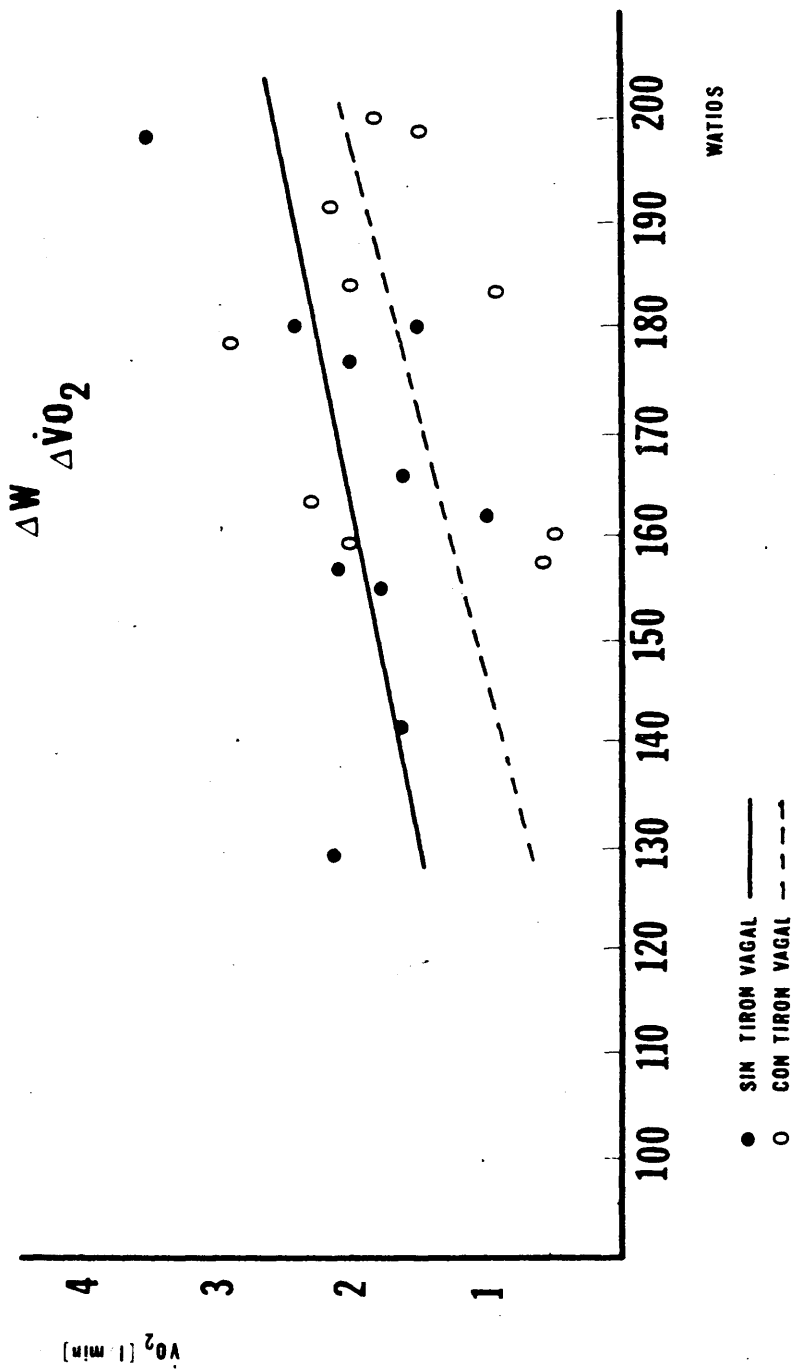
④ R — Rendimiento individual ( $\Delta W / \Delta V O_2$ )

⑤ D.O./t — Deuda de oxigeno / tiempo de ejercicio

Grafica 66



Grafica 67  
CURVAS DE RENDIMIENTO



**Tabla 31****ADAPTACION CARDIOVASCULAR AL EJERCICIO**

		Condiciones de Trabajo		
		2.5 w.kg	3w.kg	
<b>Grupos Experimentales</b>	<b>SIN TIRON VAGAL</b>	<b>c.e.</b>	60,3 ± 7,0 ①	88,2 ± 5,1
		<b>f/t</b>	55,5 ± 6,6	85,3 ± 4,8
		<b>r.r.</b>	(9)② 4,8 ± 0,9	(9) 7,7 ± 1,3
		<b>A.p.d.</b>	8,2 ± 4,5	15,7 ± 3,5
		<b>T.</b>	1098,8 ± 38,6	1136,4 ± 27,57
	<b>CON TIRON VAGAL</b>	<b>c.e.</b>	55,4 ± 12,1	86,4 ± 7,4
		<b>f/t</b>	38,2 ± 8,3	62,9 ± 6,2
		<b>r.r.</b>	(10) 5,6 ± 1,1	(10) 8,4 ± 2,0
		<b>A.p.d.</b>	5,2 ± 2,2	18,4 ± 2,0
		<b>T.</b>	1012,0 ± 46,2	1239,4 ± 44,4

① Valor medio ± error standard expresado en:

Coste cardiaco del ejercicio (c.e) en latidos/minuto.

Frecuencia cardiaca maxima/tiempo en alcanzarla (f/t): en latidos/minuto.

Ritmo de recuperacion (r.r) latidos/minuto.

Incremento de la presion diferencial (A.p.d) en mm.Hg.

Trabajo en Kpm/minuto (T).

② Numero de casos.

**Tabla 32**

**ESTIMACION DE DIFERENCIAS ENTRE LOS GRUPOS**  
(CON Y SIN TIRON VAGAL)

		Variables Estudiadas				
		c. e.	f/t.	r.r.	Apd.	T.
Condiciones de Trabajo	3 w.kg	① N.S.	< 0.02	N.S.	N.S.	< 0.05
	2.5 w.kg	① N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

① Significación de las diferencias entre los grupos.

CE Coste de esfuerzo

f/T - frecuencia cardiaca/Tiempo de ejercicio

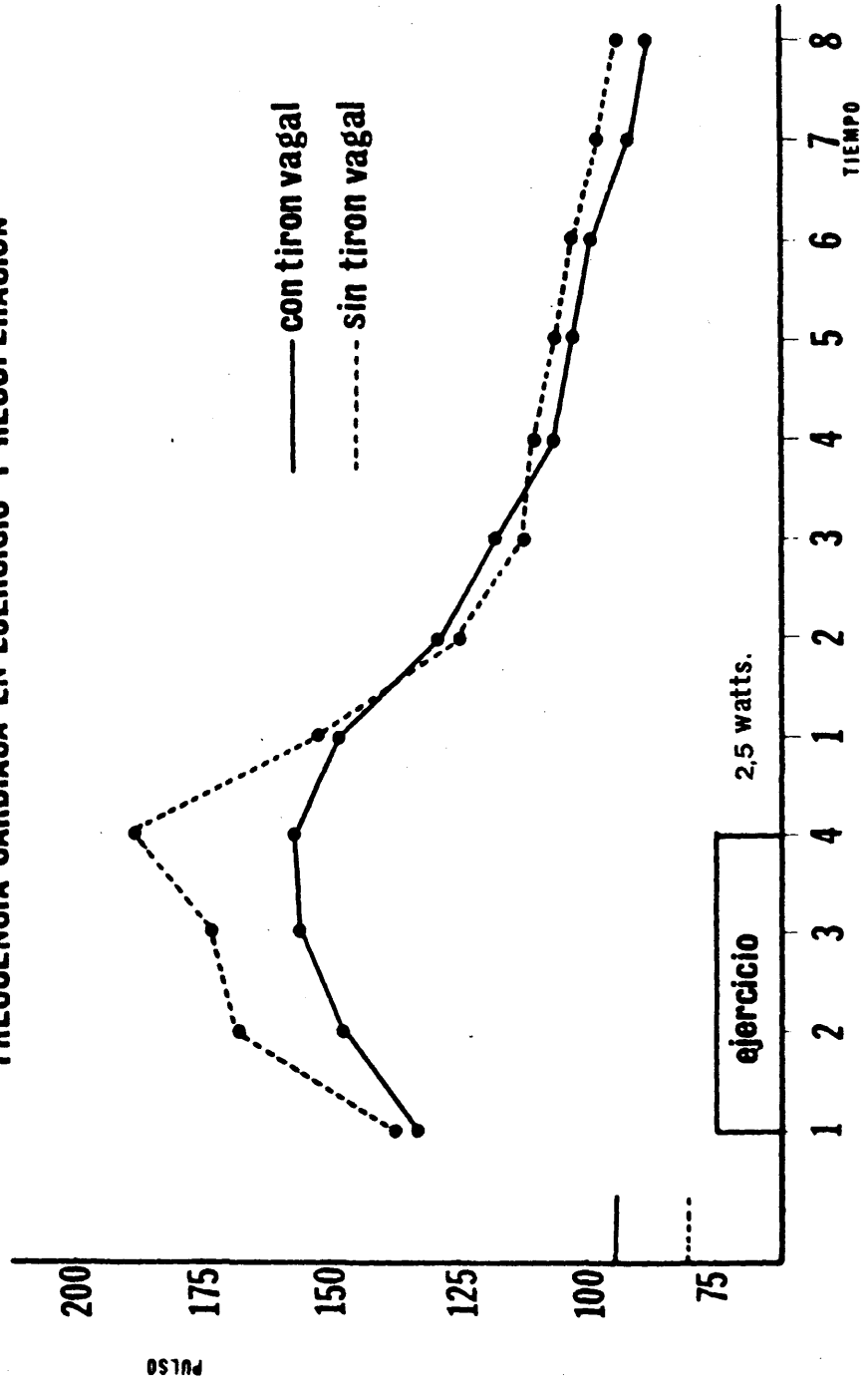
RR Ritmo de recuperación

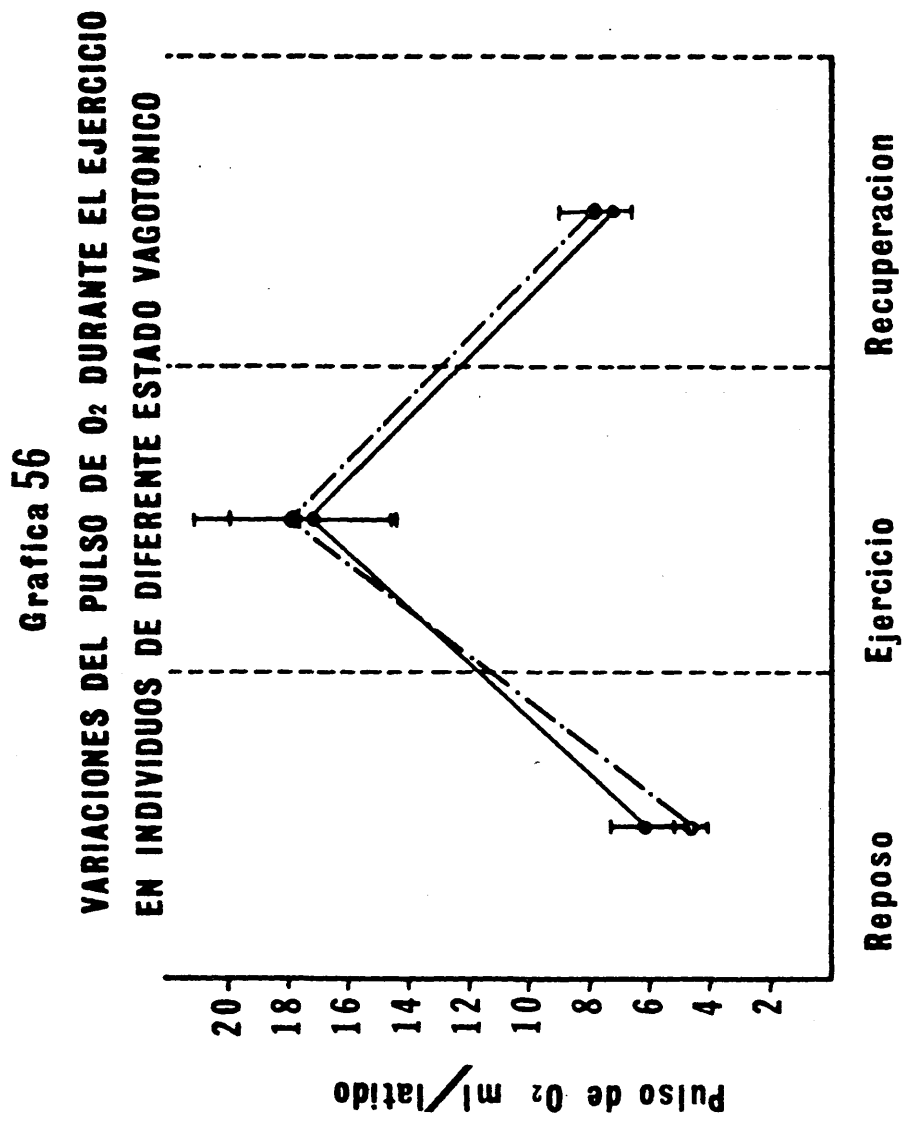
apd Incremento de la presión diferencial

T Trabajo realizado

Grafica 55

**FRECUENCIA CARDIACA EN EJERCICIO Y RECUPERACION**





DISCUSSION

#### IV. 1.- Pruebas rectangulares con coeficiente de carga por Kilogramo de peso.-

Nuestro principal interés consistía en hallar una prueba de tipo máximo para la población universitaria, que nos permitiese en breve tiempo realizar la exploración. De acuerdo con esta hipótesis, analizaremos los resultados conseguidos.

