

---

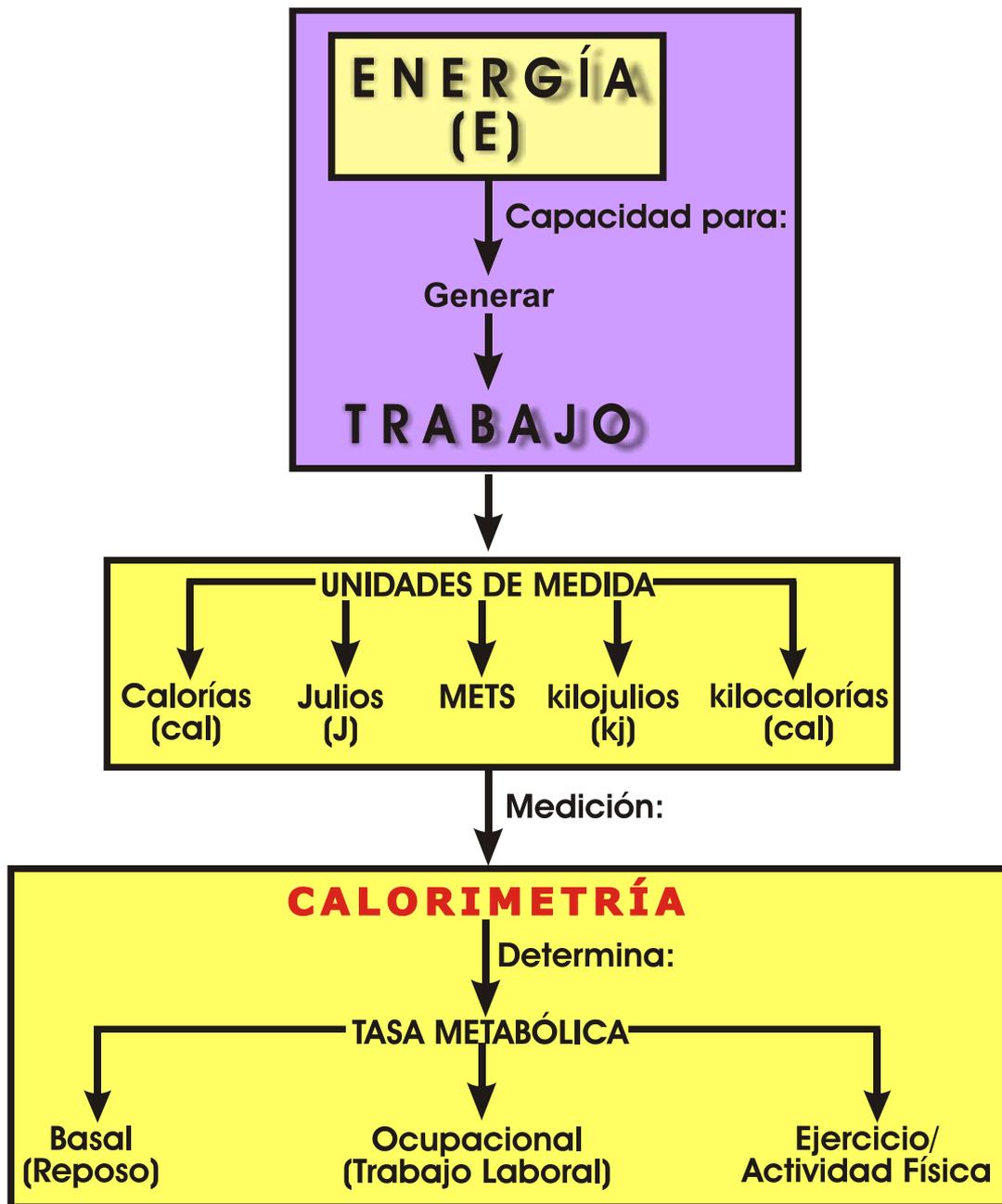
# MEDICIÓN DE ENERGÍA, TRABAJO, POTENCIA Y ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO

---

***Prof. Edgar Lopategui Corsino  
M.A., Fisiología del Ejercicio***



Saludmed 2016, por [Edgar Lopategui Corsino](#), se encuentra bajo una licencia "[Creative Commons](#)", de tipo: [Reconocimiento-NoComercial-Sin Obras Derivadas 3.0. Licencia de Puerto Rico](#). Basado en las páginas publicadas para el sitio Web: [www.saludmed.com](http://www.saludmed.com).



**CALORÍA**

Cantidad de:

**CALOR**

Requerido para:

1 gramo (g) de Agua

a:

1° C

(De 14.5 °C  $\xrightarrow{\text{a:}}$  15.5 °C)

a nivel del:

Mar

(1 ATA, o 760 mm Hg )

# CALORÍA

Calor Requerido:

H<sub>2</sub>O

1 g



↑ 1° C

a:

A nivel del Mar:



**FUERZA  
(F)**

**MASA  
(m)**

**Acelerando  
(a)**

que produce movimiento al:

**Empujar/Hala/Tirar**

Ecuación:

**FÓRMULA:**  
 **$F = m \times a$**

**TRABAJO  
(T)**

**FUERZA  
(F)**

Aplicada a lo largo de una:

**DISTANCIA  
(d)**

Ecuación:

**FÓRMULA:**  
 $T = F \times d$

UNIDADES DE MEDIDA

Kilopondio-metro  
(kpm)

Newton-metro  
(Nm)

**POTENCIA  
(P)**

**TRABAJO  
(T)**

Realizada entre:

**TIEMPO  
(t)**

Ecuación:

**FÓRMULA:**

$$P = \frac{T}{t}$$

**UNIDADES DE MEDIDA**

(*Carga de Trabajo Ergométrica*)  
○  
*Potencia Ergométrica*  
○  
*Cadencia de Trabajo*)

