



*Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos"*

*Facultad de Ciencias Económicas e Informática*

*Departamento de Ingeniería Industrial*

# *Tesis en opción al título de Ingeniera Industrial*

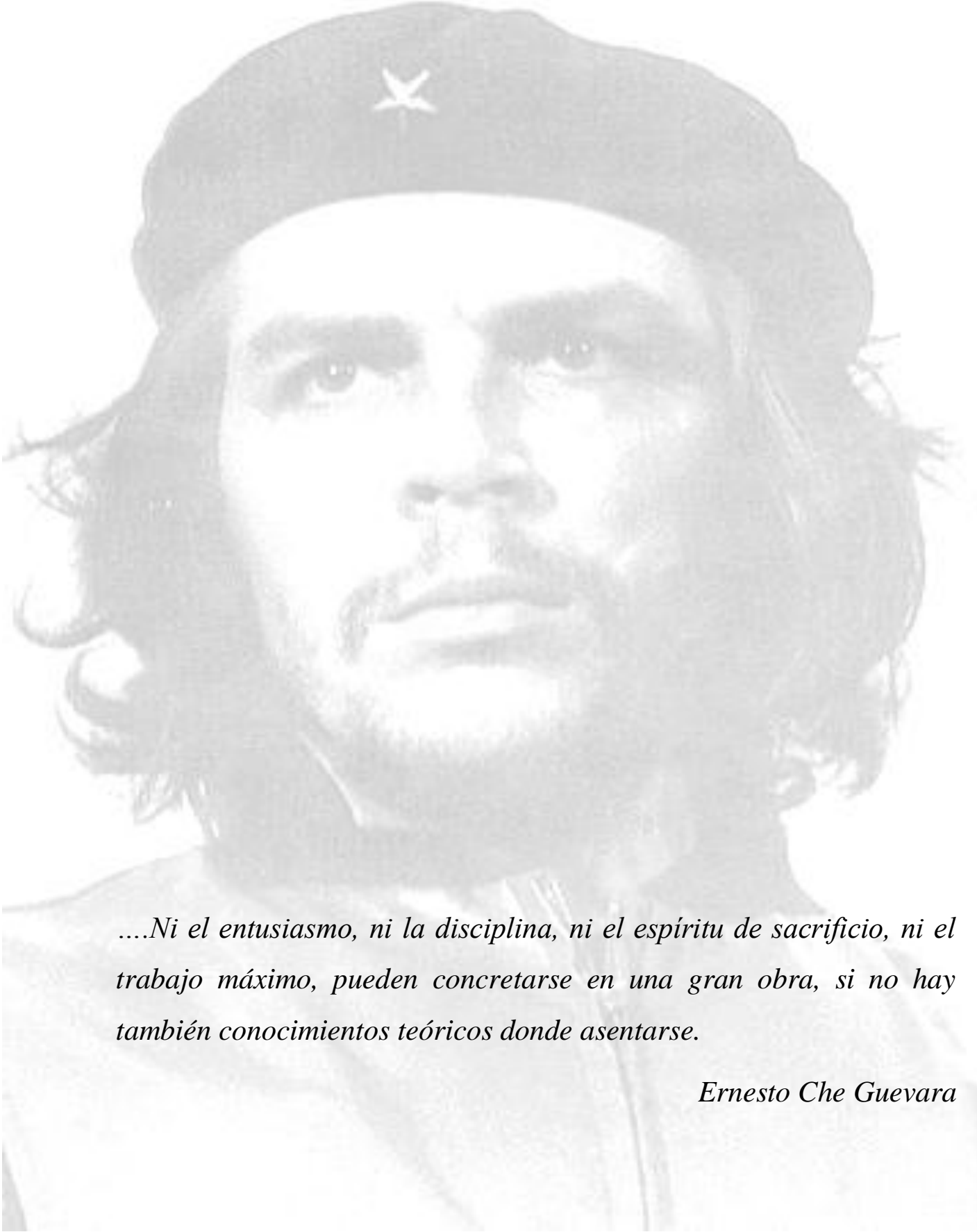
*Título: Verificación y ajuste a la población cubana de la  
ecuación de la MAPFRE para capacidad de trabajo físico.*

*Autor: Liliana Cáceres Ferreira*

*Tutor: Ing. Dayron López Hernández*

*Junio 2014*

## *Pensamiento*



*....Ni el entusiasmo, ni la disciplina, ni el espíritu de sacrificio, ni el trabajo máximo, pueden concretarse en una gran obra, si no hay también conocimientos teóricos donde asentarse.*

*Ernesto Che Guevara*

## *Agradecimientos*

- *A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mis padres y hermana por estar siempre pendiente de mis problemas.*
- *A mi novia por estar siempre a mi lado dándome ánimos y apoyo absoluto.*
- *A mi tutor por su perseverancia, dedicación y confianza.*
- *A mis amigos por estar siempre dispuestos a ayudarme y por ser tan buenos compañeros.*
- *A todas las personas que contribuyeron a la realización de esta investigación.*

## *Declaración de autoridad*

Yo: **Liliana Cáceres Ferreiro**, declaro que soy la única autora de este Trabajo de Diploma y autorizo a la Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” a hacer uso del mismo, con la finalidad que estimen conveniente.

---

Firma del autor.

---

Firma del tutor.

# *Nota de aceptación*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Presidente del Tribunal*

---

*Firma*

---

*Miembro del Tribunal*

---

*Firma*

---

*Miembro del Tribunal*

---

*Firma*

---

*Miembro del Tribunal*

---

*Firma*

Dado en Matanzas, el día \_\_\_\_ del mes de \_\_\_\_\_ del año 2014.

*“Año 56 de la Revolución”*

## *Resumen*

La presente investigación tiene como título: Verificación y ajuste a la población cubana de la ecuación de la MAPFRE para Capacidad de Trabajo Físico, se realizó en los laboratorios de Ergonomía de la Universidad de Matanzas. El objetivo general del estudio es ajustar la ecuación de la MAPFRE de capacidad de trabajo físico a las características morfofisiológicas de la población cubana con un rango etario determinado. Los resultados alcanzados fueron que para la población masculina cubana esta ecuación se ajusta en un 78% con respecto a los valores del nomograma de Manero. En las mujeres es permisible calcular capacidad de trabajo físico con dicha ecuación, sin necesidad de ajuste. Se utilizaron como herramientas el nomograma de Manero (1986) establecido en la NC19-00-07:87, el software Statgraphics Centurion, del Microsoft Office las aplicaciones Excel y Word y el EndNoteX4 para la referencias bibliográficas.

## *Summary*

The present investigation it has as title: Verification and adjust to the Cuban population of the equation of MAPFRE for determining the capacity of physical work, was made in the Ergonomics laboratories of the University of Matanzas. The general objective of the study is to adjust the equation of MAPFRE of capacity of physical work to the morph physiological characteristics of the Cuban population with a determined age rank. The reached results were that for the Cuban masculine population this equation is adjusted in 78% with regard to the securities of the nomograph of Manero. In women it is possible to calculate the capacity of physical work with this equation, without the necessity of an adjustment. They were used as tools the nomograph of Manero (1986) established in the NC19-00-07:87, the software Statgraphics Centurion, of the Microsoft Office the applications Excel and Word and the EndNoteX4 for the bibliographical references.