La Ventilación, en el período de reposo está ligeramente elevada, lo que es normal en el estado de excitación antes de la prueba (*Misiuro, W. L., 1970*). Una  $V$  de 63,33 l/min., parece pequeña para el tipo de esfuerzo máximo que preconizamos, pero hay que considerar que es la media de un esfuerzo de 7 minutos (media) de duración, y que expresada en el último minuto, tal y como se hace para las pruebas aeróbicas máximas de la literatura, sería considerablemente mayor.

En la recuperación, alcanza todavía 30,83 litros, lo que nos señala que el esfuerzo ha sido importante, apreciación que coincide con las de *Craig, F. N. y Cols. (1960)*.

La eliminación de  $\text{CO}_2$  es menor en el esfuerzo que la cifra de oxígeno, el QR no pasa de 0,98 en el esfuerzo, no se ha producido claramente el fenómeno descrito por *Hill (1923)* del "aluvión de  $\text{CO}_2$ ", pero hay que contar en este caso que es la media de un esfuerzo de 7 minutos. En recuperación, el  $\text{VCO}_2$  está retrasado respecto al  $\text{VO}_2$  como señala *Durand (1967)*. El consumo de oxígeno en el esfuerzo es de 2367 ml/min., que corresponde a un trabajo de una potencia media de 172 vatios y de una duración de 7 minutos.

*Durand (1967)*, ya califica de trabajo máximo cuando pasa de 140 vatios. En el Cuadro III de *Wells (1957)*, se clasificarían los 2367 ml/min. como incluido en la categoría de "trabajo duro, fatigante". Para *Lehmann (1955)*, 175 vatios es un trabajo penoso o muy penoso. También las clasificaciones de *Benedict y Murchauser y Bogey (1967)*, clasificarían este esfuerzo como "duro". Es decir, submáximo o máximo.

En nuestro trabajo, los individuos gastan 5,75 Kcal/min., lo que para *Lehmann (1955)* sería un trabajo muy penoso y equivalente a cerca de 180 vatios.

El metabolismo está 9,83 veces elevado en el esfuerzo, lo que para *Dill (1936)*, sería un trabajo "duro".

Por otra parte, las curvas típicas de  $VO_2$  y W (potencia), (*Astrand, 1970*), encuadran nuestros resultados perfectamente y también coinciden con *Taylor, H. L. (1955); Galletti (1956)*, considerándolo como máximo.

*Astrand (1970)*, en su *Textbook*, en las tablas estandar, para el cálculo del  $VO_2$  ml/Kg. de peso, cálculo del gasto máximo de  $O_2$ , para un individuo con peso medio de 69,30 como nuestros casos y un consumo de  $O_2$  que nos corresponde, coincide plenamente en la cifra por nosotros calculada de 34,43 ml/kg. de peso.

Por supuesto, esta cifra no llega a ser ni siquiera parecida a cualquiera de las pertenecientes a atletas, incluidas en la discusión (IV. 4).

Lo mismo puede decirse del Equivalente, 30,93 en esfuerzo, induce a

pensar que ha sido prueba máxima para estos sujetos. Cifras de esta magnitud para *Astrand (1970)* y *Durand (1967)*, son claramente demostrativas de la importancia del esfuerzo.

Aunque el  $VO_2$  es relativamente grande, como la  $V$  no responde generosamente (pequeñez relativa) a las necesidades, el EQ es alto.

La ventilación no fue muy eficiente, puesto que también el  $CUO_2$  en esfuerzo era de 39,84 (con una  $W$  media de 172 vatios).

Nuestros atletas del (III. 2.), tienen cifras para potencias muy inferiores de 41,81, y 50,05 y aún los individuos no atletas, en las pruebas largas, tienen  $CUO_2$  mejores.

Parece como si en las pruebas cortas e intensas, se pusieran bien de manifiesto los problemas ventilatorios. En las pruebas largas da tiempo a adaptarse.

La deuda de Oxígeno es elevada relativamente al tiempo de ejercicio, 3348 ml. totales y a un ritmo de adquisición de 741 ml/min., lo que demuestra que fue un esfuerzo sin periodo alguno de equilibrio, puesto que los no atletas del grupo (IV. 2), tienen  $DO_2$  considerablemente menores en las pruebas largas (35 minutos). Estos hechos coinciden con los datos presentados por Denolin, (1957).

La frecuencia cardiaca media en los 7 minutos que duró el ejercicio (incluyendo el minuto de subida), parece baja, 133 pulsaciones/min. de media para el esfuerzo, de lo que pudiera deducirse que los individuos no realizaron un trabajo cardiovascular máximo. Sin embargo, en el último minuto del ejercicio, la

frecuencia media alcanzada fue de 162,95 pulsaciones/min., lo que sí supone esfuerzo máximo. Para *Astrand (1970)*, corresponde a un porcentaje de  $VO_2$  máx., por encima del 70 %.

El pulso de  $O_2$  en reposo es de 5,69, cifra que coincide en las 200 pruebas presentadas en este trabajo, con diferencias realmente despreciables. Son algo más elevadas que las descritas por *Scherrer (1967)*, pero en nuestro caso, los individuos no partieron de un reposo absoluto:

En el esfuerzo, 19,54 es alto para el  $VO_2$  que tienen. *Scherrer (1967)* señala un  $PO_2$  de 16-18 ml/latido, como de trabajo intenso para un consumo de oxígeno de 3 litros.

Este  $PO_2$  queda por debajo de los conseguidos en atletas (IV. 4), que llega a ser de 24 ml/pulsación, pero es un serio argumento que habla sobre la intensidad de la prueba.

Los datos tales como el trabajo total y las calorías totales, sólo pueden ser útiles, si queremos separar individuos entre sí. Respecto a las correlaciones estudiadas, es interesante notar que el  $VCO_2$  cobra un valor en relación con la  $V$ , durante el esfuerzo ( $r=0,857$ ) y en recuperación ( $r=0,835$ ), que nos identifica totalmente con la idea poco comprendida de *Durand, (1967)* sobre el valor del  $VCO_2$ , y también con las correlaciones halladas por *Wasserman y Cols.*

El  $VCO_2$  pues, ha de ser atendido fundamentalmente en el esfuerzo y la recuperación. En este último caso, hay que relacionarlo con el CR, de acuerdo con los postulados de *Consolazio, (1971)*.

La relación entre  $VO_2$  y EQ, es negativa y sólo se nos muestra signifi-

cativa en el esfuerzo, lo que está de acuerdo con la práctica de que al disminuir el  $VO_2$ , el EQ aumenta y éste ocurrió en nuestros casos, porque los sujetos se enfrentaban a una prueba intensa (EQ de 30,9).

Dos valores como el  $O_2/P$  y el  $PO_2$  considerados tan importantes, se muestran aquí con positiva y alta correlación en reposo y la  $r$  en esfuerzo - es de ( $r=0,760$ ), lo que sorprende, cuando pensábamos que la Fc no había sido forzada suficientemente. En la recuperación, con Fc de 110,8 latidos/min. la relación alcanza también una ( $r=0,832$ ), lo que infiere, que la frecuencia - cardiaca, está en esta prueba de acuerdo con los datos respiratorios.

La relación entre EQ y CR, en los tres periodos, muestra que el CR, en esta prueba, sigue muy de cerca en la valoración eficaz del individuo al EQ, que es un parámetro reconocido como excelente.

La misma consecuencia se infiere de la alta correlación de CR y  $CUO_2$ . Este último es un indicador de la eficacia de la ventilación en relación con el  $O_2$ .

La  $DO_2$  ha sido a menudo tratada con excepticismo, (*Durand, 1967*) - encuentra errores en su medida del 13% para 140 vatios y más.

Autores como *Hill (1923)*; *Margaria (1933)*; *Henry (1951)*; *Astrand (197)*, la sitúan como factor fundamental en la explicación de los fenómenos metabólicos en el ejercicio.

Nosotros observamos que hay aceptable relación de  $DO_2$  y  $PO_2$  durante la recuperación y que por tanto, sólo como parámetro respiratorio, es valioso en este periodo.

Podemos deducir de todo lo anterior, que la prueba de 2,5 vatios por Kg. de peso se comporta como prueba máxima para los universitarios explorados.

De los parámetros por nosotros estudiados, se nos presentan como de gran interés la  $DO_2$ , la  $DO_2/t$ , el  $CO_2E$  y el EQd.

Consideramos como parámetros fundamentales para la exploración Metabográfica, en las pruebas cortas, el EQ, V,  $VO_2$ ,  $O_2/P$ ,  $CUO_2$  y  $PO_2$ .

La Frecuencia cardiaca media es natural que sea relativamente baja, en un ejercicio de duración media de 7 minutos.

En atletas de élite (III. 4), veremos que con un esfuerzo mucho mayor, sólo en el último minuto alcanzaron medio de 170 p/min.

La prueba tiene una duración total aproximada de 12 minutos, y es de intensidad suficiente para comportarse como máxima, en muchos de los sujetos de una población, como la explorada.

La población explorada, son universitarios, en condición física excelente, puesto que aún elegidos aleatoriamente, acudían a realizar la prueba solo los que sentían motivación suficiente.

Esta es la razón, junto con algunos de los resultados individuales de aptitud ante ésta prueba, que nos indica, que dentro del grupo había individuos con aptitud elevadísima. Para éstos sujetos la prueba sí fué claramente submáxima.

Consideramos que puede utilizarse como prueba aeróbica máxima directa, resaltando su brevedad y sencillez. Pero solo en el caso de que separemos a los individuos, que aún, no siendo calificados como atletas, realicen algún tipo de entrenamiento habitual de cierta intensidad.

En cualquier caso, de una prueba de tan corta duración como la estudiada y de aplicación sencilla, se puede deducir fácilmente la buena condición física para el esfuerzo, de nuestros explorados, con gran seguridad.

Hay que hacer notar, que consideramos fundamental que la subida de potencial total, se haga paulatinamente, en 1 minuto, pues creemos que en ello se basa el éxito de la prueba.

#### IV. 2.- Pruebas largas de carga creciente.-

El interes de las pruebas de larga duración, estriba en conseguir en las sucesivas potencias el estado de equilibrio, de manera que no solo se mide la respuesta del organismo a una sobrecarga, sino la adaptación a un tipo de esfuerzo mantenido, es decir, una prueba de resistencia al esfuerzo.

Hemos seguido una sistemática de aplicación del esfuerzo original pero basada en las de *Sadoul y Durand (1967)*.

En éstas condiciones de régimen estable es interesante el estudio de las variables.

Se trataba de estudiar el comportamiento de los dos grupos: A, no atletas, y B atletas; frente a las pruebas largas.

La ventilación de ambos grupos aumenta con la potencia coincidiendo con los estudios clásicos de *Astrand (1970)*; *Fleisc y Cols (1959)*; *Durand (1967)* y *Dejours, P. (1955)*.

El grupo B, aún con ventilaciones ligeramente inferiores se mantienen paralelas al A, hasta el esfuerzo más intenso.

Pero despues de 35 minutos de esfuerzo total (en las distintas potencias) el A llega a 76,92 l/min, cifra que nos señala claramente la importancia del esfuerzo realizado. El trabajo respiratorio correspondiente a ésta cifra tiene que ser muy elevado de acuerdo con *Margaria (1960)*, y *Otis (1964)*, y *G. Milic-Emili (1960)*. Con 33 minutos de ejercicio total, el grupo B solo -

alcanza 55,30 l/min.

La frecuencia respiratoria se fué incrementando con la potencia para los dos grupos, pero más para el B, dato que señala *Astrand (1952)*.

Este dato podría parecer desfavorable, pero resulta consecuencia de la mayor eficacia ventilatoria del Grupo B, como veremos al estudiar el VC.

El volúmen corriente en el periodo de máximo esfuerzo fué del 57,63% de sus 5525 ml. de capacidad vital.

Es decir, el B se enfrenta a las necesidades del esfuerzo, fácilmente, aumentando poco el VC y algo más la FR. El A aumentó casi tanto la FR, como el B y enormemente el VC.

Parece claro que los atletas en las pruebas largas, en las que el esfuerzo es paulatino y da tiempo a adaptarse; al llegar a potencias grandes, aumentan su Ventilación a expensas más bien de la FR, al contrario de lo que ocurre para los no atletas.