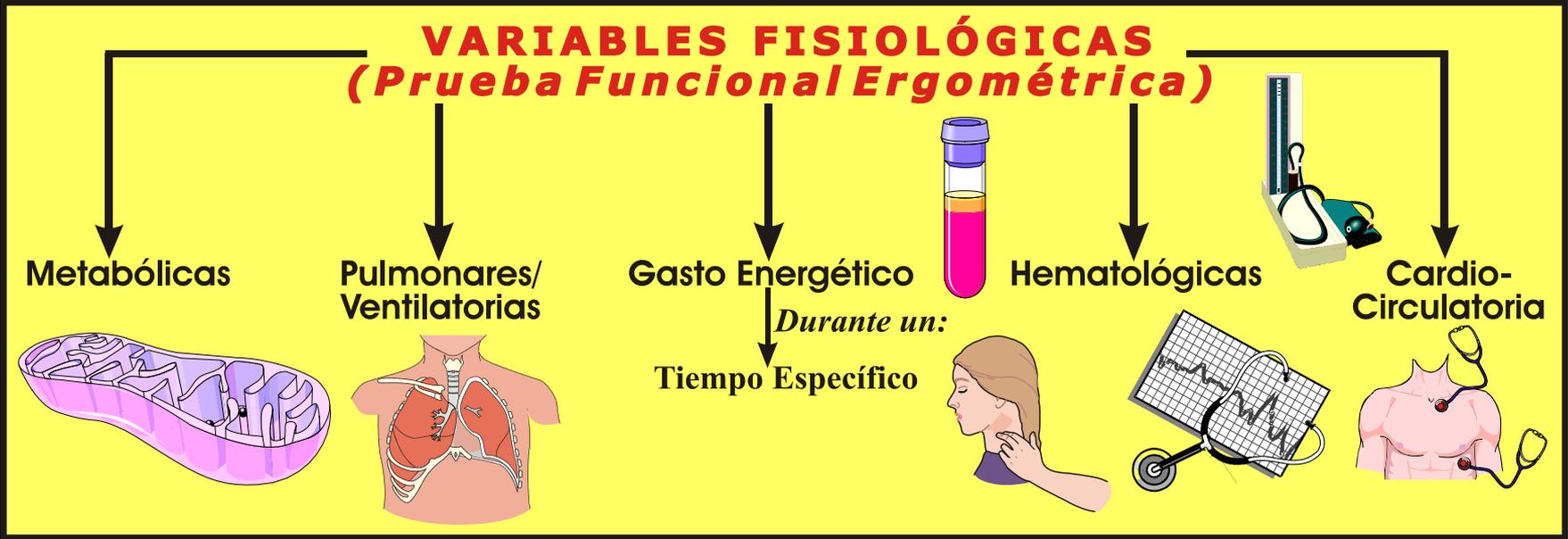
kilopondio-metro por minuto  
(kpm/min)  
(kpm · min<sup>-1</sup>)

Caballos de Fuerza  
○  
"Horse Power"  
(hp)

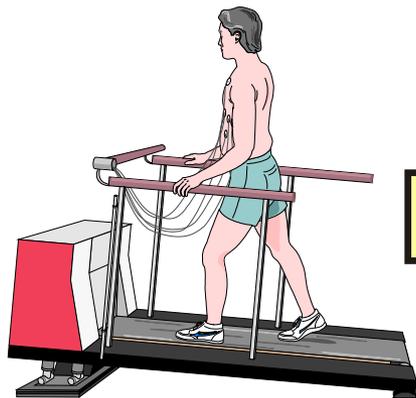
Vatio  
○  
Watt  
(w)



Donde se evalúan:



# ERGOMETRÍA



## Prueba Funcional Ergométrica

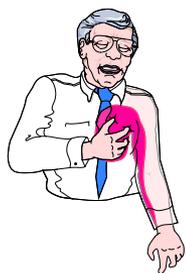
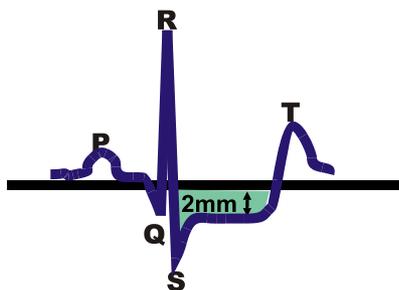
Determinación de parámetros de

RENDIMIENTO  
PULMONAR



## INDICACIONES

**Diagnóstico**  
(Confirmar Enfermedad)



**Evaluativas**  
(Capacidad Funcional)

Objetivos

Prescripción  
de  
Ejercicio

Diseño  
Entrenamiento Físico  
para Atletas

Evaluar la  
Efectividad del  
Entrenamiento  
Deportivo

**Investigativo**  
(Estudio Respuestas Funcionales/Fisiológicas)



# ERGÓMETRO

Artefacto

Mide Respuestas Fisiológicas, particularmente:

Trabajo Mecánico  
y  
Potencia Ergométrica

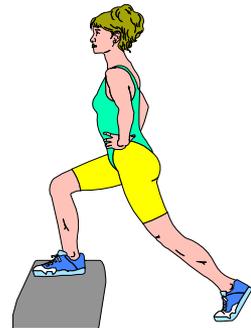
## TIPOS

### AMBIENTE AIRE

Cicloergómetro

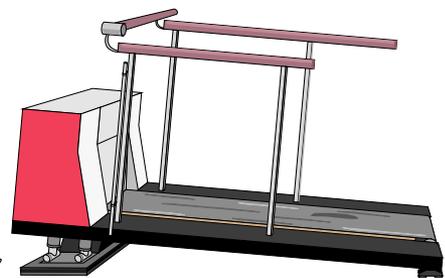


Escalón



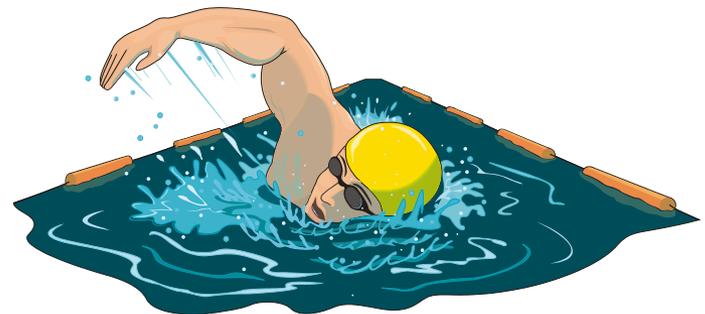
Remo-  
Ergómetro

Banda Sinfín



### AMBIENTE AGUA

Ergómetro de Brida  
(Natación Estática)



Canal de Natación

# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA

*(Medición de la Energía Metabólica Utilizada)*  
*- (Mide la Tasa Metabólica/Gasto Energético, en kcal, Julios) -*

### DIRECTA

*(Medición de la  
Producción de Calor)*  
*(Medición Directa del Calor  
Liberado por el Metabolismo)*

*(Ejemplo)*

**Cámara Calorimétrica**

### INDIRECTA

**Espirometría en  
Circuito Abierto)**

*(Medición del  
Intercambio Respiratorio  
de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>)*

**Relación del  
Intercambio Respiratorio (R)**

$$(R = \dot{V}CO_2 / \dot{V}O_2)$$

*(También se  
conoce como)*

**PROPORCIÓN DEL  
INTERCAMBIO RESPIRATORIO  
O  
COCIENTE RESPIRATORIO (CR)**

**Isótopos  
Marcadores**

**Rastrear**

**Ritmo de  
Eliminación**  
*(Orina, Saliva, Sangre)*

**Medición de  
CO<sub>2</sub> Producido**

**Convertido en  
Consumo Energético**

# CALORIMETRÍA

Medición de:

**TASA METABÓLICA**  
o  
**Consumo Energético**

**DURANTE UN ESTADO**

**Basal**  
(Reposo)

*En:*

cal   J   METS   kj   kcal

**Ejercicio/  
Actividad Física**

**VÍAS**  
**(MÉTODOS)**

*Calorimetría Respiratoria  
(Bomba Calorímetro)*

*Espirometría en Circuito Abierto*

**Calorimetría:  
DIRECTA**

**Calorimetría:  
INDIRECTA**

*Medición Real del Consumo Energético:*

*Medición Indirecta Energía vía:*

**CALOR**  
Producido/Liberado

**INTERCAMBIO RESPIRATORIO**  
( $\dot{V}CO_2$  y  $\dot{V}O_2$ )

*Medición:*

*Que resulta de la:*

**Procesos Metabólicos**  
(Respiración Celular)

**Oxidación y Combustión**  
de  
**Sustancias Nutricias**

**Energía Total Liberada**

*Medida vía:*

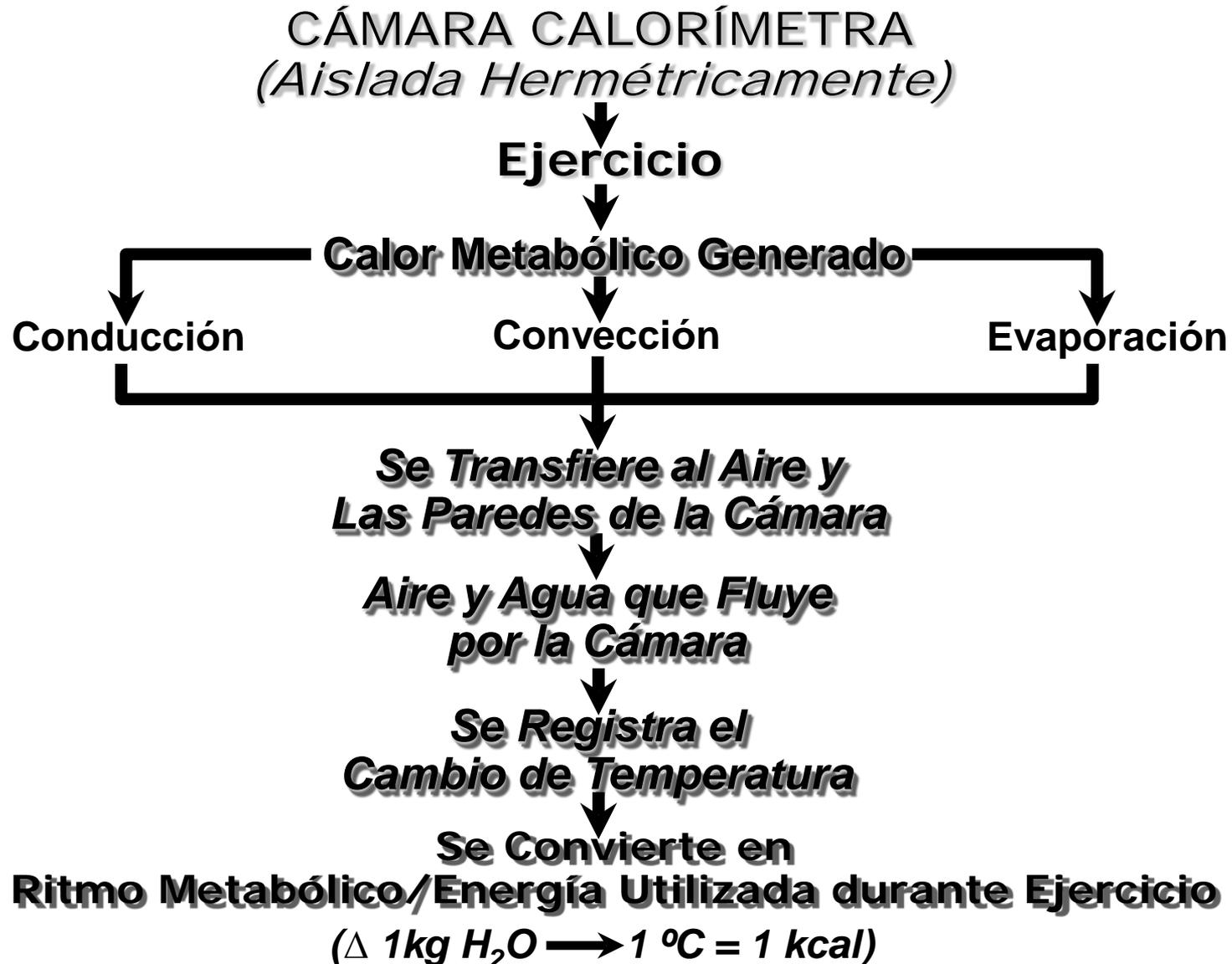
**FUNDAMENTO:**

**1 Litro de  $\dot{V}O_2 \approx 5$  kcal**

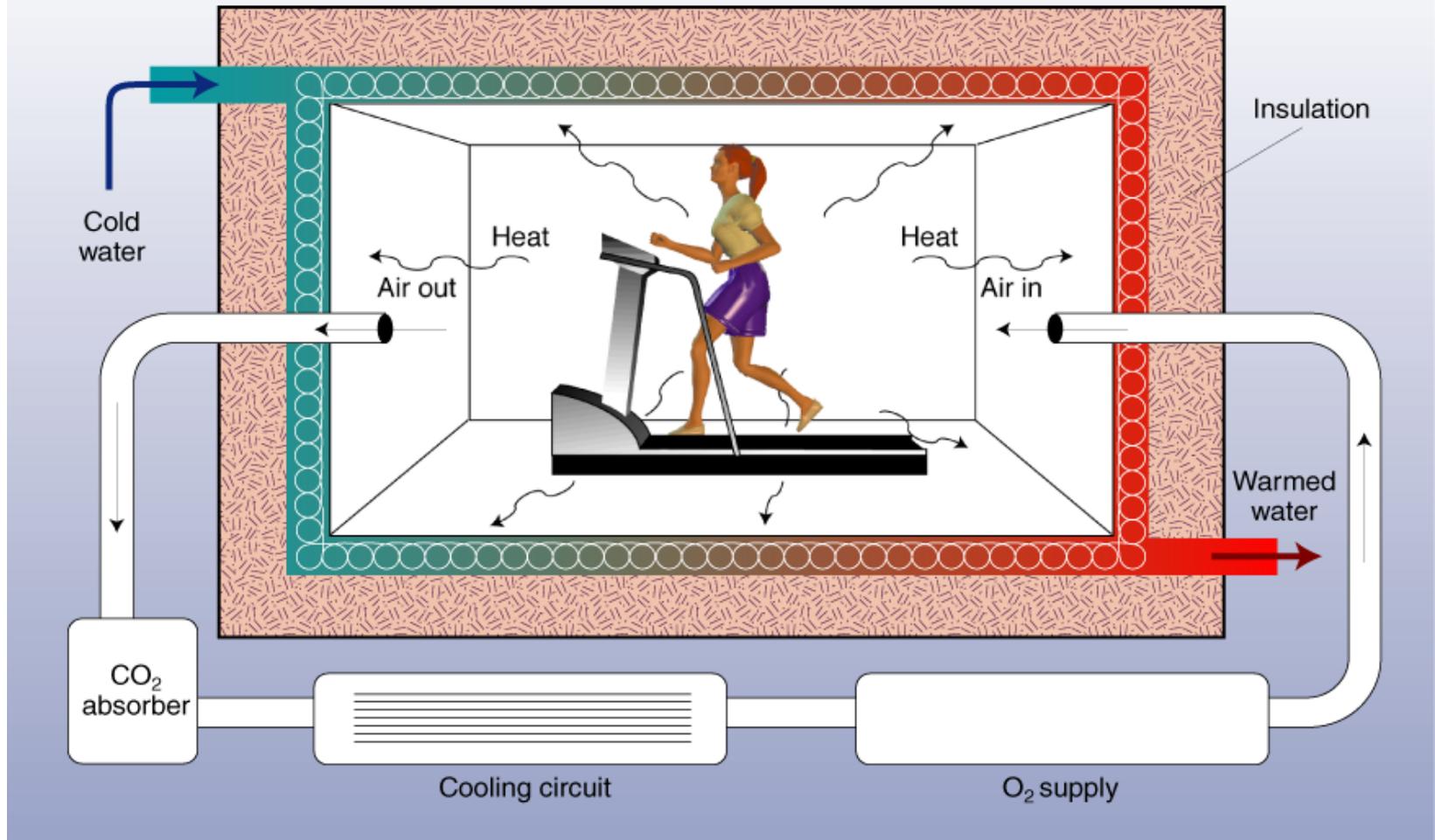
**VÍA**

Conducción   Radiación   Evaporación

# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO



# CÁMARA CALORIMÉTRICA



**NOTA.** Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 130), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# CALORIMETRÍA INDIRECTA

Espirometría en Circuito Abierto

Mide

$\dot{V}CO_2$  y  $\dot{V}O_2$

Mediante

Volumenes  
Aire

Inspirado ( $\dot{V}E$ )      Espirado

y su análisis fraccionado de:

$CO_2$  y  $O_2$

Estima/Mide:

$\dot{V}CO_2$  y  $\dot{V}O_2$

Infiere:

**GASTO ENERGÉTICO**

Estimación (Equivalencia Calórica):

1 Litro de:  $\dot{V}O_2$ ,  $L \cdot \text{min}^{-1} \approx 5 \text{ kcal}$   
(5 kca/ L  $O_2 \approx 1 \text{ L } \dot{V}O_2$ )

Proporción del Intercambio Respiratorio (CR)

Cociente Respiratorio (CR)

$$\left( \frac{\dot{V}CO_2}{\dot{V}O_2} \right)$$

**EQUIVALENTE ENERGÉTICO**

# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA INDIRECTA

↓ *(Basado en)*

**Equivalencia Energética/Calórica del**

**$\dot{V}O_2$**

↓

**Utilizado para la Oxidación de los  
Sustratos (CHO y GRASAS)**

↓ *(Se estima que)*

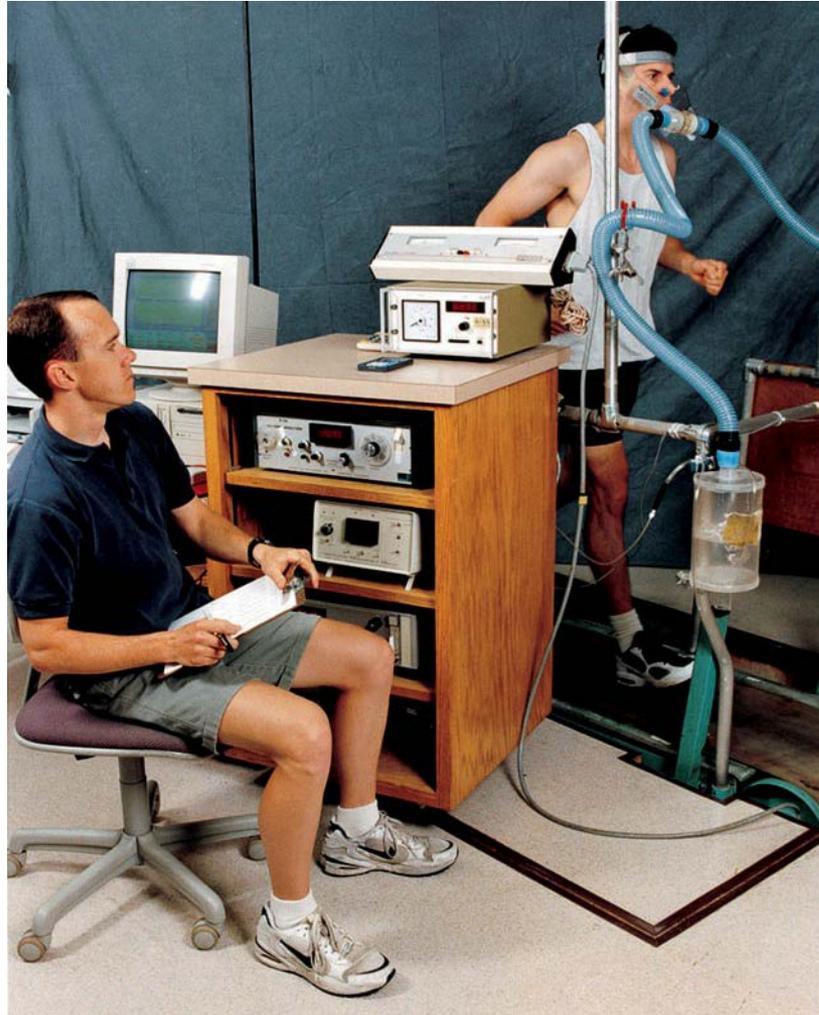
**1 Litro de  $O_2$  Consumido por Minuto  
( $\dot{V}O_2$ , L/min = 1.0)**