# Índice

Introducción.....	1
Capítulo I. Fundamentos Teóricos .....	6
1.1. Definiciones.....	6
1.1.1. Capacidad de trabajo físico o volumen máximo de oxígeno.....	6
1.1.2. Frecuencia cardíaca.....	7
1.1.3. Peso Magro .....	8
1.1.4. Carga de trabajo submáxima .....	8
1.2. Relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ ).....	8
1.3. Prueba Hipótesis .....	9
1.4. Métodos para determinar capacidad de trabajo físico.....	9
1.4.1. Método de Regresión Lineal.....	10
1.4.2. Estimación a partir de expresiones empíricas.....	11
1.4.3. Método de la prueba escalonada. (Prueba del escalón).....	12
1.4.4. Ecuación de la $\dot{M}APFR\dot{E}$ .....	16
1.4.5. Nomograma para calcular el consumo máximo de oxígeno ( $\dot{V}O_2\text{máx}$ ) y la frecuencia cardíaca máxima ( $FC\text{ máx}$ ) en trabajadores cubanos de uno y otro sexo. ....	16
1.5. Valoración de los métodos para calcular Capacidad de Trabajo Físico .....	18
1.6. Conclusiones parciales del capítulo.....	19
Capítulo II. Descripción del procedimiento.....	20
2.1. Procedimiento para realizar el estudio. ....	20
2.1.1. Determinar las condiciones estándar para la realización de la prueba.....	20
2.1.2. Seleccionar la muestra.....	20
2.1.3. Seleccionar la Modalidad a utilizar .....	21
2.1.4. Determinar los equipos necesarios.....	21
2.1.5. Determinar la capacidad de trabajo físico a la muestra seleccionada.....	22
2.1.6. Analizar los datos de CTF nomograma y CTF $\dot{M}APFR\dot{E}$ .....	26
2.2. Conclusiones parciales del capítulo.....	33



<i>Capítulo III. Análisis de los resultados.....</i>	<i>34</i>
3.1. <i>Condiciones para la realización de la prueba.....</i>	<i>34</i>
3.2. <i>Muestra seleccionada .....</i>	<i>34</i>
3.3. <i>Modalidad de la prueba.....</i>	<i>34</i>
3.4. <i>Equipos utilizados .....</i>	<i>34</i>
3.5. <i>Análisis de los datos obtenidos de los muestreados.....</i>	<i>36</i>
3.6. <i>Análisis de los valores de capacidad de trabajo físico obtenidos por ambos métodos.....</i>	<i>37</i>
3.7. <i>Resultados finales .....</i>	<i>48</i>
3.8. <i>Conclusiones parciales del capítulo.....</i>	<i>49</i>
<i>Conclusiones .....</i>	<i>50</i>
<i>Recomendaciones .....</i>	<i>51</i>
<i>Bibliografía .....</i>	<i>52</i>
<i>Anexos .....</i>	<i>.....</i>

# *Introducción*

La ergonomía comienza a configurarse como tal en la segunda mitad de este siglo, al final de la Segunda Guerra Mundial, en la que se utilizaron equipos más sofisticados, obligando a los ingenieros a tener en cuenta no sólo las características físicas sino también las capacidades mentales, sensoriales, psicológicas del comportamiento humano bajo las diferentes situaciones y condiciones del medio. Es durante esta época cuando se produce un poderoso impulso a la investigación interdisciplinar para alcanzar las condiciones óptimas. De hecho, la primera sociedad de ergonomía denominada "Ergonomics Research Society", fue fundada en 1949 en Inglaterra por Murrell, junto con otros ingenieros, fisiólogos y sociólogos, con el objeto de adaptar el trabajo a las personas. Extendiéndose posteriormente a la República Federal Alemana, Francia, Suecia, y demás países industrializados.[4]

La historia de esta ciencia es relativamente corta, pero debido a su importancia se desarrolla a pasos agigantados. En 1861 Matías Roht publica su tratado de Prevención de las Deformidades de la Espina. Posteriormente en Francia se observan los primeros intentos en su aplicación. Para 1945 se establece en USA el Laboratorio de Psicología en Ingeniería.

Sobre 1949 se funda la Sociedad de Investigación Ergonómica y en 1957 aparece la primera publicación de la revista Ergonomics. Es así como en 1959 se funda La Asociación Internacional de Ergonomía.

En 1961 la OIT define la Ergonomía como la aplicación de las ciencias biológicas del hombre junto con las ciencias de ingeniería para lograr la adaptación mutua y óptima del hombre y su trabajo, midiéndose los beneficios en términos de eficiencia y bienestar.

Este tipo de estudio se inicia durante la época de 1960 y hasta la fecha, principalmente en países de gran avance tecnológico y económico como son Alemania, USA, Inglaterra, Francia, Japón. También en otros con gran auge en la investigación médica y laboral como en la Unión Soviética, Cuba, y otros países del bloque Socialista. También algunos estudios aislados en otros países principalmente por parte de empresas privadas preocupadas por los posibles riesgos a que se exponen sus trabajadores y por qué no decirlo buscando medios para mejorar sus sistemas productivos.

La ergonomía forma parte hoy día de la prevención de riesgos laborales, como una disciplina auxiliar tendente a integrarse dentro de la gestión de las empresas. Se puede aplicar al estudio de cualquier actividad, laboral o no, de las personas que realizan cualquier

tarea o desarrollan cualquier función. Así una persona que decida desplazarse en transporte público se convierte en usuario de un sistema complejo y, por lo tanto, objeto del análisis ergonómico del mismo.

El ser humano tiene una tendencia natural a adaptar el medio a sus necesidades y a sus características propias; lo hace para conseguir el mayor bienestar, es lo que se observa, por ejemplo, en la conducta de los niños pequeños cuando cogen los cubiertos para llevarse el alimento a la boca: no hacen torsiones de su muñeca, ni fuerzan la mano.[4]

En la actualidad son claros los avances de la medicina del trabajo en diferentes áreas como son: la Toxicología, Ecología y Ergonomía por mencionar algunas, pero esto es visualizado como solo el principio del verdadero trabajo, ya que hay infinidad situaciones y procesos que se deben investigar para definir si actúan como factores de riesgo y su verdadera repercusión en la salud de los trabajadores.

En el hombre se debe considerar la salud como la base para satisfacer otras necesidades. Por lo tanto es de vital importancia tratar de conservar el mejor estado de salud, o en su defecto, minimizar los efectos de los agentes nocivos presentes en el medio laboral.

Una de las ciencias que forma parte de la medicina laboral es la ergonomía, la cual se orienta hacia la investigación aplicada que asegura directamente la integración de la ciencia de la salud en la producción. El desarrollo y aplicación práctica de la ergonomía forma parte importante de las actividades y programas encaminados a continuar mejorando las condiciones de trabajo así como elevar su eficacia, calidad y productividad. Para esto la ergonomía es auxiliada por otras ciencias relacionadas directamente con el aspecto de salud del humano como son la Anatomía, Fisiología y

Psicología principalmente.[5]

Basado en lo anterior algunos autores dividen a la Ergonomía en tres grandes divisiones como son:

- a) Anatomía: Donde ubican a la antropometría, (medición del cuerpo), y biomecánica (génesis de esfuerzo).
- b) Fisiología: fisiología del esfuerzo (desgaste energético). Fisiología de él entorno (condición ambiental).
- c) Psicología de las aptitudes: (raciocinio y toma de decisiones). Y Psicología profesional (formación individual.).

Es así como una de las más importantes aplicaciones de la ergonomía es la de medir el esfuerzo físico en relación con el desgaste energético en el hombre. La cual sirve para conocer cuanta energía requiere determinada actividad laboral y su posible relación como

factor de riesgo para los trabajadores al tener un desgaste de energía exagerado durante su jornada laboral y así poner en peligro su salud al llevar al máximo el límite de resistencia de su organismo, es de gran importancia conocer la capacidad de trabajo físico de cada individuo para así evitar fatigas y problemas en la salud.

La capacidad física de trabajo se define como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones, principalmente procesos generadores de energía, actividad neuromuscular y factores psicológicos[1]. Su conocimiento permite prever las posibilidades de realizar una actividad física con rendimiento óptimo y manteniendo un margen de seguridad para no afectar la salud.