Autores como *Astrand (1970)*; *Durand (1964)*; *Assmusen (1964)*; *Morehouse (1970)*; *Mathews y Fox (1971)*; *Sadoul y Durand (1967)*, por citar solo algunos, indican el aumento a expensas del VC fundamentalmente y luego de la FR, los datos que recogieron son casi en su totalidad de pruebas cortas.

En nuestro caso, parece que el grupo A, cuando el esfuerzo llega a potencias superiores, no puede incrementar su FR y aumenta el V a expen-

sas del VC.

La eliminación del  $\text{CO}_2$  va paralela al  $\text{VO}_2$  siguiendo la noción clásica; aumenta con la potencia *Durand (1967)*. En las potencias superiores (140-160 vatios) en ambos grupos, se produce el aluvión de  $\text{CO}_2$  *Hill, (1923)*. En los dos grupos el comportamiento es muy parecido. El consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) para una potencia de 160 vatios, alcanza un nivel muy parecido a las magnitudes de nuestras pruebas rectangulares (III. 1.).

El  $\text{VO}_2$  de ambos, en la potencia máxima soportada, se puede considerar como "trabajo duro y fatigante" *Wells (1957)*.

El mayor  $\text{VO}_2$  para una misma tarea, cuando ésta se presenta de forma rectangular podría ser antieconómico y signo de menor aptitud. Pero aquí parece distinto; a los atletas les ha dado tiempo a adaptarse y con una ventilación discreta consumen más oxígeno que el grupo A.

Por esta razón el  $\text{O}_2/\text{P}$  para ambos grupos, teniendo en cuenta su peso, si se comparan con los estandar para pruebas de gasto máximo de  $\text{O}_2$  *Astrand (1970)*, son ligeramente superiores.

Es decir, incluso para el grupo A, se consigue un  $\text{O}_2/\text{P}$ , relativamente alto.

Para éste tipo de pruebas largas, no permite ver el nivel máximo que puede alcanzarse en una prueba rectangular. Comparese los 38,16 ml/Kg. en 160 vatios, a los 55 ml/Kg. de los atletas de élite, y otros grupos de la tabla 43 (III. 4.).

El EQ se nos muestra aquí como un parámetro insustituible, para valorar el comportamiento ante el esfuerzo. Los dos grupos, que parten de EQ en reposo, altos, mientras realizan esfuerzos donde la adaptación es posible, tienen equivalentes bajos, pero el grupo A, que llega en los 160 vatios a su límite de adaptación, se descompensa (EQ=36,72) mientras que el B alcanza 19,92. La magnitud del esfuerzo para el grupo A queda clara y coincide con las cifras de *Astrand (1970)* y *Durand (1967)*, pero son considerablemente superiores a las recogidas por *Astrand* en 1958.

La altura (presión barométrica) puede influir algo en la magnitud de nuestras cifras, de acuerdo con las observaciones de *Weihe* en 1964.

La noción de EQ diferencias por nosotros definida, nos parece muy interesante, especialmente en la potencia máxima soportada, de las pruebas largas, para discriminar el grupo A del B, como en este caso se cumple.

Hay que señalar que el grupo A, aun teniendo una Ventilación muy grande tiene un  $VO_2$  desproporcionadamente pequeño. Por tanto, el EQ sube mucho.

Es decir, que la V, en este tipo de pruebas, necesita analizarse estudiando el FR, VC (comparado con CV) y el EQ.

El  $EQCO_2$  cumple las condiciones de acuerdo con *Durand (1967)*. Nuestros datos sugieren que el aumento a 28-30 l/ml. debe considerarse signo cierto de esfuerzo máximo y por tanto fatiga.

El CR se incrementa con la potencia. Nuestros datos, en los dos grupos, sobrepasan el  $CR = 1$ , para las potencias superiores, datos que no coinciden con *Durand, (1967)* al hablar de la PMS. Nuestros datos coinciden con los de *Conso-*

*lazio (1971)*. Estamos pues, de acuerdo con *Issekutz, Jr., y Cols. (1962)*, sobre el valor que para medir la capacidad de trabajo tiene el CR.

En nuestros casos el CR aumentó durante el esfuerzo, más que en las pruebas cortas, por muy intensas que estas fuesen (III. 1) y sólo en el último minuto de una prueba rectangular y con atletas de élite (III. 4) encontramos un CR superior a 1. De manera que este comportamiento nos parece vinculado a las pruebas largas.

El  $\text{CO}_2\text{E}$  y la  $\text{DO}_2\text{E}$ , en estos trabajos en estado de equilibrio, no pueden valorarse fácilmente, ya que el tiempo en el  $\text{CO}_2\text{E}$ , influye enormemente.

La  $\text{DO}_2$  es muy pequeña en ámbos grupos y relacionándola con los 33 minutos de ejercicio del grupo B y los 35 del A, señala bien claramente que existió el estado de equilibrio.

Parece realmente que la  $\text{DO}_2$  pudo adquirirse en las potencias más superiores.

El Coeficiente de uso del Oxígeno ( $\text{CUO}_2$ ), se manifiesta en este tipo de pruebas como de valor extraordinario. La eficiencia ventilatoria aparece aquí claramente expresada, al observar las cifras crecientes del  $\text{CUO}_2$ , con arreglo a las potencias superiores en el grupo B, especialmente en la última potencia (50,05 del B, por 28,08 del A).

De los datos: CV, VEMS e I de Tiffeneau, consideramos muy interesante (para el estudio de la V en el esfuerzo) recoger la CV en la exploración.

El aumento del metabolismo, en estas pruebas largas en las que el organis-

mo va adaptándose lentamente, no se nos presenta como especialmente interesantes, en ambos casos el incremento fue para el A de 7,58 y para el B, de 9,22 (como consecuencia de su  $VO_2$  más elevado).

Estos datos en un esfuerzo tan largo no nos parecen valorables.

Respecto a las correlaciones estudiadas, es interesante señalar que la V respecto a la VC, tiene en reposo más correlación para el B que para el A. - Esta relación fluctúa a lo largo del ejercicio y en general es muy pequeña, pero en los últimos esfuerzos, para el grupo B son altos, lo que demuestra su interés.

En reposo, se hallan correlaciones interesantes para el B entre: EQ y  $O_2/P$ ; EQ y  $PO_2$ ; VC, V y FR.

En el esfuerzo hay que señalar la correlación entre V y  $EQCO_2$  para los dos grupos, pero mejores para el B, lo que hace muy interesante el estudio del  $EQCO_2$  en las pruebas largas.

La relación entre EQ y  $EQCO_2$  en casi todas las potencias, mejores para el B que para el A, también señalan el interés del  $EQCO_2$ .

Las correlaciones entre EQ y  $CUO_2$  son negativas y altas dado su estructura, era lo esperado.

El  $CUO_2$  y V tienen una relación grande, más para el B, en los esfuerzos, lo que revaloriza al  $CUO_2$ , como dato a recoger en las pruebas largas.

En resumen, podemos afirmar que las pruebas largas (que no se realizan -

habitualmente, puesto que son incómodas de aplicar y llevan mucho tiempo), son muy interesantes, como procedimiento de discriminación de la aptitud.

Consideramos que utilizadas en atletas, que realizarán esfuerzos prolongados, nos darían elementos comparativos de alto interés, entre individuos en deportes tales como; balomnáo, fútbol, balonvolea, etc., .

En la literatura revisada no aparece una casuística tan amplia de pruebas largas, en individuos sanos y en buena condición física y jóvenes, como la muestra. Los trabajos de la Escuela de Nancy están realizados, en el medio laboral y también en grupos de enfermos.

Podemos afirmar que los parámetros:  $V$ ,  $FR$ ,  $VC$ ,  $CV$ ,  $O_2/P$ , son indispensables para valorar una prueba larga.

La cuantía de  $DO_2$  es necesaria para conocer el grado de equilibrio - alcanzado.

El  $CUO_2$  es tan interesante como el EQ en las pruebas largas.

#### IV. 3.- Pruebas de movimientos corporales.- Escalón.-

El interés de realizar esta prueba, estriba en que está considerada como prueba cardiovascular muy eficaz. Nosotros, desde hace años, la utilizamos variando sus condiciones y estamos de acuerdo con los resultados hallados por *Madehava y Cols., (1953); Elbel, E. R. (1958)*, en el sentido de su fiabilidad.

Queríamos ver, el comportamiento del individuo ante un esfuerzo de este tipo, analizando sus respuestas respiratorias y al mismo tiempo valorar la modificación por nosotros llamada Índice de Incremento.

Por otra parte, en la literatura no aparecen mediciones directas respecto al Harvard. Hay sin embargo estandar de  $VO_2$  máx. respecto al pulso alcanzado en pruebas de escalón (*Kaltenbach*).

La Ventilación alcanzó un valor medio superior que los hallados para pruebas rectangulares en bicicleta, por nosotros (III. 1).

En efecto, en esta prueba, para un esfuerzo máximo de 900 Kpm (150 vatios), que fué el trabajo máximo posible para algunos, se alcanzó una V media en todo el grupo de 62,51 l/min., en cambio, sobre la bicicleta, una población similar con 172 vatios de W media, alcanzaron 63,33 l/min. (III. 1).

Para nosotros tiene la explicación que para el tapiz rodante dan *Astrand y Saltin (1961); Andersen (1964); Ross y Mabnab (1969); Stenberg, J. (1967)*, que hicieron pruebas, en las cuales se mueven mayores masas musculares. Es decir, la V es mayor porque el individuo mueve importantes masas musculares, - cosa que no ocurre en la bicicleta.

Es interesante el comportamiento del  $VCO_2$ , aquí sí que el CR se eleva por encima de la unidad, lo que de acuerdo con datos en otros esfuerzos, (*Consolazio, 1971*), nos inclina a pensar, que el "aluvión de  $CO_2$ " de Hill, se produce por el trabajo sub-máximo o máximo, de grandes masas musculares.

El  $VO_2$  conseguido no es suficiente para calificar el trabajo como máximo (*Wells, 1957*).

Con un peso medio de 66,8 Kg., el  $O_2/P$  fue de 30,03 ml/kg. lejano a los conseguidos por atletas, con movimientos corporales en tapiz (Tabla 43), y menor que el conseguido para la prueba rectangular (III. 1) en otros grupos, con potencias que pueden considerarse bastante superiores.

El EQ elevado a 31,1 en el esfuerzo, señala que el esfuerzo fué intenso. Esta cifra, en bicicleta ergómetro, hubiese sido reveladora de esfuerzo muy intenso. Aquí, las grandes masas musculares, puestas en juego parece que deben influir.

La recuperación es tan rápida (expresada en % del valor normal), que nos permite enjuiciar la Prueba de Harvard como ejercicio intenso, de acuerdo con los parámetros medidos en el ejercicio, pero de carácter netamente submáximo.

Llamamos la atención, a la conveniencia del estudio de la recuperación, en la forma que lo hacemos: ritmo de recuperación en % para la V y la  $VO_2$  y EQ.

Resulta interesante la diferencia entre Índice de Harvard e Índice de Incremento, respecto al criterio de puntuación, pues nos parece útil, discriminar dentro de una misma prueba, con mayor exactitud.

Las relaciones mayores para el I de Incremento respecto a valores respiratorios, tan seguros como el  $VO_2$ , podría suponer algo de ventaja, aunque el  $VO_2$  no fue muy alto.

Se puede resumir, en el sentido de que la prueba de Harvard se comporta como submáxima, para esta población.

Son interesantes las modificaciones que en los parámetros respiratorios, - producé el realizar un ejercicio "más natural" que el de la bicicleta. Es decir, - los consumos son mayores, y la coordinación y eficacia del movimiento nos parece que influyen más.

El individuo parece que realiza un ejercicio más natural, con mayor facilidad, aunque utilice mayores masas musculares o quizá por ello mismo. Pero indudablemente, el rendimiento es menor, mayores gastos en todos los parámetros, para ejercicios de potencias inferiores a las de la bicicleta.

El hecho de que una prueba "cardiovascular", desde el punto de vista -- respiratorio, sea submáxima, nos parece que la califica como magnífica, dada la aplicación, prácticamente universal de la prueba. Las diferencias favorables al índice de incremento, según nuestros resultados, aconsejan que con el fácil requisito de tomar el pulso en reposo, debemos en todos los casos aplicar los dos índices, con la misma prueba.

Proponemos pues, su generalización.

#### IV. 4.- Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.-

Del estudio de la aplicación de las numerosas pruebas aeróbicas, por distintos autores: (*Astrand y Saltin, 1961; V. Dobel, W., 1956; Astrand, - 1952; Holmgren, 1967; Ross, B. J., Mabnab, 1969; M. G., Maskud, 1970, etc.*), por citar sólo algunos, se deduce que son el tipo de pruebas consideradas más valiosas para valorar la condición biológica.

No obstante, la aplicación está condicionada siempre a una motivación grande, a menudo sólo posible en grupos de atletas de alta competición, o - individuos muy interesados en la prueba.