***Equivale Aproximadamente a:***

↓ *(Equivalencia Energética/Calórica)*

**5 kcal/min**

# MEDICIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO DE GASES



**NOTA.** Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 131), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# MEDICIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DEL EJERCICIO

## CALORIMETRÍA INDIRECTA

RELACIÓN DE INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R)

$\dot{V}CO_2$  Producido /  $\dot{V}O_2$  Consumido

Determina

Tipo de Sustrato Oxidado

*(En Fibras Musculares)*

**NUTRIENTES  
ESPECÍFICOS**

**CHO**

**Proteínas**

**Grasas**

**ALCOHOL**

**AYUNO/INANICIÓN**

**MEZCLA/DIETA MIXTA**

Combinación de

**CHO**

**Proteínas**

**Grasas**

# PROPORCIÓN DEL INTERCAMBIO RESPIRATORIO (R ó RER) o COCIENTE RESPIRATORIO (CR)



## Equivalentes Energéticos

CALORIMETRÍA INDIRECTA kcal: 1 Litro de Oxígeno		Contribución Relativa de los Sustratos Oxidados		
R ó CR	Valor Calórico (Kcal/ L O <sub>2</sub> )	CHO (%)	Grasas (%)	Proteínas (%)
1.00	5.047	100	0	0
0.85	4.862	50	50	0
0.70	4.686	0	100	0
	4.485	0	0	100

→ 4.863 → Dieta Mixta

→ 4.86 → Alcohol

→ 4.70 → Inanición  
(Ayuno)

# Equivalencia Calórica de la Proporción del Intercambio Respiratorio (RER) y el % de kcal derivado de los Hidratos de Carbono y Grasas

RER	Energía	% kcal	
	kcal/L O <sub>2</sub>	Hidratos de Carbono	Grasas
0.71	4.69	0.0	100.0
0.75	4.74	15.6	84.4
0.80	4.80	33.4	66.6
0.85	4.86	50.7	49.3
0.90	4.92	67.5	32.5
0.95	4.99	84.0	16.0
1.00	5.05	100.0	0.0

# GASTO CALÓRICO

Formas de

## Expresión

### Medidas ABSOLUTAS

$\dot{V}O_2$

$L \cdot \text{min}^{-1}$

$\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$

kcal

$\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$

### Medidas RELATIVAS

$\dot{V}O_2$

$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

METS

kcal

$\text{kcal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

# GASTO ENERGÉTICO

Expresión

**CONSUMO DE OXÍGENO**  
**( $\dot{V}O_2$ )**

Unidades de Medida

Permite Comparar Individuos  
con Diferentes Masas Corporales

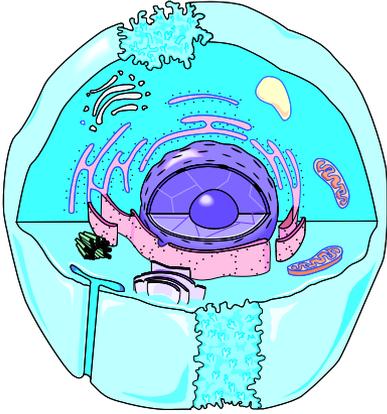
**ABSOLUTA**

$L \cdot \text{min}^{-1}$

**RELATIVA**

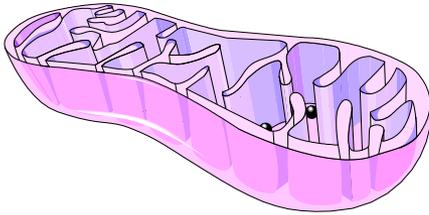
A la Masa Corporal

$\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$



**CONSUMO DE OXÍGENO  
(VO<sub>2</sub>)**

**Volumen de Oxígeno Utilizado  
por  
Mitocondrias  
(Organelos dentro Células del Cuerpo)**



Durante Intervalos de:

**1 Minuto**

A Nivel del Mar:

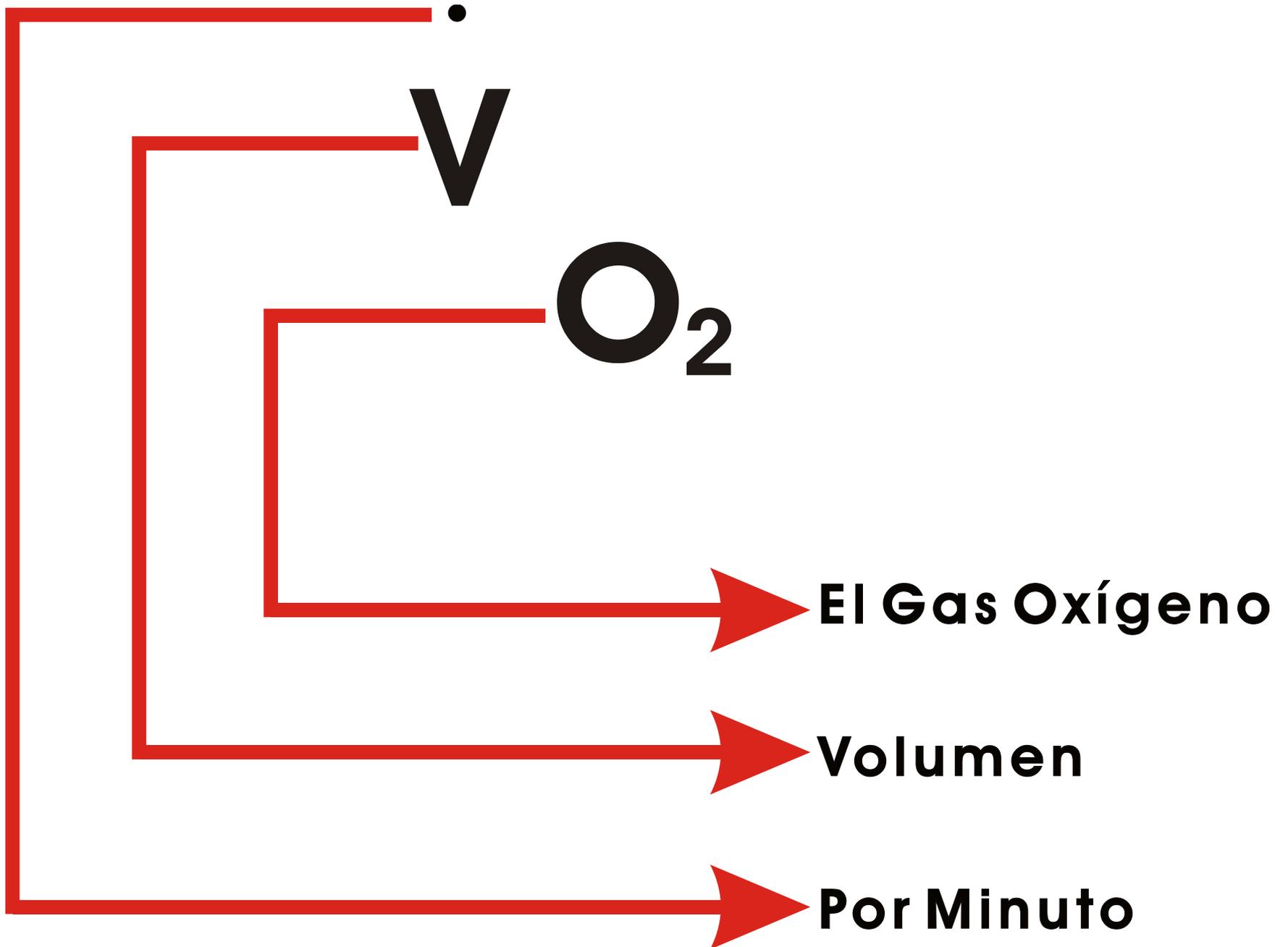


**CONDICIONES ESTANDARIZADAS  
(STPD)**

**Temperatura (T)  
(273°K ó 0°C)**

**Presión Barométrica (PB)  
(70 mm Hg ó 1 ATA)**

**Humedad Relativa (HR)  
(Seco, 0% HR,  
Ausencia Vapor de Agua)**



# CAPACIDAD MÁXIMA PARA EL EJERCICIO

CONSUMO ENERGÉTICO  
(USO DE LA ENERGÍA)

Prueba de Esfuerzo/Ergométrica

↑ **Potencia Ergométrica (Intensidad)**  
de forma Progresiva

↑ **Metabolismo**

↑  **$\dot{V}O_2$**

*Sujeto se Detiene  
Por Síntomas*

**$\dot{V}O_2$  máx  
Limitado a Síntomas**

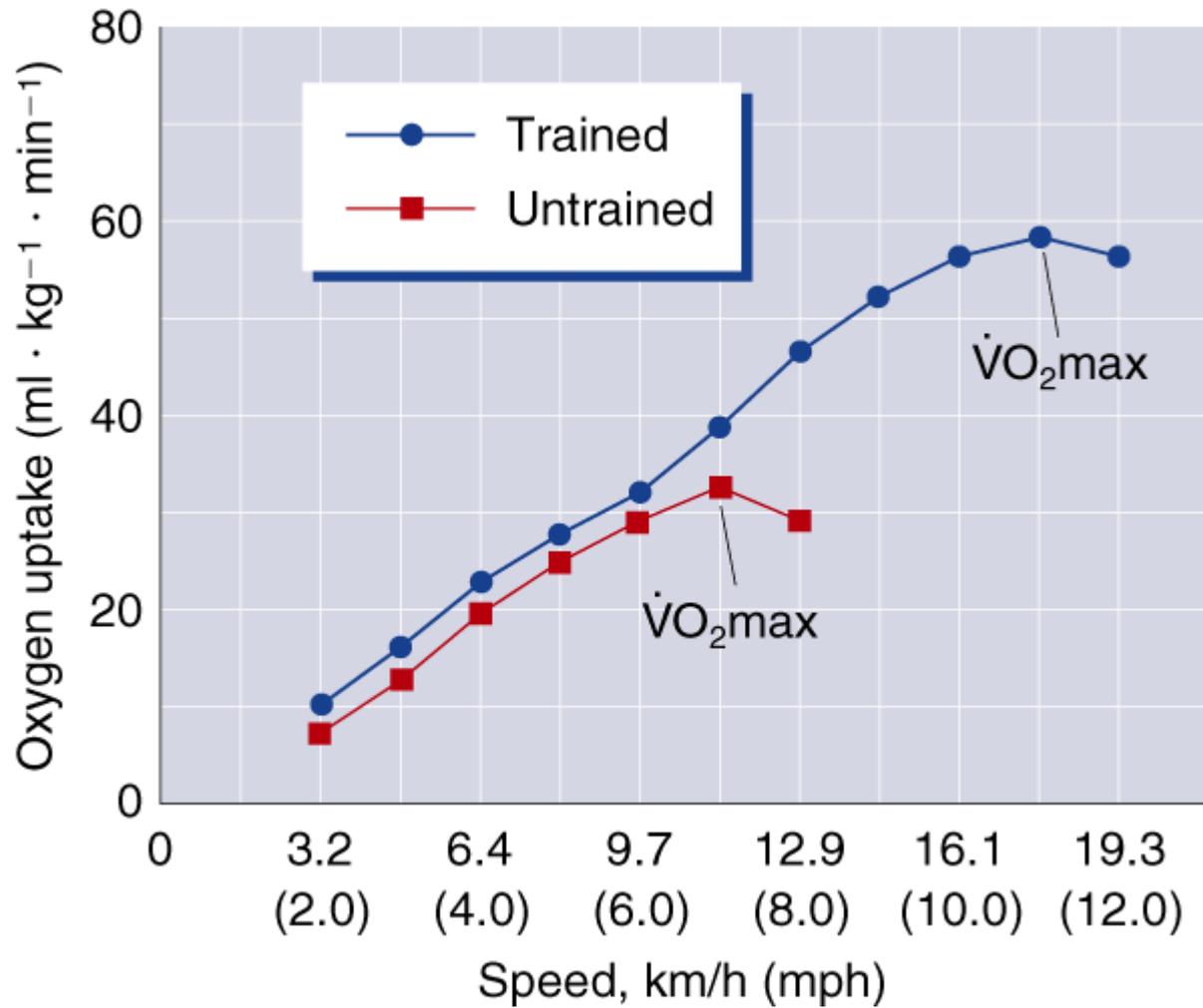
*Sujeto no Puede más  
y no hay  
Estabilización del  $\dot{V}O_2$*

*Sujeto se Detiene  
Por Síntomas*

**$\dot{V}O_2$  pico**

*Límite Máximo para  
Incrementar el  $\dot{V}O_2$*

# INTENSIDAD DEL EJERCICIO Y EL CONSUMO DE OXÍGENO



**NOTA.** Reproducido de: *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*. 5ta. ed.; (p. 142), por J. H. Wilmore, & D. L. Costill, 2004, Barcelona, España: Editorial Paidotribo. Copyright 2004 por Jack H. Wilmore y David L. Costill.

# CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ )

## CONSUMO DE OXÍGENO MÁXIMO ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ )

### FORMAS DE EXPRESARSE (VALORES)

#### RELATIVO

En relación a la  
Masa Corporal (MC):

Militilitros de  
Oxígeno Consumido  
por Kilogramos de la  
Masa Corporal por Minuto  
( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )

#### ABSOLUTO

NO Considera la  
Masa Corporal (MC):

Litros de  
Oxígeno Consumido  
por Minuto  
( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )

# CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

## CONSUMO ENERGÉTICO (USO DE ENERGÍA)

Reposo

Expresiones

Tasa Metabólica Basal (TMB)

Tasa Metabólica en Reposo (TMR)  
*(No Requiere que Duerma 8 horas)*

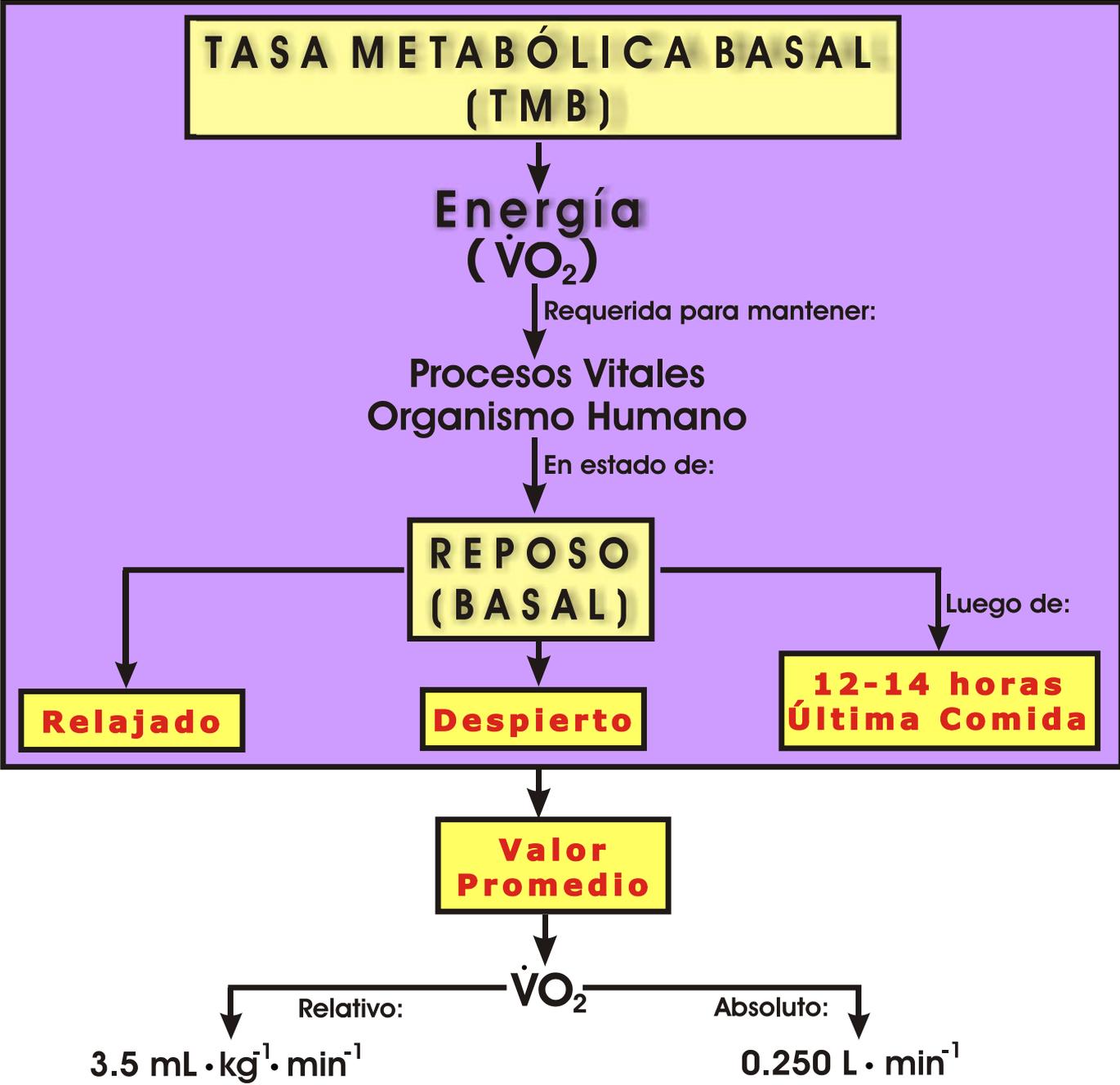
Varía:

Varía:

Promedio para  
Actividades Cotidianas Normales

1,800 – 3,000 kcal

1,200 – 2,400 kcal/día



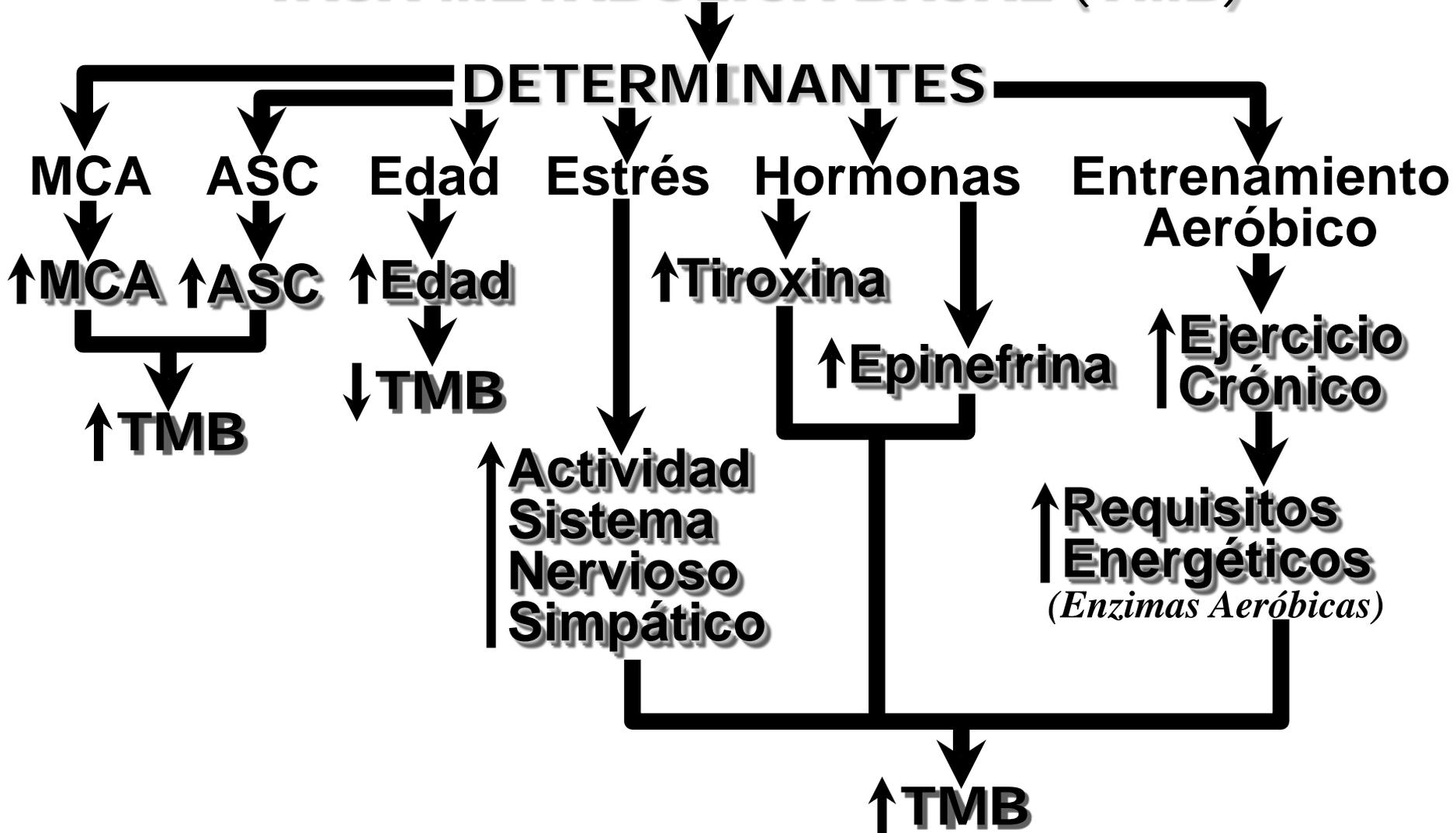
# CONSUMO ENERGÉTICO: TASA METABÓLICA

## TASA METABÓLICA BASAL (TMB)



# FACTORES QUE AFECTAN LA TMB/TMR

## TASA METABÓLICA BASAL (TMB)



# COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

## ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

### COSTE ENERGÉTICO

#### Determinantes

**TMB:**  
Energía Requerida  
en Reposo

Energía Requerida  
en las  
Actividades Físicas  
Diarias

**Total del  
Coste Energético**

# COSTE ENERGÉTICO DE VARIAS ACTIVIDADES

## ACTIVIDADES FÍSICAS/EJERCICIO

### COSTE ENERGÉTICO TOTAL DIARIO

#### Determinantes

Nivel de  
Actividad Física  
y Ejercicio

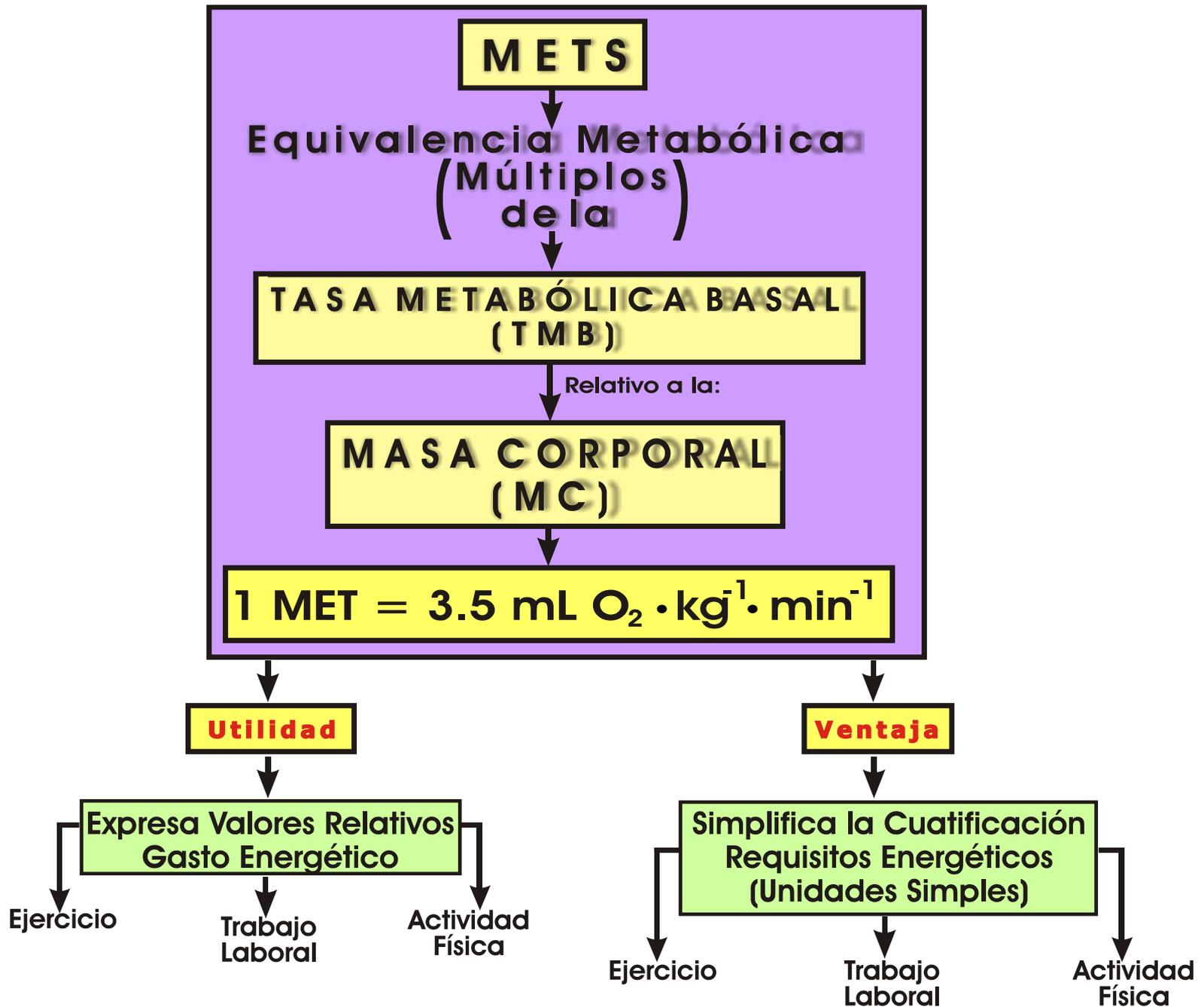
Edad

Género  
(Sexo)

Tamaño  
Corporal

Masa  
Corporal

Composición  
Corporal



# METS (Equivalencia Metabólica)

Medida Energética Relativa a la Masa Corporal

Múltiplo  
de la

**TASA METABÓLICA BASAL (TMB)**  
**( $\dot{V}O_2$  en Reposo:  $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )**

es igual a (1 MET)

**3.5 mL de  $O_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$**   
**(Promedio de la TMB)**