Muchos investigadores han venido desarrollando este tema, el cual incorpora diversos conceptos fisiológicos que lo hacen importante y complejo a la vez.[6]

La medición directa del  $VO_2$  máx., suele ser costosa y complicada y exige una gran cooperación de los sujetos, quienes son sometidos a cargas máximas de trabajo que no podrían imponerse a personas de edad avanzada o con trastornos cardiovasculares o respiratorios. Por estas razones, desde hace varios años se han venido utilizando los métodos de medición indirecta basados en la aplicación de pruebas de esfuerzo submáximo y en la estrecha correlación de la frecuencia cardíaca, la carga de trabajo y otras variables fisiológicas y antropométricas con el consumo de oxígeno ( $Vo_2max$ ).[1]

### **Situación problémica**

En Cuba para estimar la capacidad de trabajo físico se conocen diferentes métodos, los cuales requieren de la aplicación de pruebas de esfuerzo submáximo, pero no existe una ecuación que permita calcular la capacidad de trabajo físico a partir de variables morfofisiológicas que responda a las características antropométricas y fisiológicas de la población cubana con cierto nivel de exactitud, lo cual implica que la obtención de este resultado se dificulte por la disponibilidad de medios tecnológicos necesarios y personal calificado para la aplicación de dichas pruebas. La fundación MAPFRE en 2009 creó una ecuación para determinar la capacidad de trabajo físico la cual tiene en cuenta variables morfofisiológicas como la edad, el sexo, el peso corporal y la longitud de la cintura o cadera, pero se desconoce si dicha ecuación puede ser ajustada a los individuos de la población cubana, lo cual será objeto de estudio de esta investigación y con una futura extensión a sectores del ámbito empresarial se espera pueda influir significativamente en los niveles de productividad.

### **Problema Científico**

Se desconoce si la ecuación creada por la MAPFRE para estimar la capacidad de trabajo físico, con cierto nivel de exactitud puede ser ajustada a la morfofisiología de la población cubana con un rango etario determinado.

### **Preguntas Científicas**

1. ¿Es posible ajustar la ecuación de la MAPFRE para determinar Capacidad de Trabajo Físico a la morfofisiología de la población cubana con un rango etario determinado?
2. ¿Qué rango etario utilizar para desarrollar el estudio?
3. ¿Cuáles son los métodos para determinar Capacidad de trabajo físico?

### **Objetivo general**

Ajustar la ecuación de la MAPFRE de capacidad de trabajo físico a las características morfofisiológicas de la población cubana con un rango etario determinado.

El objetivo general será desarrollado mediante las tareas u **Objetivos Específicos** siguientes:

- 1- Realizar un análisis bibliográfico sobre capacidad de trabajo físico y los diferentes métodos para determinarla.
- 2- Elaborar un procedimiento para el ajuste de la ecuación de la MAPFRE.
- 3- Implementar el procedimiento para ver cuánto se ajusta dicha ecuación a la morfofisiología de la población cubana.

Para cumplimentar el objetivo general y los específicos propuestos se ha establecido la estructura siguiente:

- **Introducción**, donde se caracteriza la situación problemática, se determinan los objetivos que ayudarán en la búsqueda de soluciones y se fundamenta el problema científico a resolver.
- **Capítulo I**, que aborda el contexto teórico de la temática de investigación y principales definiciones de Capacidad de trabajo físico, frecuencia cardiaca, peso magro entre otras. Se recogen las experiencias pasadas donde se analizan los diferentes métodos para la determinación de Capacidad de Trabajo Físico y enfoques emitidos por los autores citados, para ofrecer propias consideraciones.
- **Capítulo II**, que expone las condiciones para la realización de la prueba, el procedimiento para la determinación de la capacidad de trabajo físico por el método del nomograma de Manero (1986) desarrollado por la NC19-00-07:87 y por la

ecuación de la MAPFRE, se describe como se seleccionó la muestra y como se procesan los datos.

- **Capítulo III** que presenta el análisis de los principales resultados de la investigación.
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones** provenientes de la investigación.
- **Bibliografía** referenciada
- **Anexos**, como complemento de los resultados expuestos.

# *Capítulo I. Fundamentos Teóricos*

En este capítulo se aborda el contexto teórico de la temática de investigación y principales definiciones de capacidad de trabajo físico, frecuencia cardiaca, peso magro entre otras. Se recogen las experiencias pasadas donde se analizan los diferentes métodos para la determinación de Capacidad de Trabajo Físico y enfoques emitidos por los autores citados, para ofrecer propias consideraciones.

## **1.1. Definiciones**

### **1.1.1. Capacidad de trabajo físico o volumen máximo de oxígeno**

Se define como la posibilidad de realizar trabajo por la acción coordinada e integrada de una variedad de funciones, principalmente procesos generadores de energía, actividad neuromuscular y factores psicológicos. [1]

Es la máxima cantidad de oxígeno que un individuo puede tomar de la sangre para llevarlo a los tejidos, en los cuales se generara energía y así poder desempeñar sus actividades laborales.[7]

Es la potencia aeróbica máxima, o sea, el máximo caudal de oxígeno que es capaz de inspirar, combinar con la sangre en los pulmones y transportar por medio de la sangre a las células que se contraen. Esto es para cuando en la actividad laboral se empleen grandes grupos musculares de las extremidades, puesto que en la práctica puede ser menor si las contracciones musculares la realizan un pequeño grupo de músculos. [8]

Es la intensidad máxima de trabajo compatible con un estado de equilibrio cardiorrespiratorio. Se expresa en función del consumo máximo de oxígeno y está condicionado por la edad, el sexo y la aptitud física. [9]

Es la cantidad máxima de oxígeno ( $O_2$ ) que el organismo puede absorber, transportar y consumir por unidad de tiempo determinado, vale decir, el máximo volumen de oxígeno en la sangre que nuestro organismo puede transportar y metabolizar. También se lo llama Consumo máximo de oxígeno o capacidad aeróbica. Es la manera más eficaz de medir la capacidad aeróbica de un individuo. Cuanto mayor sea el  $VO_2$  máx., mayor será la capacidad cardiovascular de ésta. [10]

La capacidad de trabajo físico (CTF) se define como la cantidad máxima de oxígeno que puede metabolizar una persona. También se la conoce como capacidad aeróbica, pues es la fuente de energía más importante con la que se puede contar ya que la capacidad anaeróbica es muy pequeña. [11]

Cuadro1. 1. Puntos en común entre las diferentes definiciones

Autores / Variables	Máxima cantidad de oxígeno	Combinar con la sangre.	Transportar y metabolizar	Acción coordinada e integrada	Capacidad aeróbica	Generar energía	Posibilidad de realizar trabajo.	Condicionado por la edad, el sexo y la aptitud física
Manero(1986)				X			X	
Viña(1987)	X	X				X		
Astrand(1988)	X	X					X	
NC870:2001	X							X
Sánchez(2010)	X	X	X		X			
Vallejo(2013)	X		X		X	X		

Fuente: elaboración propia

Se puede decir que la capacidad de trabajo físico también conocida como capacidad aeróbica o volumen máximo de oxígeno, no es más que la máxima cantidad de oxígeno que una persona puede absorber combinar con la sangre, transportar y metabolizar; para así generar energía y realizar trabajo físico con satisfacción y agrado sin la sensación de fatiga física y está condicionado por la edad, el sexo y la aptitud física.

### 1.1.2. Frecuencia cardiaca

#### Frecuencia cardiaca

La frecuencia cardiaca es el número de contracciones del corazón o pulsaciones por unidad de tiempo. Su medida se realiza en unas condiciones determinadas (reposo o actividad) y se expresa en latidos por minutos (lpm). [12]

La frecuencia cardiaca se define como las veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo. Por comodidad se expresa siempre en contracciones por minuto, ya que cuando nos tomamos el pulso lo que notamos es la contracción del corazón (sístole), es decir cuando expulsa la sangre hacia el resto del cuerpo.[13]

La frecuencia cardiaca es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto (latidos por minuto). Para el correcto funcionamiento del organismo es necesario que el corazón actúe bombeando la sangre hacia todos los órganos, pero además lo debe hacer a una determinada presión (presión arterial) y a una determinada frecuencia. Dada la



importancia de este proceso, es normal que el corazón necesite en cada latido un alto consumo de energía.[14]

Por tanto, frecuencia cardíaca no es más que el número de contracciones del corazón, es decir, las veces que el corazón realiza el ciclo completo de llenado y vaciado de sus cámaras en un determinado tiempo y se expresa en latidos por minutos (lpm).