Por otra parte, la duración aproximada de las pruebas, de los diversos autores, nunca es menor de 15 minutos, sin considerar el tiempo de recuperación, que por lo menos ha de ser de 10 minutos más, después de un esfuerzo tan grande, ni el de calentamiento que precede a toda prueba (3 ó 4 minutos más). Es decir, en total, de 30 a 40 minutos.

Nos propusimos la meta siguiente: una prueba aeróbica máxima de breve duración y fácil de aplicar y que fuera proporcional al estado muscular del atleta (el peso en este caso).

Para ello, pensamos que lo ideal sería un esfuerzo rectangular continuo, pero de suficiente intensidad. La intensidad máxima, otros autores la consiguen con el cambio cada 5 ó 6 minutos de potencia.

De acuerdo con estas ideas y las experiencias anteriores en esfuerzos rectangulares, elegimos un coeficiente de 4 vatios/Kg. de peso.

Los restantes autores no tienen en cuenta el peso del sujeto y parten de una potencia determinada, para todos la misma, recorriendo los mismos escalones progresivos.

La potencia resultante de multiplicar 4 vatios/Kg., era siempre muy grande, por ello, se alcanzaba paulatinamente, a lo largo de un minuto, insensiblemente al acabar el periodo de calentamiento. A continuación, deduciremos las consecuencias de la aplicación de la prueba.

La Ventilación sigue la curva típica del ejercicio máximo, no hay periodo estacionario alguno, crece enormemente durante todo el esfuerzo, sin producirse adaptación.

Para los hombres jóvenes y bien entrenados y en periodos cortos, la  $V_{\text{máx.}}$  es del orden de 100 a 120 l/min., en casos excepcionales se ha llegado a 200 l/min., (*Saltin y P. O., Astrand, 1967*).

En el periodo de  $VO_2$  máx., se llegó a una  $V$  media de 117 l/min., - que es una extraordinaria hiperventilación, que demuestra que se ha llegado al esfuerzo máximo.

*Otis (1964)* estima que para 116 l/min. se necesita sólo para el trabajo respiratorio 1100 ml/min. de  $O_2$ . Cifras como las nuestras, para *Margarita y Cols., (1960)* son de trabajo máximo (100-120 Kcal/min.).

El aumento de la FR, es también "límite". Para los esfuerzos cortos y máximos, se sabe desde *Christensen, E. H., (1932)* que la  $V$  aumenta a expensas de la FR.

Para la edad media de nuestro estudio, 43 resp/min., es una frecuencia máxima (*Astrand, 1962*).

El  $\text{VCO}_2$  alcanzado en el último minuto (3982 ml/min) es muy grande y está en el orden de las restantes cifras de esfuerzo máximo.

El CR superior a la unidad, en estos sujetos de aptitud extraordinaria, y con una resistencia grande, ante el aluvión de  $\text{CO}_2$  de *Hill (1923)*, revela - la enorme magnitud del esfuerzo.

*Consolazio, (1971)* describe CR como los nuestros en atletas de élite.

El  $\text{VO}_2$  es el parámetro principal de este tipo de pruebas, la magnitud de 3783 ml/min. alcanzados en el último minuto, coincide con los datos de - muchos otros autores, ya sea en cicloergómetros o en tapiz (que siempre con esfuerzos menores, hay un  $\text{VO}_2$  máx. mayor).

Para demostrar que se alcanzó el  $\text{VO}_2$  máx., en nuestra prueba, procedimos a calcular el  $\text{VO}_2/\text{Kg}$ . que es la expresión, más extendida del  $\text{VO}_2$  máx. En nuestro caso fue de 55 ml/Kg. de peso.

Hemos procedido a la comparación de nuestros datos con otros 21 autores, que realizaron pruebas de  $\text{VO}_2$  máx, colocándolos por orden de menor a mayor.

Nuestros datos se localizan entre los más altos, ya que los datos por - encima de 70 ml/min, son casos individuales, en la literatura mundial, y constituyen además records absolutos (Tabla 43).

CONSUMO MAXIMO DE O<sub>2</sub> SEGUN DISTINTOS AUTORES

AUTORES	EDAD	ACTIVIDAD	TIPO DE EJERCICIO	O <sub>2</sub> ml/Kg.
HERMANSEN & ANDERSEN	19-29	Universit.	Cicloergómetro	44,00
HERMANSEN & ANDERSEN	22-28	Estud. Norueg.	Cicloergómetro	44,00 $\pm$ 3,9
TANZI	17-32	Estud. Amer.	Cicloergómetro	44,8 $\pm$ 5,9
ROSS; MACNAB; CONGER & TAYLOR	18-22	Est.Educ.Fisic.	Cicloergómetro	46,47
ASTRAND P. O.	18-23	Est. Educ.Fisic.	Cicloergómetro	46,87 $\pm$ 7,2
MAGÉL & ANDERSEN	16-18	Est. no entr.	Cicloergómetro	47,8 $\pm$ 4,7
MITCHELL; SPROULE; CHAPMAN	—	—	Tapiz rodante	49,86
TAYLOR; BUSKIRK; HENSCHÉL	—	—	Tapiz rodante	50,02
KNUTTGEN	15-18	Estud. Amer.	Cicloergómetro	50,3 $\pm$ 6,9
METHENY	19-23	Universit.	Cicloergómetro	51,30
ROSS; MACNAB; CONGER & TAYLOR	18-22	Est.Educ.Fisic.	Tapiz rodante	51,71
NOSOTROS	19-23	Atletas élite	Cicloergómetro	55,4
BRIENER	16-17	Nadadores Am.	Cicloergómetro	56,6 $\pm$ 2,81
Von DOBELN	19-40	Prof. y estud. Educ. Física	Cicloergómetro	56,66
BRIENNER	16-17	Remeros	Cicloergómetro	57,0 $\pm$ 3,2
ASTRAND, P. O.	16-18	Atlet. Daneses	Tapiz rodante	57,6 $\pm$ 4,2
MAGEL & ANDERSEN	16-18	Nadad. Norueg.	Cicloergómetro	58,5 $\pm$ 3,8
ASTRAND	20-33	Atlet. Daneses	Tapiz rodante	58,6 $\pm$ 4,5
MITCHELL; SPROULE; CHAPMAN	—	Estudiantes	Cicloergómetro	59,4 $\pm$ 5,86
SALTING & ASTRAND	—	C. Olímpico	Cicloergómetro	70,9
HERMANSEN & ANDERSEN	22-28	Atlet. Norueg.	Cicloergómetro	71,0 $\pm$ 6,8
ASTRAND	—	Atl. Olímpico	Cicloergómetro	81,7

La  $DO_2$  es grande para la pequeña duración del ejercicio (3 minutos de media), pues alcanzó 4431, compárese con los 3348 ml. de la prueba aeróbica máxima para no atletas descrita en (III. 1 y IV. 1).

El EQ en el último minuto alcanzó 30,9, cifras que con los atletas de élite sólo se consiguen en pruebas realmente máximas, (*Astrand, 1970 y Durand, 1967*).

El EQd es también grande en un esfuerzo de este tipo.

El nomograma de predicción de  $VO_2$  máx. por la Fc (*Astrand, 1970*) - con potencia de 1500 Kpm (como máximo), para una Fc de 170, se alcanza - un  $VO_2$  máx., que con el error del 15 %, establecido por su autor. se ajusta correctamente a el  $VO_2$  conseguido por nosotros.

La mayoría de los autores no dan datos del periodo de recuperación.

Es un periodo de difícil valoración, pero de gran importancia para comparar las diferencias individuales.

Nosotros seguimos la sistemática de expresar en % del reposo, las distintas variables y hallar el ritmo de recuperación de ésta forma.

La recuperación fué extraordinariamente rápida en todos los casos pero consideramos, que del estudio de cada individuo, en contacto con el entrenador correspondiente, se pueden obtener datos importantes para la mejora de marcas, métodos de entrenamiento, etc.

En resumen podemos afirmar que: nuestra prueba es de  $VO_2$  máx. es muy

breve (unos dieciseis minutos contando todos los periodos) y además sencilla.

Por otra parte estimamos que para este tipo de pruebas (dejando aparte el objeto principal,  $VO_2$  máx.), es imprescindible valorar la V, el EQ diferencial, la  $DO_2$ , el  $CUO_2$ , el CR y la FR. aparte del criterio cardiovascular de los Fc de 170 latidos/min.

#### IV. 5.- Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vegetónico.-

Los hallazgos de *Gallego y Cols en (1965 y 1968)*, de los efectos de la apnea voluntaria sobre el EGC, en sujetos en buenas condiciones físicas, denominado "tirol vagal", hacían interesante su estudio.

*Schenone (1970); Song, S.H. (1969) y Gederman, E. (1971)*, aluden también a los peligros que podían correr estos individuos, en la práctica de submarinismo; pilotos de aviación, etc.

Parecía que los individuos con tirón podían poseer mayor aptitud física. Con el objeto de aclarar, si el tirón vagal tenía relación con la aptitud, se realizaron las pruebas que a continuación analizamos.

La comparación (Tabla 30) de las condiciones preejercicio, de los grupos; con tirón y sin tirón, no dió diferencias estadísticamente significativas. Es decir pertenecían al mismo grupo de población. Se les aplicó la prueba rectangular máxima para no atletas de 2,5 vatios por nosotros ideada.

Realizados los test de estimación de diferencias, especificados en el C. II, los valores respiratorios en reposo, no tuvieron diferencias significativas, en ninguno de los parámetros (Tabla 30).

En el esfuerzo y en la recuperación (Tabla 33) tampoco mostraron significación estadística, las pequeñas diferencias aparecidas.

En el rendimiento no hubo significación.

Datos tan importantes como,  $CO_2E$ , ritmo de incremento del pulso, rit-

mo de recuperación e incremento de la presión diferencial, para 2,5 vatios no mostraron diferencias significativas.

Unicamente en W de 2,5 vatios/Kg. fué probablemente significativa la deuda de oxígeno adquirida cada minuto de ejercicio  $DO_2/t$ .

En el ejercicio de potencia superior, 3 vatios/Kg., el trabajo realizado y el ritmo de incremento del pulso (f/t) mostraron probable diferencia significativa.

En resumen diremos, que con las pruebas rectangulares del tipo y forma de las aplicadas, no muestran diferencias claramente significativas, respecto a la diferente aptitud de los grupos con y sin tirón vulgar.

No obstante consideramos que las probables diferencias significativas en algunos parámetros, hacen interesante, que en las exploraciones de Condición Biológica sistemáticas, se incluya el dato con objeto de prevención de accidentes en algunos deportes y posibles relaciones con otro tipo de datos.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

## V.- Resumen.-

Se establece el concepto de Condición Biológica, como integrador de las múltiples condiciones parciales que definen la aptitud del individuo.

Se distinguen Condición: anatómica, fisiológica, motora, psicosenso-rial y habilidad y destreza.

Se definen y encuadran cada una de ellas, para estudiar con más detalle la Condición Fisiológica.

Dentro de esta última Condición, se centra éste trabajo, en la Metabografía de Esfuerzo, como prueba de valoración de la aptitud.

Se revisan los conceptos de la respuesta cardiovascular durante el esfuerzo.

A continuación se estudian las adaptaciones respiratorias durante el — ejercicio muscular, en todos sus parámetros.

Posteriormente se exponen las pruebas de ejercicio muscular, con sus fundamentos fisiológicos y las técnicas y métodos de medida del trabajo, aparatos y la sistemática de recogida de datos en el esfuerzo.

Se clasifican los métodos y aplicación de las pruebas antes estudiadas, procediendo a revisar los procedimientos publicados por los diversos autores, y extrayendo las correspondientes consecuencias.

Se atienden especialmente el estudio de las pruebas ergométricas de —

carga creciente, fija y de  $VO_2$  máximo.

A continuación se estudian el tipo de datos que las pruebas mencionadas aportan, según los distintos autores.

En el Capítulo de Materiales y Métodos, se estudian las características de los grupos experimentales y los métodos de trabajo con los que se realizan las distintas pruebas.

El material utilizado es también descrito; fundamentalmente, se empleó el Metabógrafo de Fleisch .

La terminología utilizada es estudiada, tanto la común, como los datos originales aportados en éste trabajo.

El tratamiento estadístico de los datos, test de significancia, programa en Fortran IV, y los símbolos correspondientes son también incorporados.

En los resultados, se analizan los datos correspondientes a las distintas pruebas, en 43 Tablas y 67 Gráficas. Los trabajos realizados fueron:

- 1.- Pruebas rectangulares con coeficiencia de carga por Kg. de peso. Realizada en treinta varones adultos estudiantes de Medicina, no atletas. Se estudian los resultados respiratorios, cardiovasculares y otros datos y la correlación entre las distintas variables (matrices de correlación).
- 2.- Pruebas largas de carga creciente.

Fueron realizadas en potencias de 50-80-100-120-140-160 vatios, sobre un total de 117 varones adultos, estudiantes de Medicina, divididos en un gru-

po A no atletas y otro B atletas.

Se estudian los valores respiratorios y la correlación entre los datos, en todas las potencias y en reposo y recuperación. (matriz de correlaciones).

3.- Pruebas de movimientos corporales.- Escaloón.

Sobre treinta sujetos varones adultos, estudiantes, se aplica aquí la — prueba de Harvard y la modificación original del Índice de Incremento. Se analizan los valores obtenidos y las relaciones y posibles diferencias, entre — ambos índices, como discriminadores de aptitud.

4.- Nuevo tipo de prueba aeróbica máxima.

Se estudia un tipo de prueba aeróbica máxima original, de muy breve duración y alto rendimiento, en un grupo escogido de atletas de élite. Se recogen los datos respiratorios muy amplios y los cardiovasculares.

5.- Adaptación al esfuerzo en individuos con diferente estado vagotónico.

En veinte individuos con "tirón vagal" y otros veinte sin éste fenómeno, se estudian Metabográficamente, enfrentados a una prueba de tipo rectangular de 2,5 vatios/Kg., se estudia su adaptación cardiovascular.

En la Discusión se relacionan los datos obtenidos con los de la literatura y se hace resaltar la importancia de algunos parámetros, clásicos y conocidos así como algunos de los datos originales aportados en éstos trabajos.

Se estudia el periodo de recuperación, en las distintas pruebas, con —

objeto de demostrar su importancia y el injustificado abandono que de estos datos se hace.

**Conclusiones:** Se hace resaltar el valor de algunos de los parámetros — nuevos estudiados y otros más conocidos y la aplicación de cada una de las pruebas.

**Conclusiones.-**

- 1.- La prueba rectangular de 2,5 vatios/Kg. de peso, en la forma descrita y sobre la población estudiada, se comportó como prueba máxima. Es sencilla y rápida y permitiría su aplicación a grandes grupos de población.
- 2.- Puede utilizarse como prueba aeróbica máxima, solo en sujetos en buenas condiciones físicas, pero no practicantes de entrenamientos habituales de cierta intensidad, pues se comportaría como submáxima.
- 3.- Se comportan como indicadores de aptitud de gran interés en las pruebas cortas rectangulares de 2,5 vatios/Kg.; la deuda de oxígeno ( $DO_2$ ), la Deuda en relación con el tiempo de ejercicio ( $DO_2/t$ ), el Coste de Oxígeno en esfuerzo ( $CO_2E$ ) y el Equivalente diferencial, que deben estudiarse siempre.
- 4.- Las pruebas de larga duración han sido abandonadas injustamente. Nos parece un procedimiento muy importante para discriminar la aptitud, — propio para practicantes de deportes en los que el esfuerzo es prolongado.
- 5.- Los parámetros: Ventilación, Frecuencia respiratoria, Volumen corriente, CV,  $O_2$ /Peso, EQ, EQ diferencial y Coeficiente del uso del  $O_2$  ( $CUO_2$ ) nos parecen parámetros indispensables para el análisis del esfuerzo prolongado.
- 6.- En las pruebas de larga duración, los individuos con alta condición, au-

mentan su Ventilación a expensas más bien de su frecuencia respiratoria que del Volumen corriente.

- 7.- En la prueba de escalón la mayor masa muscular movilizada, para un trabajo inferior al realizado en bicicleta ergómetro, hace que los parámetros respiratorios alcancen magnitudes superiores.
- 8.- En la prueba de escalón el CR pasa a 1 con gran facilidad, lo que — creemos se debe: al aumento de  $\text{CO}_2$  por la mayor masa muscular movilizada y no ser atletas los individuos explorados.
- 9.- Las diferencias favorables al Índice de Incremento, respecto al de *Harvard*, aconsejan la practica simultanea de ambos.
- 10.- Nuestra prueba aeróbica máxima, se comporta como tal con arreglo a todos los parámetros estudiados.
- 11.- Reune condiciones de brevedad y sencillez, mayores que las publicadas y por tanto puede aplicarse sistemáticamente en atletas varones en buen estado de entrenamiento.
- 12.- Con las pruebas rectangulares del tipo y forma de las aplicadas, los individuos con y sin tiron vaga, no muestras diferencias significativas, respecto a la aptitud para el esfuerzo.
- 13.- Las probables diferencias significativas, en algunos parámetros, hacen interesante sin embargo, que en las exploraciones sistemáticas, se incluya, el dato, con objeto de prevención de accidentes en algunos deportes y posibles relaciones del tirón con otro tipo de datos.

Consideramos como parámetros fundamentales para la exploración Metabólica en las pruebas cortas: el  $\dot{V}O_2$ ,  $\dot{V}$ ,  $\dot{V}O_2/P$ ,  $\dot{V}CO_2$  y  $PO_2$ , — sin ellos no puede valorarse ninguna prueba corta con fiabilidad.

- 15.- La Recuperación, en un periodo que debe ser estudiado en todos los — casos.
- 16.- En el periodo de recuperación, la expresión de los datos en % del valor de reposo, nos permite seguir fácilmente cada parámetro.
- 17.- Consideramos muy interesante los siguientes datos cardiovasculares: Costes cardiacos, ritmo de incremento del pulso (f/t), y ritmo de recuperación (r.r.).

**BIBLIOGRAFIA**

---

**AAHPER**

*Youth Fitness test manual. AAHPER-NEA, Fitness Department. 1201 Sixteenth St. N. W. Washington 6, D. C. 1958.*

**ANDERSEN, K. L.**

*Respiratory recovery from brief muscular exercise. p. 328 de L'explorat. fonct. pulm. Ed. Flam. 1964.*

**ASMUSSEN, E., y NIELSEN, M., 1948**

*Studies on the initial changes in respiration at the transition from rest to work and from work to rest. Act. Physiol. Scand. 1948, 16, 270 p. 328 de L'exploration fonction. pulm. Ed. Flammarion. Paris, 1964.*

**ASMUSSEN y NIELSEN, 1964**

*en L'exploration fonctionelle. Respiratoire. Capítulo X.*

**ASMUSSEN, E. y NIELSEN, M.**

*Ventilatory response to CO<sub>2</sub> during work at normal and low oxygen tension. Acta. Physiol. Scand 39 : 27-35, 1957.*

**ASMUSSEN, E.; NIELSEN, M. y WIETH-PEDERSEN, G., 1943**

*Referido por Dejourns, P., 1963 en "The regulation of human respiration" D. J. C. Cunningham B.B. Lloyd.*

**ASTRAND, P. O.**

*Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Copenhagen : Munksgaard, 1952.*

**ASTRAND, P. O., 1955**

*New records in human power. Nature 176 : 922 - 923. 1955.*

**ASTRAND, P. O.; J. HALLBACK; R. HEDMAN, y B. SALTIN**

*Blood Lactates after Prolonged severe exercise. J. Appl. Physiol 18 : 619, 1963.*

**ASTRAND, I., 1960**

*Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. Acta Physiol. Scand. 49 Suppl. 169, 1960.*

**ASTRAND, P. O.**

*Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. p. 172-72-92. Ed. Ejnar Munksgaard, Copenhagen, 1952.*

**ASTRAND, P. O., 1960**

*Breath holding during and after muscular exercise. J. Appl. Physiol. 15 : 220, 1960.*

ASTRAND, P. O.

*Text book of work Physiology.* p. 305-314-283-286-207-208-209-348-173-174-162-164-185-277-341-17-452-214. Mc. Graw Hill, 1970.

ASTRAN, I.

*Aerobic Work Capacity in Men and Women with special reference ti age.* *Act. Physiol. Scand.* 49 Suppl. 169, 1960.

ASTRAND, P. O. y RYHMING, I.

*A nomogram for calculation of aerobic capacity (Physical fitness) from pulse rate during sybmaximal work,* *J. Appl. Physiol.* 1954, 7. 218-221.

ASTRAND, P. O. y B. SALTIN, 1961

*Maximal oxygen optake and heart rate in various types of muscular activity.* *J. Appl. Physiol.* 16 (16) : 977-981, 1961.

ASTRAND, P. O. y B. SALTIN, 1961

*Oxygen uptake durin the firts minutes of heavy muscular exercise.* *J. Appl. Physiol.* 16: 971, 1961.

ASMUSSEN, E., 1950

*Blood pyruvate and ventilation in heavy work.* *Acta Physiol Scand.* 1950, 20 133-136.

ASMUSSEN, E. y BÖJE, O., 1945

*Body temperature and capacity for work.* *Acta Physiol Scand.* 10/1-22 referencia tomada de: Kao F.F. 1962 en "the regulation of human respiration". D. J. C., Cunningham B.B. Lloyd Pp 461-502.

ASMUSSEN, E. y NIELSEN, M.

*Studies on the initial changes in respiration at the transition from rest to work and from work to rest.* *Act. Physiol. Scand.* 16-270-85-1948.

ASMUSSEN, E. y NIELSEN, M.

*Physiological dead space and alveolar gas pressures at rest and during muscular exercise.* *Acta Physiol. Scand.* 38:1, 1956.

ASMUSSEN, E. y NIELSEN, M.

*Comportement respiratoire au cours de l'exercise musculaire en L'exploration fonctionnelle pulmonaire* 1964, Ed. Flammarion.

BARACH, J. H.

*The energy index.* *J. AMA* 62, II, 14, 1914 citado en Mathews, *Physiology of muscular activity* Ronal Press N. Y., 1964.

BARGER, A. C.; RICHARDS, V.; METCALFE, J., y GUNTHER, B., 1956

*Regulation of the circulation during exercise. Amer. J. Physiol* 184: 613-623, 1956.

BAHNSON, E. R.; HORVATH, S. M. y COMROE, H. H., Jr., 1949

*Effects of active and passive limb. movements upon respiration and O<sub>2</sub> consumption in man J. Appl. Physiol.* 1949, 2, 169. citado p. 328 de *L'exploration fonct. pulm. Ed. Flam.* 1964.

BARRINGER, T. B., 1917

*Studies in the Hearts Functional Capacity.* p. 102. En *Classical studies on physical activity*(1968) Ed. Roscoe C. Brown.

BATES, D. V.

*Measurement of Regional ventilation and blood flow distribution. Handbook of Physiology Sec 3, Resp. Vol. II.* p. 1425. American Physiological Society. Washington, D.C. 1965.

BATES, D. V. y PEORCE, J. F.

*The pulmonary diffusing capacity: a comparison of methods of measurement and a study of the effect of body position. J. Physiol.* 132:232-238 (1956).

BENEDICT, F., 1913

*Muscular work: A metabolic study with special reference to the efficiency of the human body as machine. Carnegis Inst. Wash. Publ.* 1871 1913. Referida por Asmussen en *Handbook of Physiol Respi. II.* p. 952.

BERGGREN, S. M.

*O<sub>2</sub> deficit of arterial blood caused by non ventilating parts of the lung. (Act. physiol. Scand.* 1942, 4, Suppl. 11. Citado en *L'exploration fonct. pulm. Ed. Flam.* p. 328, 1964.

BESSOU, P., DESJOURS, P. y LAPORTE, 1959

*Efectos ventilatorios reflejos de la estimulación de fibras aforantes de gran diámetro de procedencia muscular. Comp. Rend. Soc. Biol. Paris.* 153/477-481.

BENEGORD, S.; HOLMGREN, A. y JOUSSON, B., 1963

*Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise with special response to stroke volume and the influence of body position. Acta Physiol. Scand.* 57:26-50, 1963.

BEVEGARD, S. y J. T. SHEPHERD, 1967

*Regulation of the circulation during Exercise in Man. Physiol. Rew.* 47:178, 1967.

BEVEHARD, S., 1962

*Studies on the regulation of the circulation in Man. Acta Physiol. Scand.* 57 (Suppl. 200) 1962.

BENGTSALTIN y PER OLOF ASTRAND, 1967

*Maximal veygen uptake in athletes. J. Appl. Physiol. 23(3): 353-358, 1967.*

BINKHORST, R. A., y P. van LEEUWEN, 1963

*A rapid Method for the Determination of Aerobic Capacity. Intern 2. Augew. Physiol 19:459, 1963.*

BRAUNWALD, E. y cols, 1967

*An analysis of the Cardiac Response to Exercise. Circulation. Res. 20 and 21:44. 1967.*

BROUHA, L.

*The step-test: A simple method of measuring physical fitness for muscular work in young men. Res Quaterty 14-III-1943.*

BROHUA, L. y NORMAL, W. F.

*"Studies in Physical efficiency of College Students". Res Quart. 15 - X, 1944.*

BRUCE, R. A. F. y cols, 1951

*Evaluation an significance. Study of patients with cardiovascular orpulmonary diseases. Arch. Ind. Higy. 4:236-53-1951, de C. T. M. DAVIES, H. Appl. Physiol. V. 24, núm. 5 - May - '1968, p. 700.*

BOCK, A. V.; C. VANCAULAERT; D. B., DILL; A. FOLLING y L. M. HURXTHAL, 1928

*Studies in muscular activity. The "steady state" and the respiratory quotient during work. P. Physiol, London, 66:162-174, 1928.*

BOOKWALTER, Karl W.