### **1.1.3. Peso Magro**

#### Peso magro

La masa corporal magra o peso magro no tiene nada que ver con el "peso ideal". La masa corporal magra es el nombre que se le da a los músculos, los órganos, los huesos, la médula, el tejido y el agua del cuerpo, sin incluir la grasa. El porcentaje de masa corporal magra comparado con la grasa puede ser un indicador de la susceptibilidad de sufrir ciertos problemas de salud. [15]

La masa magra del cuerpo está compuesta de músculos esqueléticos (aprox. 80%), se mide en kilogramos y químicamente se compone de proteínas, agua y hueso.[16]

La masa magra o peso magro está constituida por los órganos internos, los músculos y los huesos.[17]

En conclusión, el peso magro o masa corporal magra es el nombre que se le da a los órganos internos, los músculos, los huesos, la médula, el tejido y el agua del cuerpo, sin incluir la grasa.

### **1.1.4. Carga de trabajo submáxima**

Es el esfuerzo físico controlado al que se someten las personas, de acuerdo al procedimiento establecido.[18]

La carga de trabajo submáxima es la cantidad de actividad que puede ser asignada a una parte o elemento de una cadena productiva sin entorpecer el desarrollo total de las operaciones. La carga de trabajo puede estar formada por una o varias unidades mínimas de trabajo. [19]

## **1.2. Relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$ máx).**

Se debe tener en cuenta que la relación entre frecuencia cardíaca y  $VO_2$ máx responde al tipo de ejercicio masa muscular involucrada, la posición del cuerpo, intensidad del ejercicio, el ambiente, etc.[20]. Cuando la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno se expresan en porcentajes en relación a su máximo no se advierte diferencias en la pendiente de la curva en sujetos altamente entrenados, moderadamente entrenados y no entrenados, como refiere [21]. Se ha establecido una relación entre la frecuencia cardíaca y el volumen

máximo de oxígeno como se aprecia en el cuadro 1.2, nótese que el porcentaje de frecuencia cardiaca siempre es mayor al del VO<sub>2</sub>máx.

Cuadro1. 2. Relación porcentual entre consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca

VO <sub>2</sub> máx. %	Fcmáx. %
40	63
50	79
60	76
70	82
80	89
90	95

Fuente: Robergs y Landwehr (2002)

### 1.3. Prueba Hipótesis

Frecuentemente surgen circunstancias donde es necesario determinar si la muestra proviene de una distribución con una media o desviación estándar particulares. Por ejemplo, frecuentemente es de interés probar si la diferencia media pudiera ser igual a cero.

Para correr una prueba de hipótesis, se formulan dos hipótesis que entran en competencia:

- **Hipótesis Nula:** una hipótesis tal como  $\mu = 0$  a la que se le dará el beneficio de la duda.

El valor especificado por la hipótesis nula se etiqueta  $\mu_0$ .

- **Hipótesis Alternativa:** una hipótesis tal como  $\mu \neq 0$  que conducirá al rechazo de la hipótesis nula si hay suficiente evidencia en contra de la nula.

El enfoque estadístico estándar a este problema es construir una prueba t usando:

$$t = \frac{d - \mu_0}{s \div \sqrt{n}}$$

y comparándola con una distribución t de Student con  $v = n - 1$  grados de libertad.

El *Valor de P* – un valor que puede ser usado para rechazar la hipótesis nula si es lo suficientemente pequeño. Al nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ , la hipótesis nula se rechazará si  $P < 0.05$ .

En este caso, hay una evidencia extremadamente fuerte de que los datos no provienen de una población en la cual la diferencia media sea igual a 0.

### 1.4. Métodos para determinar capacidad de trabajo físico

Para estimar la capacidad de trabajo físico se puede hacer uso de la frecuencia cardiaca, la que aumenta al aumentar el trabajo físico. Aunque tiene ventajas por su sencillez en la medición, el valor del ritmo cardiaco puede estar afectado por factores externos que no tienen que ver con la carga de trabajo.

Por la complejidad que implica la determinación del consumo máximo de oxígeno se han desarrollado algunos métodos que se basan en pruebas submáximas, por lo que hacen una estimación aproximada de la capacidad de trabajo físico partiendo de la medición del ritmo cardíaco, según diferentes cargas trabajo impuestas. [3]

Entre los métodos propuestos en el Manual de Prácticas de Laboratorio de Ergonomía [22] se encuentran el método de regresión lineal, las expresiones empíricas y el método de la prueba escalonada.

#### 1.4.1. Método de Regresión Lineal

Según (Alonso 2006) este método se basa en el establecimiento de la relación lineal que existe entre el ritmo cardíaco y la carga de trabajo impuesta al individuo cuando se ha alcanzado el régimen estable ante un trabajo submáximo, extrapolando entonces para encontrar el máximo correspondiente al ritmo cardíaco máximo”.

El procedimiento consiste en someter al individuo a tres cargas de trabajo diferentes como

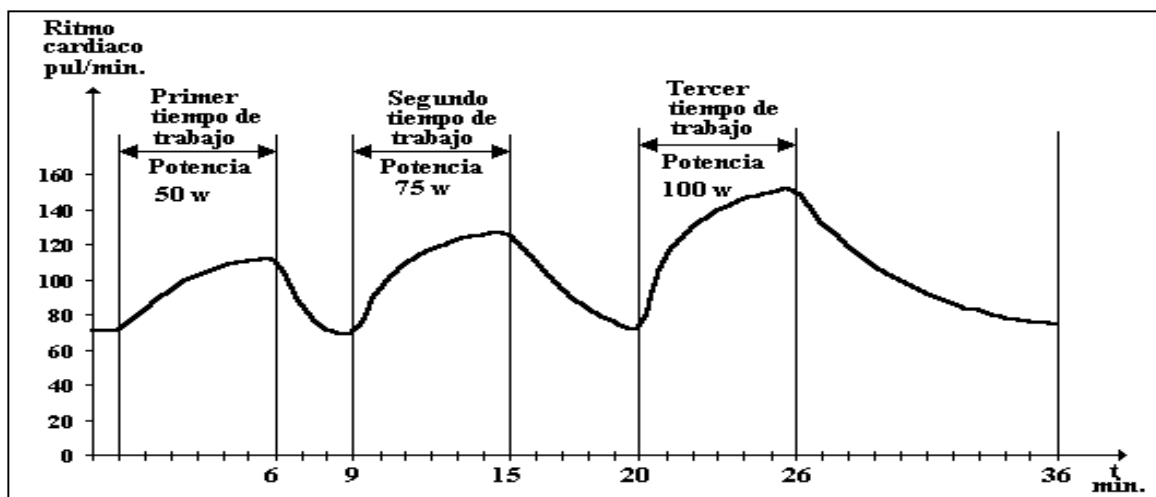


Figura1. 1. Variación del ritmo cardíaco de un individuo sometido a tres cargas de trabajo.

Fuente[3]: Libro de Ergonomía (2006)

mínimo, en un veloergómetro, midiendo el ritmo cardíaco en régimen estable en el intervalo de 100 – 120 hasta 150 – 180 pulsaciones por minuto. En la figura 1.1 se ve el comportamiento del ritmo cardíaco en una prueba como la que se describe.

Estos valores del ritmo cardíaco se plotean en un gráfico contra la carga de trabajo y se encuentra la expresión de la recta que mejor se ajusta a dichos puntos. Posteriormente se extrapola para el valor máximo del ritmo cardíaco. Frecuentemente se utiliza como ritmo cardíaco máximo, de forma convencional, un valor de 170 pulsaciones por minuto (CT 170). En la figura 1.2 se ejemplifica el procedimiento, mostrándose los resultados para dos individuos: A y B.