*Test Mannal for Indiana. University Motor Fitness Indices for High School and College Men. Research Quart. Vol 14, núm. 4, December, 1943.*

BOTTIN, R. y cols. 1968

*Mesures comparées de la consommation, maximum d'O<sub>2</sub> par palier de 2 ou de 3 minutes. Int. 2. angew. Physiol. einsch. Arbeitsphysiol. 26, 355-362, reproduc. en francés. 1968.*

CAMPBELL, W. R.

*An introduction to test and measurement in Physical Education. 1967, Ed. G. Bell and Sons, London.*

CARLSON, H. C.

*"Fatigue Curse test". Res. Quart. 16-X-45.*

CHAYLLEY-BERT y F. PLOS, 1962

*Ed. J. B. Baillièrre et Fils. Paris. pag. 330-333. Título: Physiologie des activités physiques.*

CHRISTENSEN, E. H., 1932

*Arbeits physiologie* 1932, 5, 463. Tomado de DURAND, en *L'exploration fonctionelle pulmonaire*. Ed. Flammarion, 1964. p. 329.

CLARKE, H. Harrison

*Application of measurement to Health and physical education*. 2<sup>nd</sup> print., Prentice Hall, Inc. New York, p. 176, 1953.

COHN, J. E. y cols., 1953

*Maximal diffusing capacity for the lung in normal male subjects of different ages*. *J. Appl. Physiol.* 1953, 6, 588.

COMFORM, 1972

*Catálogo de Comform*. Ingenjörsfirma comform desing AB. Box. 20 60. Helsingborg (Sweden)

COMROE, H. J. (1944)

*The hiperpnea of muscular exercise* *Physical Review* 24/319-339. Tomado de: Dejours, P. (1963): *The regulation of breathing during muscular exercise in man. A neuro-humoral theory*. Cunnhingham, B. B. Lloyd, p. 535-547.

COMROE, 1944

*O<sub>2</sub> tension of arterial blood and alveolar air in normal human subjects*. *Am. J. Physiol.* 1944, 142, 700. Citado en *F. de la respiración*. Ed. Interamericana 1967 y por Asmussen p. 329 de *L'exploration fonct. pulm.* 1964.

COMROE, 1967

*Fisiología de la Respiración*. Ed. Interamericana. Cap. 19, 1970.

COMROE, J. H., 1967

*Fisiología de la respiración* (p. 197-204). Ed. Interamericana, 1967.

COMROE y cols., 1943

Citado por Dejours, P., 1963. *The regulation of breathing during muscular exercise man. A neuro-humoral theory the regulation of human respiration*. D. J. C., Cunnhingham, B. B., Lloyd, Pp 535-547.

COURNAND y cols., 1945

*L'Exploration de la fonction pulmonaire par le catheterisme cardiaque*. Citado por H. Denolin. pag. 647 en *L'exploration fonctionelle pulmonaire*, 1964. Ed. Flammarion.

COURNAUD, A. y Cols., 1954

*The oxygen cost of breathing* *Tr. A. Am. Physicians*, 47, 162, 1954. Citado en *L'exploration* pag. 328, Ed. Flam. 1964.

CRAIG, Albert B. Jr., 1960

*Maximal work of one breathing cycle. J. Appl. Physiol.* 15(6): 1098-1100, (1960).

CRAIG, F. N. y CUMMINGS' E. G., 1960

*Breathing in brief exercise. J. Appl. Physiol. T.* 15(4) pag. 583-88 (1960).

CRAIG, F. N.; E. G. CUMMINGAND y W. V. BLEVINS, 1963

*Regulation of breathing at beginning of exercise. J. Appl. Physiol.* 18: 1183-1187, 1963.

CRESCITELLI, F. y C. TAYLOR

*"The lactate response to exercise and its relationship to physical fitness" en Classical studies on physical activity. p. 72 y sig. Ed. Roscoe C. Brown, 1968.*

CURETON, T. K., 1951

*Physical Fitness of Champion athletes. Univ. of Illinois Press, Urbana (Ill.) 1951. Citado por Hebbelinck, M., 1968.*

CUNNINGHAM y Cols., 1957

*The effect of a rise in the temperature of the body on the respiratory response to carbon dioxide at rest. Quart. J. Exper. Physiol., 1957. (42, 329).*

CUNNINGHAM y Cols., 1958

*The effect of intravenous infusion of noradrenaline on the respiratory response to carbon dioxide in man. Quart. J. Exper. Physiol, 1958, 43, 394.*

CURETON, T. K.

*Physical Fitness Appraisal and guidance. (St. Sons, C. U. Mesby Co. 1947).*

VAN DALEN, D.; MITCHELL, E., y BENNETT, B.

*A world History of Physical Education. New York, Prentice-Hall, Inc. 1953. p. 460.*

C. T. M. DAVIES

*Limitations to the prediction of maximum oxygen intake from cardiac frequency measurements. J. of Appl. Physiol. pp. 700. Vol. 24, num. 5, May 1968.*

DEJOURS, P., 1954

*Acquisitions recentes sur les échanges respiratoires alveolaires. J. Physiol, Paris, 46, 679-700, 1954.*

DEJOURS, P. y cols.

*Stimulus oxygene chemoreflexe de la ventilation a basse altitude chez l'homme au de repos. J. Physiol, 49, 115, 1957.*

DEJOURS, P., 1959

*La régulation de la ventilation au cours de l'exercice musculaire chez l'homme. J. Physiol. Paris, 51/163-261.*

DEJOURS, 1964

*Control of respiration in muscular exercise en Feun. W.O. y Rahn H. : Handbook of physiology Sec 3. Respiration, Vol. I, Washington, D. C. American Physiological Society, 1964. (pp. 631-648).*

DEJOURS, P.; MOUMOUZIAS, N., y TEILLAC, A., 1954

*Modifications respiratoires cardiaques et vasculaires precoces du travail musculaire. Etude d'un mecanisme reflexe. J. Physiol., Paris, 1954, 46, 334.*

DEJOURS, P. y cols., 1955

*Modifications instantanees de la ventilation au debut et a l'arret de l'exercice musculaire. Interpretation. J. Physiol. Paris, 1955. 47, 155.*

DEJOURS, P.; MITHOEFER, J. C. y TEILLAC, A., 1955

*Essai de mise en évidence de chémorecepteurs veineux de ventilation. J. Physiol. Paris, 47/160-163.*

DEJOURS, P.; Larouse, Y. y TEYLLAC, 1959

*Estudio del estímulo ventilatorio propioceptivo puesto en juego por la actividad motora en el hombre. C. R. Acad. Scienc. Paris, 248/2129-2131.*

DEMBO, A. G., editor, 1963

*Traducción facilitada por el INEF procedente de "Current Research Methods in Sports Medicine". Leningrad, Medgiz, 1963.*

DENOLIN, H., 1957

*La fonction pulmonaire au cours de l'effort. (Acta belga militari, 1957) 3. 521-572, referida por Durand. pag. 795 de L'exploration Fonctionelle.*

DENOLIN, 1964

*En L'exploration de la circulation pulmonaire par le catheterisme cardiaque en L'exploration fonctionnelle pulmonaire, p. 665 (1964). Ed. Flammarion.*

DILL, D. B., 1936

*The economy of muscular exercise. Phys. Rev. 16, 263-291. Citado en Physiologie du travail. T. 1, J. Scherrer*

DIXON, M. E. y cols., 1961

*Consecuencias respiratorias de los movimientos pasivos del cuerpo. J. Appl. Physiol, 16(1)/30-34.*

W. Von DOBELN, Irma ASTRAND y Arne BERGSTROM, 1967

*An analysis of age and other factors related to maximal oxygen uptake. J. Appl. Physiol. 22(5): 934-938, 1967.*

VON DOBELN, W.

*Human standard an maximal metabolic rate in relation to fat face body mass. Act. Physiol. Scand. Suppl. 126 (1-79), 1956.*

DONEVAN, R. E. y Cols., 1962

*Influence of voluntary hyperventilation on cardiac output. J. Appl. Physiol. 17:487-491, 1962.*

DOUGLAS, G. C., 1914

*Tomado de Dejours, P. "The regulation of human respiration" D. J. C. Cunningham, B. B. Lloyd p. 535-547, 1963.*

DOYLE, 1953

*En Etude de la circulation par la methode de dilution d'un colorant, en L'exploration fonctionnelle pulmonaire, 1964 (p. 669). Ed. Flammarion.*

DUFFUER, Lee, R.; Lyle HAMILTON, y SCHMITZ, M. A.

*Efecto de la vibración vertical de todo el cuerpo sobre la respiración en humanos. J. Appl. Physiol. 17(6):913-916, 1962.*

ELBEL, E. R.

*Comparison of certain test of physical fitness and certain bodily measurements. J. Appl. Physiol. 12,37, 1958.*

EKBLOM, B., y L. HERMANSEN

*Cardiac Output in Athletes. J. Appl. Physiol. 25: 619-625, 1968.*

FLANAGAN, K.

*The pulse-ratio test. As a Measure of Athletic endurance in Sprint running. Suppl. to. Res. Quart. X-1935.*

ERNEST, D., Michael; J. R. KENNETH; E. Hutton, y Steven M. HORVATH

*Cardiorespiratory responses during prolonged exercise. J. Appl. Physiol. 16(6): 997-1000, 1961.*

FLFISCH, A., 1959

*Les épreuves d'effort de durée moyenne chez l'homme sain poumon et coeur. 1959. 15, 883-889.*

FLANDROIS y cols., 1965

*Acción de una disminución de la actividad fusorial sobre la hiperventilación reflejada en el transcurso de la movilización pasiva. J. Physiol. Paris, 57/611-612, 1965.*

FOWLER, W. S.

*Lung function studies II. The respiratory dead space. Am. J. Physiol, 154, 405, 1948. Citado por Asmussen en L'exploration Fonct. pulmonair., p. 329, Flammarion, 1964.*

FREYSCHUSS, V. y HOLMGREN, A.

*The variation of  $D_2CO$  increasing oxygen uptake during exercise in healthy ordinarily untrained young men and women. Acta. physiol. Scand. 65:193-206, 1965.*

GADERMAN, E.

*Traducido de la revista Sportarzt. Apuntes de Medicina Deportiva. Vol. VIII, 6-1971.*

GALLAGHER, J. y BROUHA, L.

*A simple method of testing the physical fitness of boys. Res. Quart. 14 - III - 1943.*

GALLEGO, A. y cols.

*Análisis estadístico de la influencia de algunas maniobras respiratorias sobre la frecuencia cardiaca. XI, Reunión Nacional de la S. E. de C. Fisiológicos, Madrid, 1968.*

GALLETTI, P. M. y cols.

*L'état d'équilibre des échanges respiratoires pendant l'exercice musculaire. J. Physiol., 48, 548-553. Paris, 1956.*

GALLETTI, P. M.; P. HAAB, y A. FLEISLM, 1956

*Análisis formal de los casos de adaptación y recuperación de la ventilación en el ejercicio muscular. Helv. Physiol. et Pharmacol. Acta. Tomo 14, pag. c20-c22, 1956.*

GALLETTI, P. M., 1959

*Exchanges respiratoires de l'exercice musculaire. Helv. Physiol. et Pharmacol. Acta. Tomo 17, pag. 34-61, 1959.*

GASSFORD y cols.

*Comparison of maximal oxygen uptake values determined by predicted and actual methods. J. Appl. Physiol, 20(3) (509-513), 1965.*

N. V., GODART

*Manua de Instrucciones y descripción de la Bicicleta ergómetro de Lanooy. Lausana, 1969.*

GRODINS, F. S.

*Analysis of factors concerned in regulation of breathing exercise. Physiol. Rev. 30/220-239, 1950.*

HARRISON, W. G.; CALHOUN, J. y HARRISON, T.

*Afferent impulses as a cause of increased ventilation during muscular exercise. Am. J. Physiol* 1932, 100, 68.

HACKENSMITH, Charles W.

*History of Physical Education. New York, Harper and Row Publishers, 1966.*

HALDANE y cols.

*The regulation of the lung-ventilation. J. Physiol.* 32/225-266, 1905. Tomado de: Dejours, P., "The regulation of human respiration", D. J. C. Cunningham, B. B., Lloyd Pp 535-547, 1963.

HEBBEHINCK, M., 1968

*La ergometria nelle ricerche sull'allenamento fisico. Medicina dello Sport.* V-21, num. 2, 1968.

HEDMAN, R., 1957

*The available Glycogen in Man and the connection between Rate of Oxygen intake and Carbohydrate Usage. Acta Physiol Scand.* 40:305, 1957.