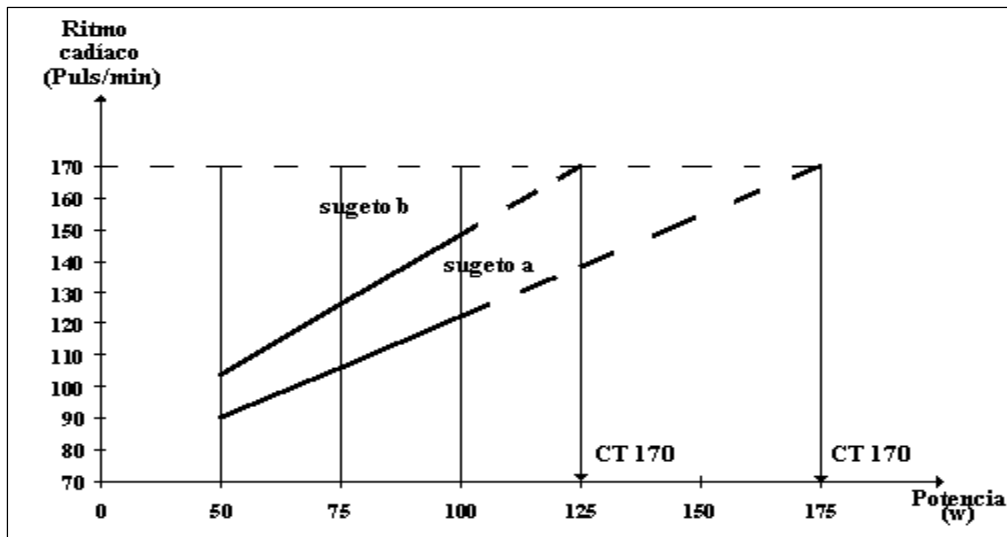


Figura1. 2. Método para estimar la Carga de Trabajo para 170 pul/min. (CTF<sub>170</sub>)

Fuente[3]: Libro de Ergonomía (2006)

Como se puede observar el individuo A está más apto físicamente que el B, ya que alcanza el valor de ritmo cardiaco de 170 pul/min. Con una carga mayor. La extrapolación de las rectas se observa con líneas de puntos.

Para obtener el valor de la capacidad de trabajo, una vez obtenida la ecuación de la recta correspondiente, se sustituyen los valores en dicha ecuación de regresión lineal.

La principal desventaja del método descrito es que la regresión da excesivo peso al punto correspondiente a la carga menor, que es con frecuencia distorsionado por la ansiedad del sujeto y los factores ambientales durante la prueba. [3]

#### 1.4.2. Estimación a partir de expresiones empíricas

Según (Alonso 2006)

Entre las expresiones empíricas [3] se encuentra la desarrollada por Von Döbeln y otros:

$$VO_2máx = \sqrt{\frac{L}{f_c - 60}} \cdot e^{-0,00884L}$$

Donde:

**VO<sub>2</sub>máx.:** Volumen máximo de oxígeno, en litros por minuto de O<sub>2</sub>, en condiciones normales de presión y temperatura de aire seco (STPD).

**L:** Carga de trabajo en el veloergómetro, en watt.

**F<sub>c</sub>:** Frecuencia del ritmo cardíaco después de seis minutos de trabajo a la carga L, en pulsaciones por minuto (pul/min).

**T:** Edad del individuo (en años).

Se recomienda aplicar esta expresión para la carga (L) que corresponda a la  $F_c$  más cercana a 150 pul/min.

Nota:

**STPD:** Volumen del aire seco a una temperatura de 0°C y 760mm de mercurio de presión, que son las condiciones normalizadas.

Otra expresión es la que recomienda Konz, 2004 donde emplea la distancia que una persona puede caminar en un periodo de tiempo dado:

$$VO_2máx = -10.3 + 35.3DIST$$

Donde:

**VO<sub>2</sub>:** Máximo volumen de oxígeno en mL/Kg.-min.

**DIST:** Distancia en, millas corridas en 720 segundos.

Tomándose que:

**1m = 0.0006 millas**

**1Km = 0.6214 millas**

Otra expresión también propuesta en el libro Work Design. Occupational Ergonomics, de Konz, 2004 es:

$$VO_2máx = 85.7 - 251.3T \quad (\text{Para hombres})$$

$$VO_2máx = 61.9 - 124.2T \quad (\text{Para mujeres})$$

Donde **T:** es el tiempo en horas de correr 2Km.

### **1.4.3. Método de la prueba escalonada. (Prueba del escalón)**

#### **Como refiere (Manero 1991)**

Prueba escalonada para estimar la capacidad física de la población. Consiste en un método indirecto para la determinación de la capacidad física mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.). El método, que tiene antecedentes en autores como Astrand, Balke, Manero y Siconolfi, se basa en la aplicación de tres cargas físicas escalonadas en un banco a un ritmo de subida y bajada específico y con el control de la frecuencia cardíaca (FC) como indicador de esfuerzo. El límite de carga está referido a un

compromiso cardíaco superior al 65 por 100 de la frecuencia cardíaca máxima ( $F_{cm\acute{a}x}$ ) estimada.[23]

Procedimiento para la aplicación de la prueba escalonada

- Pesarse al sujeto con ropa ligera y descalzo (kg).
- Tomar FC y presión arterial en reposo.
- Calcular la  $F_{cm\acute{a}x}$  mediante la fórmula  $220 - \text{edad}$  y determinar el 65 por 100 de la misma para conocer el límite de carga o FC de referencia.
- Utilizar el primer peldaño (25cm) de un banco de 50 cm de altura y dos peldaños como instrumento para la realización de las cargas. La secuencia de subida y bajada es a razón de cuatro pasos por cada vez, y el sujeto debe apoyar los dos pies en el peldaño al subir y en el suelo al bajar (Figura 1.3).

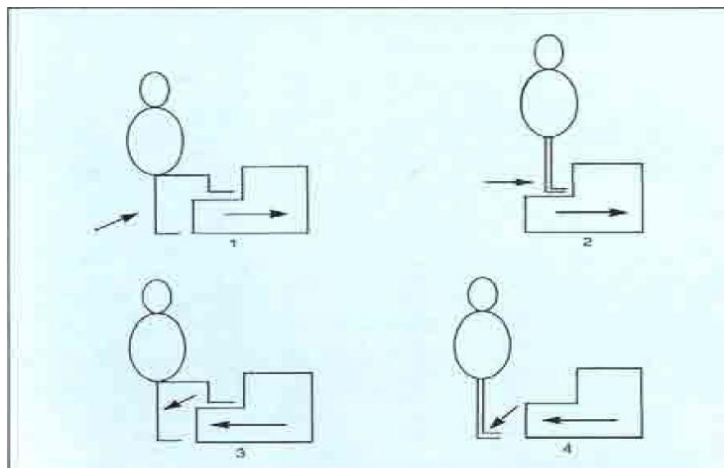


Figura1. 3. Secuencia de subida y bajada

Fuente[23]: Rogelio Manero (1991)

- Las cargas se asignan con independencia del sexo y la edad. La primera carga consiste en subir y bajar el primer peldaño 17 veces en un minuto, la segunda, 26, y la tercera 34, con una duración de tres minutos cada una y un minuto de descanso entre ellas. El paso de una carga a otra está en relación con la respuesta cardiovascular. El control de las cargas se puede realizar mediante un metrónomo o cintas grabadas y en su defecto, utilizando un cronómetro o reloj con segundero, contando las veces que sube y baja cada quince o treinta segundos (ver cuadro 1.3).

Cuadro1. 3. Esquema y control de la prueba escalonada

Cargas	Control de cargas (Subir y Bajar)			
	Conteo (veces/15 seg)	Conteo (veces/30 seg)	Metrónomo o grabadora (tonos/seg)	Tiempo (min)
Primera (17 v/min)	4,2	8,5	68	3
Descanso	—	—	—	1
Segunda (26 v/min)	6,5	13	104	3
Descanso	—	—	—	1
Tercera (34 v/min)	8,5	17	136	3

Fuente[23]: Rogelio Manero (1991)

- Al concluir cada carga se tomará la FC por auscultación del área precordial o palpación de los pulsos radial y carotídeo, en los primeros 15 segundos de la recuperación. En la carga donde se alcance una FC que sea igual o exceda el 65 % de la Fcmáx, se detiene la prueba y con este dato y el peso corporal previamente medido se busca en la tabla correspondiente el valor del VO<sub>2</sub> máx. (Tablas 1.1, 1.2 y 1.3). Este valor debe ser rectificado de acuerdo a la edad del sujeto por el siguiente factor de corrección (ver tabla1.4)

Tabla1. 1. Tablas para estimar el valor de la CTF según la prueba del escalón. PRIMERA CARGA (17 VECES/MINUTO)

Hombre	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	
Mujer	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
Peso (kg)	CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min) (VO <sub>2</sub> máx)															VO <sub>2</sub> Submáx (L/min)
40-44	326	303	280	259	240	225	213	203	193	184	175	167	160	154	148	108
45-49	341	321	299	277	258	240	227	217	207	195	186	178	172	164	158	115
50-54	361	337	316	293	274	255	240	229	218	208	198	189	182	175	168	122
55-59	389	359	335	313	294	275	258	247	233	222	212	203	196	188	180	130
60-64	416	375	348	328	308	288	270	258	245	233	221	213	205	197	188	137
65-69	437	398	366	339	322	302	286	272	258	246	233	223	213	208	199	144
70-74	456	424	380	354	333	315	298	285	270	257	244	233	225	213	208	151
75-79	483	446	415	370	348	328	311	299	284	270	257	246	237	227	218	159
80-84	504	466	433	389	361	339	324	310	297	281	268	256	247	237	227	166
85-89	525	485	452	416	378	351	334	322	308	292	279	267	257	247	237	173
90-94	547	505	470	433	403	377	358	342	325	307	297	280	270	257	247	180
95-99	571	527	491	452	421	393	374	357	339	320	310	292	282	268	258	188
100-104	592	547	509	469	437	408	388	370	352	332	321	303	292	278	267	195
105-109	—	568	520	479	446	416	396	378	359	339	328	309	298	284	273	199
110-114	—	586	546	503	468	437	416	397	377	356	344	325	313	298	286	209

Fuente[23]: Manero (1991)



Tabla1. 2. Tablas para estimar el valor de la CTF según la prueba del escalón. SEGUNDA CARGA (26 VECES/MINUTO)

Hombre	112	116	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	
Mujer	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
Peso (kg)	CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min)															VO <sub>2</sub> Submáx (L/min)
	(VO <sub>2</sub> máx)															
40-44	326	303	280	259	240	225	213	203	193	184	175	167	160	154	148	108
45-49	341	321	299	277	258	240	227	217	207	195	186	178	172	164	158	115
50-54	361	337	316	293	274	255	240	229	218	208	198	189	182	175	168	122
55-59	389	359	335	313	294	275	258	247	233	222	212	203	196	188	180	130
60-64	416	375	348	328	308	288	270	258	245	233	221	213	205	197	188	137
65-69	437	398	366	339	322	302	286	272	258	246	233	223	213	208	199	144
70-74	458	424	380	354	333	315	298	285	270	257	244	233	225	213	208	151
75-79	483	446	415	370	348	328	311	299	284	270	257	246	237	227	218	159
80-84	504	466	433	389	361	339	324	310	297	281	268	256	247	237	227	166
85-89	525	485	452	416	376	351	334	322	308	292	279	267	257	247	237	173
90-94	547	505	470	433	403	377	358	342	325	307	297	280	270	257	247	180
95-99	571	527	491	452	421	393	374	357	339	320	310	292	282	268	258	188
100-104	592	547	509	469	437	408	388	370	352	332	321	303	292	278	267	196
105-109	—	558	520	479	446	416	396	378	359	339	328	309	298	284	273	199
110-114	—	586	546	503	468	437	416	397	377	356	344	325	313	298	286	209

Fuente[23]: Manero (1991)

Tabla1. 3. Tablas para estimar el valor de la CTF según la prueba del escalón TERCERA CARGA (34 VECES/MINUTO)

Hombre	120	124	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	
Mujer	128	132	136	140	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180	184	
Peso (kg)	CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min)															VO <sub>2</sub> Submáx (L/min)
	(VO <sub>2</sub> máx)															
40-44	365	340	322	301	285	272	258	246	233	224	216	208	199	191	184	144
45-49	388	359	337	319	301	289	274	260	248	237	228	219	210	202	197	153
50-54	411	378	351	333	318	303	289	275	261	250	240	230	222	210	203	162
55-59	436	400	370	350	331	320	306	290	277	265	254	243	234	225	218	172
60-64	459	417	406	378	358	342	324	305	293	281	271	261	250	240	231	181
65-69	482	448	425	397	376	359	340	324	307	295	285	274	262	252	243	109
70-74	504	470	445	416	394	376	356	340	322	305	298	287	275	264	254	199
75-79	530	493	464	437	414	395	374	357	338	325	313	302	289	277	267	209
80-84	552	515	487	456	431	412	390	372	353	339	327	315	301	289	278	218
85-89	575	536	507	474	449	429	407	388	367	353	340	328	314	301	290	227
90-94	598	557	528	493	467	448	423	403	382	367	354	341	326	313	301	236
95-99	—	581	550	514	487	465	441	420	398	383	369	355	340	326	314	246
100-104	—	600	570	533	505	482	457	438	413	396	382	368	352	338	326	255
105-109	—	—	590	552	522	499	473	451	427	411	396	381	365	350	337	264
110-114	—	—	—	571	540	516	489	466	442	425	410	394	377	362	349	273

Fuente[23]: Manero (1991)

Nota: Los valores de consumo máximo y submáximo de oxígeno deben dividirse entre 100 para expresarlos en litros por minuto.



Tabla1. 4. Factor de corrección según la edad (en años).

Edad	VO <sub>2</sub> máx
17-30	1,00
31-35	0,99
36-40	0,94
41-45	0,89
46-50	0,85
51-55	0,80
56-60	0,76
61-65	0,71
66-70	0,67
71-75	0,62
76-80	0,58

Fuente[23]: Manero (1991)

#### 1.4.4. Ecuación de la MAPFRE

Entre las expresiones para determinar la Capacidad de Trabajo Físico (CTF) se encuentra la desarrollada por la MAPFRE en 2009, donde se define una ecuación para hombres y otra para mujeres las cuales se presentan a continuación:

$$\text{(Hombres) } CTF = (75 - 0.4 \times edad) \times peso\ magro^{2/3}$$

$$\text{(Mujeres) } CTF = (56 - 0.35 \times edad) \times peso\ magro^{2/3}$$

Donde

$$peso\ magro = 98.42 + 1.082 \times Pc - 4.5 \times \phi_c$$

$$\phi_c = Lc \div \pi$$

CTF: Capacidad de Trabajo Físico [watt]

Pc: peso corporal [kg]

Lc: longitud de la cintura [cm]

$\phi_c$ : Diámetro de la cintura [cm]

#### 1.4.5. Nomograma para calcular el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max) y la frecuencia cardiaca máxima (FC máx.) en trabajadores cubanos de uno y otro sexo.

El procedimiento establecido queda registrado en la NC19-00-07:87.[18]

El método[18] para evaluar la capacidad de trabajo físico (CTF), es aplicable a toda persona de ambos sexos de 17 a 60 años de edad, este permite estimar la CTF con un error de  $\pm 15\%$ .

No se aplicará en deportistas habituales, trabajadores enfermos, ni a trabajadores después de realizar trabajos físicos extenuantes.