HENRY, F. M.

*Aerobic Oxygen consumption and alactic debt in muscular work. Tomado del libro de Roscoe C. Brown, Jr. "Classical studies on physical activity", p. 82. Ed. Prentice-Hall, Inc. N. Jersey, 1968.*

HERMANSEN, L.; y K. L., ANDERSEN

*Aerobic work capacity in young norwegian men and women. J. Applied. Physiol,* 20, 425-31, 1965.

HERMANSEN, L., y B. SALTIN, 1969

*Oxygen uptake during maximal Treadmill and Bicycle exercise. J. Appl. Physiol,* 26:31, 1969.

HILL, A. V.

*Muscular exercise, lactic acid and the supply utilization of Oxygen. Original en "Classical studies on physical activity", de Roscoe C. Brown, Jr., Ed. Prentice-Hall, Inc. N. Jersey, 1968.*

HOLMGREN, A. y LINDERHOLM, M., 1958

*Oxygen and carbon dioxide tensions of arterial blood during heavy and exhaustive exercise. Acta Physiol Scand,* 44, 203, 1958.

HOLMGREM, A.

*On the variation of  $D_L$ , CO with increasing oxygen uptake during exercise in healthy trained young men and women. Acta Physiol Scand.* 65: 207-220, 1965

HOLMGREN, A., 1967

*Cardiorespiratory determinants of cardiovascular fitness. Can. Med. J. 96: 697-702, 1967.*

HOLMGREN, A. y cols.

*Physical working capacity in cases of mitral valvular disease in relation to heart volume, total amount of hemoglobin and stroke volume. Acta Physiol. Scandinav. 44, 203-215, 1958.*

HOLMGREN, A. y P. O., ASTRAND, 1966

*D<sub>2</sub> and the dimensions and functional capacities of the O<sub>2</sub> transport system on humans. H. Appl. Physiol. 21: 1463, 1966.*

HORWALD, H., HANSELMANN, E., y JUCKER, P., 1971

*Comparative study on the determination of aerobic powers. Comunicación presentada en la Reunión del I.C.S.PFT en Macolin (Suiza), 1971.*

HUGH-JONES, P.

*A simple standard exercise test and its use for measuring exertion dyspnoea. British Medical Journal, 1, 65-71, 1952.*

HUTT, B. K. y cols.

*Influencia de varias intensidades de movimiento pasivo en las extremidades sobre la respiración y consumo de O<sub>2</sub> en el hombre. J. Appl. Physiol., 12(2)/279, 1958.*

ICSPFT

*Publicaciones de los Meetings del Internacional Committee on the Standardization of Physical Fitness tests, 1968, 69-70-71.*

JAEGER, Erich, Co.

*Bicicleta ergómetro. Catálogos. 87, Wuerzburg (Main.). Alemania.*

JOKL, E.

*Capítulo: Physical Fitness in Health and disease, del libro "Heart and Sport", Ed. Charles C. Thomas, 1964.*

M. KALTENBACH, 1968

*Beurteilung der Leistungsreserven mit Hilfe von Stufenbelastungen. Boehringer, Mannheim, 1968.*

KAO, F. F.

*An experimental Study of the pathways involved in exercise Hyperpnoea employing Cross-circulation techniques, en: "The regulation of human respiration", D. J. C., Cunningham, B. B. Lloyd, p. 461-502, 1962.*

KAO

KAO, F. F.; Schlig, B. B. y BROOKS, C. Mc. C

*Regulation of respiration during induced muscular work in decerebrate dogs. J. Appl. Physiol, 7:379-386, 1955.*

KARPOVICH, P.

*Physiology of muscular activity; p. 238-285-22 145. 6<sup>a</sup> ed., Saunders Co., Filadelfia, 1966.*

KASCH, F. W. y cols., 1966

*A comparison of maximal oxygen uptake by treadmill and step-test procedures. J. Appl. Physiol, 21:1387, 1966.*

KRAUS, H. y HIRSCHLAND, R.

*"Minimum muscular fitness tests in school children", Research Quarterly, 25:178, 1954.*

KASCH, F. W. y cols.

*A comparison of maximal oxygen uptake by treadmill and step-test procedures. J. Appl. Physiol, 21:1387, 1966.*

KRAHL, V. E.

*Anatomy of the mammalian lung. Handbook of Physiology Sec 3, Respiration, Vol. I. p. 213. American Physiological Society, Washington, D. C., 1964.*

KROGH, A. y LINDHARD, J.

*The regulation of respiration and circulation during the initial stages of muscular work. J. Physiol. 47, 112; 1913.*

KROGH, A. y LINDHARD, J.

*On the average composition of the alveolar air and its variations during the respiratory cycle. J. Physiol. 47:431, 1914.*

HEBBELINCK, M.

*La ergometria nelle ricerche sull'allenamento fisico. Medicina dello Sport, Vol. 21, num. 2, Feb., 1968.*

LARSON, L. A.

*Some findings resulting from the army air forces physical training program. REsearch, Quart, Vol. 17, num. 2, May, 1946.*

LEGIDO; JORDA, J.; DURANS, J. M. y ORIOL, A.

*Efectos del Ritmo, duración y altura del escalon en los resultados obtenidos con el test de Harvard. Actas de la Reunión Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas, Valencia, 1967.*

LEGIDO, J. C. y J. JORDA, 1968

*Estudio de los resultados obtenidos con el step-up-test, en relación a talla, peso, CV, e I. de Sphel. Actas de la XI Reunión Nacional de la Sociedad Española de Ciencias Fisiológicas, Madrid, 1968.*

LEGIDO, J. C. y ALVARO-GRACIA, J. M.

*El metabograma de esfuerzo como índice de aptitud física. (Memoria presentada a la D.N.D.E.F.), 1967.*

LILIENTHAL y Cols., 1946

*An experimental analysis in man of the oxygen pressure gradient from alveolar air to arterial blood during rest and exercise at sea level and at altitude. Am. J. Physiol. 147, 199; citado en p. 329 de L'exploration fonctionnelle resp.*

LINROTH, K.

*Physical working capacity in conscripts during military service. Its relation to some anthropometric data. Methods to assess individual physical capability. Acta med. scandinav. 161 suppl. 324: 130, 1957.*

LUCHERINI, T. y CERVINI, G.

*Medicina dello Sport. p. 496, p. 180-182-496-507-508-509-512-513-992. Ed. Societa Editrice Universo, Roma, 1960.*

LUNDGREN, N. J. P. (1946)

*The physiological effects of time schedule work on lumbar workers. Acta Physiol. Scand. 13 (suppl. 41) 1-137. Tomado de Kao, F. F., 1962. "The regulation of human respiration", D. J. C. Cunningham B. B. Lloyd, 461-502.*

LUNDIN, G. y G. STRÖM, 1947

*The concentration of blood lactic acid in man during muscular work in relation to the partial pressure of oxygen of the inspired air. Acta Physiol. Scand. 13: 253-266, 1947.*

MADEHOVA, K. y cols.

*Variaciones individuales en el consumo metabólico durante ejercicios estandar: efectos de edad, alimento, sexo y raza. J. Physiol. T. 121, p. 225-31, 1953.*

MARITZ, J. S.; J. F., MORRISON, J. PETER; N. B., STRUDOM, y C. H. WYNDHAM

*A practical method of estimating an individual's maximal oxygen intake. Ergonomics 4:97-122, 1961.*

MASTER, A. M. y ROSENFDD, I.

*Criterion for the clinical application of the "twsteps" exercise test. Obviation of false-negative and false-positive responses. J. A. M. A., 178, 283-289, 1961.*

**MATHEWS**

*Physiology of muscular. Activity and exercise.* Ed. Ronald press, N. Y., p. 214, 1964.

**MATHEWS, D. K.**

*Measurement in Physical Education*, 3<sup>a</sup> ed. Ed. W.B. Saunders Company, N. Y., 1969.

**MATHEWS, Donald, K.**

*The physiological basis of physical education and athletics.* p. 203-204. Saunders, Co., Phyladelphia, 1971.

**METHENY, E.; L. BROUHA, E. R., JOHNSON, y W. M. FORBES, 1942**

*Some physiologic responses of men and women to moderate and strenuous exercise: a comparative study.* *Am. J. Physiol.* 137: 318-326, 1942. Tomado de: *Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women.* Ross B. J. Macnab, Patricia R. Couger, and Peter S. Taylor. *J. Applied Physiol.* Vol. 27, Num. 5, 1969.

**METHENY, E. y cols.**

*Some physiologic responses of men and women to moderate and strenuous exercise: a comparative study.* *Am. J. Physiol.* 137 (318-326), 1942.

**MICHAEL G. MAKSUD y cols.**

*Maximal  $VO_2$  ventilation, and heart rate of Olympic speed skating candidates.* *J. Appl. Physiol.* 29 (2): 186-190, 1970.

**MISSIURO, W. L., 1970**

*Traducción de la revista (separata) Wychowanie fizyczne sport; realizado por el Servicio del INEF. Título: Sobre las emociones en los momentos que preceden a la salida deportiva.*

**MICHAEL G. MAKSUD, Ronald L. WILEY; Lyle HAMILTON, y Barbara LOCKHART.**

*Maximal  $VO_2$  ventilation, and heart rate of Olympic speed Skating candidates.* *J. Appl. Physiol.* Vol. 29, num. 2, 1970.

**G. MILIC-EMILI y J. M. PETIT**

*Eficiencia mecánica de la respiración.* *J. Appl. Physiol.* T. 15(3) p. 359-362, 1960.

**MITCHELL, Sproule and Chapmann**

*The physiological meaning of the maximal oxygen intake test.* *J. Clin. Invest.* 37 (538-546), 1958.

**MONTOYE, H. J. y cols.**

*Study of the longevity and morbidity of college athletes.* *J. A. M. A.*, 162:1132, 1956.

MORGAN, D. P., KAO, F. F., LIM, T. P. K. y GRODINS, F. S.

*Temperature and respiratory responses in exercise. Amer. J. Physiol.* 183/454-458, 1955.

MARGARIA, R. y cols.

*The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. Am. J. physiol.* 106, 689, 715, 1933. Reproducción íntegra en: *Classical studies on physical activity*. Ed. Roscoe C. Brown y Prentice-Hall, Inc. N. J., 1968.

MARGARIA, R.; P. AGHEMO, y E. ROVELLI .

*Indirect determination of maximum O<sub>2</sub> consumption in man. J. Appl. Physiol.* 20:1070-73, 1965.

MARGARIA, R. y cols.

*The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid. Reproducido en: Classical studies on physical activity. Ed. Roscoe, C. Brwon y Prentice-Hall, Inc. N.J., 1968.*

METABO

*Catálogos de la Fábrica Metabo. Epalinges (Suiza), 1966.*

MOREHOUSE, L. E.

*Fisiología del ejercicio. El Ateneo, Buenos Aires, pag. 275, 1969.*

NIELSEN, M., 1938.

Referencia en: Kao F. F. (1962). *An experimental study of the pathways involved in exercise hyperpnea employing cross-circulation techniques en "The regulation of human respiration". D. J. C., Cunnhingham, B.B. Lloyd, Pp 461-502.*

NAGLE, F. J. y cols

*Gradational step tests for assessing work capacity. J. Appl. Physiol.* 20:745, 1965.

NIELSEN, M. y ASMUSSEN, E., 1963

*Humoral and nervous control of breathing in Exercise, en "The regulation of human respiration", D.J. C. Cunnhingham, ed. B.B. Lloyd. pp. 503-513.*

OTIS, A. B.

*The work of breathing Physiol. Rew* 34, 449. 1954.

OTIS

*The Work of breathing en "Handbook of Physiology"sec. 3. Respiration. Vol. I. p. 463, American Physiological Societes, Washington, D. C. 1964.*

OTTANI, Gerardo

*Medicina dello sport. Editor, C.S.E.F., Bologna. pag. 25 a 40. 1968.*

**PHYSICAL FITNESS MEASUREMENTS STANDARDS**

*International Committee on the standardization of Physical Fitness tests (I.C.S.P.F.T.). Volúmenes correspondientes a las reuniones de: 1967, 68, 69, 70, 71.*

PIRNAY, F. y cols.

*Diffusion pulmonaire au cours de l'exercice musculaire. Int. 2. angew. Physiol. 28-31-37, 1969.*

REUSCHLEIN, P. S.

*Effect of physical training on the pulmonary diffusing. Capacity during submaximal work. J. of Applied. Physiol. Vol. 24, num. 2, p. 152-158, año 1968.*

RAHN, H. y L. E., FARHI

*Ventilation, perfusion and gas exchange. Handbook of Physiology Sec. 3, Resp. Vol. I, p. 735. Amer. Physiol. Soc. Wash. D. C., 1964.*

RICCI, Benjamin

*Physiological basis of human performance. Respiration. p. 110. Ed. Lea-Febiger. Philadelphia, 1967.*

RICCI, Benjamin

*Experiments in the Physiology of Human Performance. Lea and Febiger, Filadelfia, 1967.*

RICCI, Benjamin

*Physiological Basis of Human Performance. Lea Febiger, Filadelfia, 1967.*

ROBINSON, S., H. T. EDWARDS, y D. B., DILL

*New records in human power science, 85:409-410, 1937. Referido por: B. Saltin y P. O. Astrand, en "Maximal oxygen uptake in athletes", J. Appl. of Physiol., 23(3): 353-358, 1967.*

ROSS, B. J., MACNAB y cols.

*Differences in maximal and submaximal work capacity in men and women. Journal of Applied Physiology. Vol. 27, num. 5, Nov. 1969.*

ROWELL, L. B. y cols.

*Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise. J. Appl. Physiol. 19, 284 (1964).*

RUSHMER, R. F., 1959

*Constancy of stroke volume in ventricular responses to exertion. Amer. J. Physiol. 196: 745-750, 1959.*

RUSHMER, R. F.

*Control of cardiac Output in T. C. Ruch and H. D. Patton (eds). "Physiology and Biophysics"; p. 644. W. B. Saunders Company, Philadelphia, 1966.*

R. F., RUSHMER, 1970

*Cardiovascular dynamics. 3<sup>er</sup> ed. p. 220-239-241. W. B. Saunders, C. Philadelphia, 1970.*

RUSHMER, Robert F.

*The cardiac output. pag. 99-110, 355-415 en "Cardiovascular dynamics" Ed. Saunders Co., 1970.*

SADOUL, P. AUBERTIN, M., DURAND, D., etc., 1958

*Etude des anomalies observées à l'effort au cours des pneumocosises. Presse médicale, 66, 1018-1021, 1958.*

SALTIN, B. y P. O. ASTRAND

*Maximal Oxygen Uptake in Athletes. J. Appl. Physiol. 23:353, 1967.*

SALTIN, B. y cols.

*Maximal oxygen uptake and cardiac output after 2 weeks at 4.300 m. J. Appl. Physiol. 25, 400, 1968.*

SARGEN, D. A.

*The physical test of a man. Reproducido íntegramente en "Classical studies on physical activity". Ed. Roscoe C. Brown y Prentice-Hall, Inc. 1968.*

SCHENONE, P. A.

*E.C.G. in immersione e sua valutazione per l'idoneità fisica del sommozzatore. (Giornale di Igiene e Medicina preventiva) Vol. II, Fascicolo 1-2, pag. 9-14, 1970.*

SCHERRER, J.

*Physiologie du travail. Tome I. p. 209-285. Ed. Masson, Paris, 1967.*

SCHENIDER, Edward C., 1920

*A cardiovascular Rating, as a measure of Physical fatigue and efficienci. Reproducido en Classical studies on physical activity. Ed. Roscoe, C. Brown y Prentice-Hall, Inc. 1968.*

SHEPHARD, R. J.

*A new progressive step test for prediction of maximal oxygen consumption. Federation proceedings, V. 25, num. 2, march, april, 1966.*

STENBERG, J.; P. O. ASTRAND, B. EKBLUM, J. ROYCE y B. SALTIN

*Hemodynamic response to work with different muscle groups sitting and supine. J. Appl. Physiol, 22:61, 1967.*

SIPPLE, J. H. y R. GILBERT

*Influence of proprioceptor activity in the ventilatory response to exercise. J. Appl. Physiol. 21:143-146, 1966.*

SLOAN, A. W.

*A modified Harvard step test for women. J. Appl. Physiol. 14(6): 985-986, 1959.*

SONG, S. H.

*Mechanism of apneic bradycardia in man. J. Appl. Physiology, tomo 27, 3 pag. 323-327, 1969.*

STACY RALPH, W.; MATHEWS, D. K. y HOOVER, George N.

*"Physiology of muscular activity and exercise". Ronald press company, New. York, 1964*

SNEDECAR, G. W.

*Statistical methods. The Iowa, State College Press, Ames Iowa, USA, 1959.*

STENBERG, J, y cols.

*Hemodynamic response to work with different muscle groups, sitting and supine, J. Appl. Physiol, 22:61, 1967.*

TAYLOR, H. L.; BUSKIRK, E., y HENSCHER, A.

*Maximal oxygen intake as an objective measure of the cardio-respiratory performance. J. Appl. Physiol, 8 (73-80), 1955.*

TURNER, J. M.

*Elasticity of human lungs in relation to age. J. Appl. Physiol, 25:664, 1968.*

TUTTLE, W. W. y DICKINSON, R. E.

*A simplification of the pulse-ratio, technique for rating physical, efficiency and present condition. Res. Quaterly, 11-V, 1938.*

TUTTLE, W. W.

*The use of the Pulse-Ratio test for rating physical efficiency. 1931, Research Quaterly. Reimpresión: en la pag. 121, de "Classical studies on physical activity. Ed. Roscoe C. Brown y Prentice-Hall, Co., 1968.*

TUTTLE, W. W.

*The use of the Pulse-Ratio, test for rating Physical efficiency. Res. Quart. 2-V-1931.*

ULMEANN, FL C.

*Medicina de la Cultura Física. Ed. Pax México, capítulos II, IV y V, 1969.*

**E. VAN THIEL**

*Etude de la circulation par la méthode de dilution d'un colorant. En L'exploration fonctionnelle pulmonaire.* p. 665. Ed. Flammarion, 1964.

**VISSCHER, M. B. y JOHNSON, J. A.**

*The Fick principle: analysis of potential errors in its conventional application. J. Appl. Physiol. 5:635:638, 1953.*

**DE VRIES, Herbert, A.**

*Physiology of exercise. Num. 156, W.M.C. Brown Company Publishers, Iowa, 1966.*

**WANG, Y. y cols.**

*The effects of changes in posture and of graded exercise on stroke volume in men. J. Clin. Invest. 39:1051-1061, 1960. Citado en: R. F. Rushmer, "Cardiovascular dynamics", p. 241 y 243. N.Y., W.B. Saunders, 1970.*

**WASSERMAN, K.; A. L. Van KESSEL y G. BURTON**

*Interaction of physiological mechanisms during exercise. J. Appl. Physiol, 20:71-85, 1967.*

**WEIBEL**

*Morphometrics of the Lung en Handbook of Physiology, sec. 3, Respiration. Vol I, p. 285. American Physiological Society, Washington, D. C., 1964.*

**WELLS, J. G. y cols.**

*Lactic acid accumulation during work. A suggested standardization of work classification. J. Appl. Physiol. 10, 51-55, 1957.*

**WILLIAN, L. Beaver y K., WASSERMAN**

*Transients in ventilation at start and end of exercise. J. Appl. Physiol, V. 25: num. 4-X, 1968.*

**WYNDHAM, C. H.; C. G. WILLIAMS, y M. Von RAHDEN**

*A physiological basis of the "optimum" level of energy capacities. Nature, 195: 1210, 1962.*

C I T A S . -

ANDRIVET, Robert

*Physiologie du Sport.* p. 86.- Ed. Presses Universitaires de France. 1969.

ASMUSSEN, E.

*Hand book of Physiology. Respiration. II. Cap. 36.-* 1965. Amer. Physiol. Soc. Wash.

ASTRAND, P. O.

*Acta. Med. Scand.* 163, 156-164.- 1958.

BALKE, B.

*J. Appl. Physiol.* 7, 231.- 1954.

BALKE, B.

1954 citado por Hebbelick, M.- 1968.

BARGETON

1967, citado p. 211, por Astrand.- 1970.

BARTELS, 1950 y 1953

Citado p. 760 a 780, por DURAND, en *L'exploration fonctionnelle pulmonaire.* Ed. Flam.- 1964.

BENEDIT y MURCHHAUSER, 1967.

Referido por P. DURAND, en pag. 799 de *L'exploration fonctionnelle respiratoire.* Ed. Flam.- 1967.

CARA, M., 1950.

Citado por DURAND, p. 760, en *L'exploration fonctionnelle pulmonaire.* Ed. Flammarion.- 1964.

BROWNELL, Clifford L.

*Physical Education.-* p. 348. Mac. Gr. Hill.- 1951.

CHRISTENSEN, E. H.; O., HANSEN, 1939.

*Skand Arc. Physiol.* 81:152-160-171; 1939. Referido en E. Assmusen. "Muscular exercise" *Hand book of Physiol. T. II., C. 36, p. 952.-* 1965.

CUNHINGHAM, D. J. C.; B. B. LLOYD

*The regulation of human respiration.-* 1962.

DURAND, D.

En *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. p. 760-775-781-783-785.- Ed. Flammarion, Paris, 1964 y reedición 1967.

ENGHOFF, H., 1938.

Citado pag. 329 de *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*, 1964.- Ed. Flammarion.

GALLEGO, A.

*Arch. F. Med.- Madrid* 7:290, 1965.

GARDNER y JACOBS, J.

1948, citado por Kao, p. 461-502, en *Cunhingham*, 1962.

GORDON, Levine y Wilmoers

1924, citado p. 69, por Astrand, P. O.- 1952.

GRAY, J. S.

1950, citado por Kao, p. 461, en *Cunhingham*, 1962.

HETTINGER, I. y cols.

*J. Appl. Physiol* 16, 153, (1961).

HOLLMANN, H.

1963, citado p. 166 y 181, en *Astrand, P. O.- 1970*.

HUIZINGA, E.

1936; citado p. 329. *Assmusen en L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. Ed. Flammarion, Paris, 1964.

ISSEKUTZ, Jr. y Cols.

*J. Appl. Physiol* 17:47, 1962.

JOHNSON, R. E.

1942; citado por Hebbelinck, M., 1968.

JOKL, E.

1947; citado en *Mathews*, 1971.

KARRASCH, K. y SCHMIDT, O.

1954; citado por Durand, p. 812 en *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. E. Flammarion. Paris, 1964.

**KELLOG**

1910; citado en Mathews, D. K., 1969.

**KROGH, A. y LINDHARD, J.**

1917, citado por Kao, p. 461, en Cunnigham, 1962.

**KURUCZ, R. L.**

Citado por Mathews, 1969.

**KOIZUMI, K. y cols.**

*Am. J. Physiol.* 200 (4)/679-689.- 1961.

**LE BOULCH, J.**

*L'education par le mouvement.* E. S. F. Paris, 1968.

**LEHMAM**

1955, en *Physiologie du Travail.* T. I. J. Scherrer, E. Masson.- 1967.

**MARTIN, E. G.**

1921, citado por Mathews, 1964.

**MARGARIA, R. y cols.**

*J. Appl. Physiol.* T. 15 (3), p. 354. 1960.

**MELLEROWICZ, H. y cols.**

1964, citado por Hebbelick, 1968.

**NIELSEN, M.**

1936, citado por Asmussen, en *L'exploration fonctionnelle pulmonaire.* p. 329; Ed. Flammarion. Paris, 1964.

**NIXON y CORENS**

1942, en p. 125 de Campbell, W. R.- 1967.

**REINDELL, H. y cols.**

Citado por Hebbelinck, M.- 1968.

**RILEY, R. L.**

1945, citado por Asmussen, p. 330 de *L'exploration fonctionnelle pulmonaire.* Ed. Flammarion. 1964.

ROBINSON, S.

1938, citado p. 87, por Astrand, P. O.- 1952.

ROGERS, Frederick R.

1925, citado en Mathews.- 1971.

ROHRER, T.

1915, citado por Asmussen, en *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*, p. 330. E. Flammarion, 1964.

ROSSIER, P. H.

1958, citado por Asmussen en p. 330 de *L'exploration fonct. pulm.*, E. Flammarion.- 1964.

SJOSTRAND, T.

1947, citado por Hebbelinek, M.- 1968.

SJOSTRAND, T.

1953, citado por Durand, p. 814 de *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. E. Flam.- 1964 y 1967.

SPITZER y HETTINGER

1959, en p. 191 de *Physiologie du Travail*. T. I. de J. Scherrer, E. Masson.- 1967.

TIFFENEAU, R. y PINELLI, A.

1948, citado por Asmussen, p. 330 de *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. Ed. Flam.- 1964.

WADE y BISHOP

1962, citado p. 164, por Astrand, P. O.- 1970.

WAHLUND

1948, citado en *The ventilatory capacity in Healthy subjects* de Torstem, R.- p. 179. Ed. UMEA, 1966.

WEIHE, W. H.

p. 272, en *Physiologie du Travail*. de J. Scherrer, Masson. 1967.

WIESINGER, K.

1950, citado por Asmussen en p. 330, de *L'exploration fonctionnelle pulmonaire*. Ed. Flam., 1964.

WINTERSTEIN, H.

En *Dejours, P., The regulation of breathing during muscular exercise in man*. D. J. C. Cunningham, B. B. Lloyd, p. 535-547, 1963.- p. 461-502 cita a Krogh, A. y Lindhard (1917), y Gray (1950) y Gardner (1948).