### Generalidades

Solo será aplicado por personal médico y técnico de la salud que se encuentren entrenados, en locales o lugares con condiciones microclimáticas normales y no puede ser aplicado hasta pasada dos horas de la ingestión de alimentos principales (almuerzo y comidas)

### Fundamento del método

Este se fundamenta en la estimación indirecta del consumo máximo de oxígeno, el cual expresa la capacidad física de trabajo. Se basa en la relación lineal existente entre el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardiaca y la carga de trabajo submáxima. Se determina la frecuencia cardiaca en el trabajador después de ser sometido a la carga de trabajo submáxima y con la cifra de la masa corporal se localizará en el nomograma (ver anexo 1) el consumo máximo de oxígeno.

### Procedimiento

Pueden utilizarse dos modalidades en dependencia del recurso disponible banco o bicicleta, con ambas se obtendrá el mismo resultado.

Se pesará el trabajador, preferiblemente con ropa ligera y descalzo, utilizando como unidad de medida el kg y se medirá la frecuencia cardiaca y la presión arterial en reposo.

### Modalidad banco

1- Se realizará un entrenamiento previo durante 1 min, en el cual se asignará a los hombres una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 16 veces en 1 min.

A las mujeres se le asignará una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 12 veces en 1 min.

Las subidas y bajadas se realizarán de frente al banco, tres pasos hacia arriba y tres pasos hacia abajo. En ambos casos se apoyarán los dos pies en el peldaño superior y en el piso.

2- Se esperará a que la frecuencia cardiaca se recupere hasta el valor inicial del reposo.

3- En la realización de la prueba se aplicará lo establecido en el paso 1, durante 5 min de forma continua.

4- Se medirá la frecuencia cardiaca en los 15 segundos inmediatos a la terminación de la prueba.

#### Modalidad bicicleta

1- Para asignar la carga de trabajo submáxima en la bicicleta se utiliza el nomograma (ver anexo 1). Se localizará la masa corporal en la escala correspondiente al sexo (ver en anexo1 escala 3 y 4). Se trazará una línea horizontal desde está a la escala que expresa la carga en watt de la bicicleta (ver en anexo 1 escala 6), el valor determinado en dicha escala será la carga en watt que le corresponde a ese trabajador.

2-Se realizará un entrenamiento previo durante 1 min con la carga de trabajo submáxima obtenida a un pedaleo de 50 r. /min.

3-Se esperará a que la frecuencia cardiaca se recupere hasta el valor inicial del reposo.

4- A continuación se aplicará al trabajador la carga de trabajo submáxima obtenida, por espacio de 5 min a 50 r. /min, de forma continua.

5-Se medirá la frecuencia cardiaca en los 15 segundos inmediatos a la terminación de la prueba.

#### Expresión de los resultados

Método de cálculo del volumen máximo de oxígeno ( $VO_{2m\acute{a}x}$ )

1- De la cifra de masa corporal (ver en anexo 1 escala 3 y 4) se proyecta horizontalmente a la escala de consumo de oxígeno (5) y de esta se proyecta a la escala de frecuencia cardiaca (1) en la cifra encontrada inmediatamente después de terminada la ejecución del trabajo submáximo, en el punto en que la línea intercepta la escala de  $VO_{2m\acute{a}x}$  (2), será el consumo de oxígeno de la persona investigada.

Este procedimiento se hará utilizando la escala correspondiente de cada sexo.

2- El valor de consumo máximo de oxígeno obtenido se multiplicará por el factor de corrección (ver en anexo 1 la tabla Factor de corrección por edades), de acuerdo con la edad para obtener el valor definitivo.

### **1.5. Valoración de los métodos para calcular Capacidad de Trabajo Físico**

Existen varios métodos para determinar capacidad de trabajo físico, que se apoyan en la realización de pruebas a individuos aplicando diferentes cargas de trabajo submáximas. En la tabla 1.4 se indican los diferentes métodos que recoge la literatura para determinar capacidad de trabajo físico.

Cuadro1. 4. Valoración de los métodos

Métodos	Breve descripción	Pruebas determinísticas	Tecnología necesaria	Ventajas para esta investigación	Desventajas para esta investigación	Importancia
<b>Método de Regresión Lineal</b>	Consiste en someter al individuo a tres cargas de trabajo diferentes como mínimo, en un veloergómetro, midiendo el ritmo cardíaco en régimen estable en el intervalo de 100 – 120 hasta 150 – 180 pulsaciones por minuto.	Pruebas de esfuerzo submáximo asignando tres cargas de trabajo como mínimo	Veloergómetro	- Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Someten al individuo a pruebas</li> <li>- Necesidad de un veloergómetro</li> </ul>	Libro de Ergonomía
<b>Estimación a partir de expresiones empíricas</b>	A partir de pruebas de resistencia en el veloergómetro o corriendo en una pista durante 720 segundos	Pruebas de resistencia	Veloergómetro	Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Someten al sujeto a pruebas resistencia</li> <li>- Algunos requiere de una tecnología</li> </ul>	Libro de Ergonomía
<b>Prueba del escalón(Manero 1991)</b>	Se basa en la aplicación de tres cargas físicas escalonadas en un banco a un ritmo de subida y bajada específico y con el control de la frecuencia cardíaca (FC) como indicador de esfuerzo. El límite de	Pruebas de esfuerzo submáximo asignando Tres cargas de trabajo	Escalón	Está configurado para las características población cubana.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La persona es sometida a tres cargas de trabajo submáximo.</li> <li>- requiere de escalón para su aplicación</li> </ul>	Libro de Ergonomía

	carga está referido a un compromiso cardíaco superior al 65 por 100 de la frecuencia cardíaca máxima (Fcmáx) estimada.					
<b>Ecuación de la MAPFRE(2009)</b>	Depende de variables morfofisiológicas como: edad, sexo, peso corporal, longitud de cintura.	_____	_____	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No depende de pruebas de esfuerzo submáximo</li> <li>- No requieren de una tecnología</li> <li>- Está basado en variables morfofisiológicas</li> </ul>	Está basado en poblaciones con características antropométricas y fisiológicas diferentes a las de la población cubana	Conferencia de MAPFRE (2009)
<b>Nomograma (Manero 1986)</b>	Se basa en la relación lineal existente entre el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca y la carga de trabajo submáxima. Se determina la frecuencia cardíaca en el trabajador después de ser sometido a la carga de trabajo submáxima y con la cifra de la masa corporal se localizará en el nomograma el consumo máximo de oxígeno.	Aplica pruebas determinísticas pero solo con una carga de trabajo	Escalón o veloergómetro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está diseñado para la población cubana</li> <li>- Someten al individuo a una prueba de esfuerzo submáximo</li> </ul>	Requiere de un escalón o veloergómetro para su aplicación	NC19-00-07:87

Fuente: elaboración propia

La tabla 1.4 establece una serie de comparaciones entre los métodos utilizados para el cálculo de la capacidad de trabajo físico. La mayoría de estos métodos se basan en la aplicación de pruebas de esfuerzo submáximo y requieren de determinada tecnología para su realización, suele ser complicado y exige una gran cooperación de los sujetos, quienes son sometidos a cargas submáximas de trabajo que no podrían imponerse a personas con trastornos cardiovasculares y respiratorios. La ecuación de la MAPFRE representa una gran ventaja en este sentido porque no depende de pruebas de esfuerzo submáximo, ni requieren de una tecnología y está basado en variables morfofisiológicas, como desventaja es que está diseñado para poblaciones con características antropométricas y fisiológicas diferentes a la cubana, para su uso es necesario ajustarla a lo morfofisiología de los cubanos ya que representa un avance para facilitar el cálculo de la Capacidad de trabajo físico. El nomograma de Manero es otro método que presenta superioridad, este está diseñado para la población cubana, someten al individuo a una solo prueba de esfuerzo submáximo y está registrado en la NC19-00-07:87 vigente en la actualidad.

#### **1.6. Conclusiones parciales del capítulo**

- 1- Se establece el contexto teórico de la temática de investigación y principales definiciones de Capacidad de trabajo físico, frecuencia cardiaca, peso magro, carga de trabajo submáxima, entre otras.
- 2- Se analizaron cada una de estas definiciones y se emitieron propias consideraciones.
- 3- Se identificaron los principales métodos para calcular capacidad de trabajo físico emitidos por diferentes autores y en qué consistían cada uno de estos.
- 4- La ecuación de la MAFRE y el nomograma de Manero son los métodos que presentan mayores ventajas para esta investigación.

## *Capítulo II. Descripción del procedimiento*

Este capítulo expone las condiciones para la realización de la prueba, el procedimiento para la determinación de la capacidad de trabajo físico por el método del nomograma de Manero (1986) desarrollado por la NC19-00-07:87 y por la ecuación de la MAPFRE, se describe como se realizó la prueba y como se procesan los datos; para dar solución a la problemática de la investigación, así como, las principales herramientas y métodos a utilizar.

### **2.1. Procedimiento para realizar el estudio.**

#### **2.1.1. Determinar las condiciones estándar para la realización de la prueba**

Para la realización del experimento se deben tener en cuenta las condiciones siguientes:

Por parte del paciente

- Ausencia patologías cardiorrespiratorias.
- No haber ingerido alimentos de 2 a 3 horas antes.
- No haber realizado esfuerzos importantes desde el día anterior a la prueba.
- No haber tomado estimulantes (café, té o cola).

Por parte del personal del laboratorio y de la instalación

- Ambiente tranquilo del laboratorio, con presencia del personal especializado solamente.
- Se explica al paciente el desarrollo de la prueba.
- Habitación bien ventilada, con una temperatura ambiental entre 20 y 24 grados y una humedad relativa de 40 a 60%.

#### **2.1.2. Seleccionar la muestra**

Para la realización de la prueba, el primer paso a seguir fue la selección de una muestra piloto, partiendo de una población de 60 individuos, los cuales son estudiantes de Ingeniería Industrial. El rango etario de los ismos se encuentra entre los 20 y 23 años de edad. Del total de individuos presentados, el 100% fue sometido a un riguroso examen físico y mental por una comisión médica especializada, donde se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

- Ausencia de patologías cardiorrespiratorias.
- No haber tomado estimulantes (café, té o cola).
- Haber obtenido un resultado satisfactorio en la aplicación del test.

- No haber sido atleta o deportista de alto rendimiento
- No haber realizado esfuerzos importantes desde el día anterior a la prueba.

### 2.1.3. Seleccionar la Modalidad a utilizar

Como se plantea en la NC19-00-07:87 pueden utilizarse dos modalidades en dependencia del recurso disponible banco o bicicleta, con ambas se obtendrá el mismo resultado.

### 2.1.4. Determinar los equipos necesarios

- Escalón de 25 cm de altura, 80 cm de largo y 40 cm de profundidad o veloergómetro (ver figura 2.2) para la realización de la prueba.

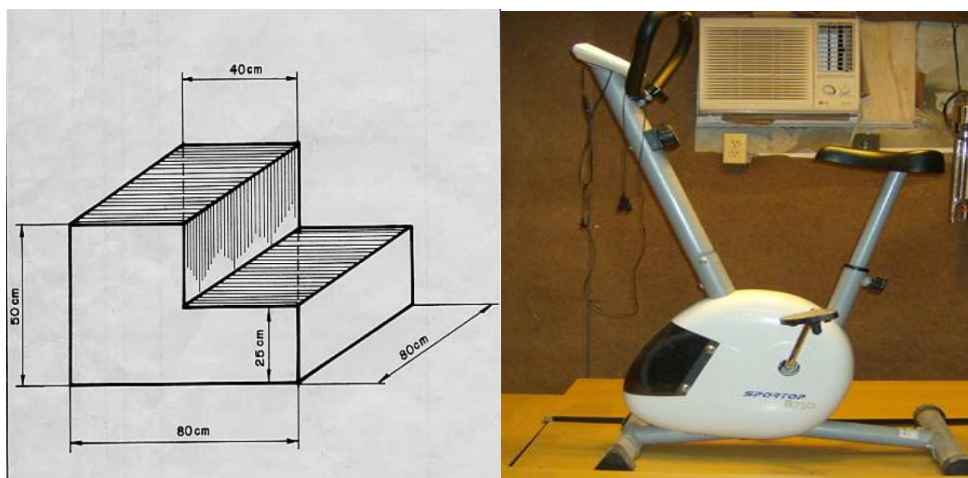


Figura2. 1. Escalón o banco y veloergómetro

Fuente: Barrera 2013

- Un pulsómetro o monitor de ritmo cardíaco (ver figura 2.3) es un dispositivo que permite a un usuario medir su frecuencia cardíaca en tiempo real. Consta de dos elementos: una cinta transmisora para el pecho y un receptor de muñeca (que es un reloj). La cinta del pecho tiene los electrodos en contacto con la piel para controlar electrónicamente las pulsaciones del corazón. Cuando se detecta uno los latidos del corazón se transmite una señal de radio, que el receptor utiliza para determinar la frecuencia cardiaca. Esta señal puede ser un simple pulso de radio o una única señal codificada desde la correa de pecho, que impide que otro usuario cercano que use también un transmisor semejante reciba la señal (conocida como diafonía, un tipo de interferencia).





Figura 2. 2. Pulsómetro, cinta y reloj

Fuente: Barrera 2013.

- Metrónomo de software, produce regularmente una señal acústica y da un ritmo constate, el cual marca el ritmo a seguir durante la prueba en caso de utilizar el escalón.

#### 2.1.5. Determinar la capacidad de trabajo físico a la muestra seleccionada

Es necesario seguir los pasos que se muestran a continuación para la determinación de la capacidad de trabajo físico utilizando la modalidad banco o escalón.

- 1- Se toman todos los datos necesarios de los estudiantes como son: sexo, edad en años, peso corporal en Kg, longitud de la cintura (cm) en el caso de los hombres y la cadera en el caso de las mujeres, se introducen en tablas 2.1 y 2.2 con el siguiente formato.

Tabla 2. 1. Datos de las mujeres

Mujer	No.	Nombre	Edad	Peso corporal	Lc

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. 2. Datos de los hombres

Hombre	No.	Nombre	Edad	Peso corporal	Lc

Fuente: elaboración propia

- 2- Se explica a cada persona en que consiste la prueba, como se va realizar y se le coloca el pulsómetro lo más ajustado posible y con el reloj a no más de 50 cm de la cinta que va colocada en el pecho, como se observa en la figura 2.3.

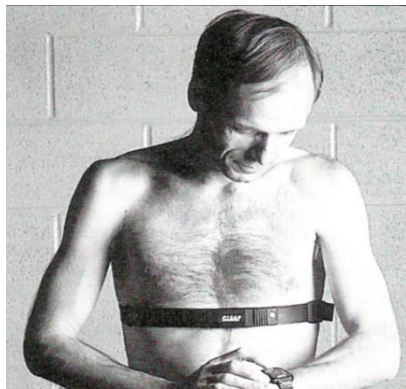


Figura 2. 3. Colocación del pulsómetro

Fuente[2]: Fisiología del esfuerzo y del deporte

- 3- Se toma la frecuencia cardiaca de reposo durante 10 minutos, donde el individuo debe estar sentado y relajado.
- 4- Pasado los 10 minutos se realizará un entrenamiento previo durante 1 min, en el cual se asignará a los hombres una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 16 veces en 1 minuto. A las mujeres se le asignará una carga de trabajo submáxima consistente en subir y bajar el banco 12 veces en 1 min. Las subidas y bajadas se realizarán de frente al banco, tres pasos hacia arriba y tres pasos hacia

abajo. En ambos casos se apoyarán los dos pies en el peldaño superior y en el piso. (ver figura 2.5).

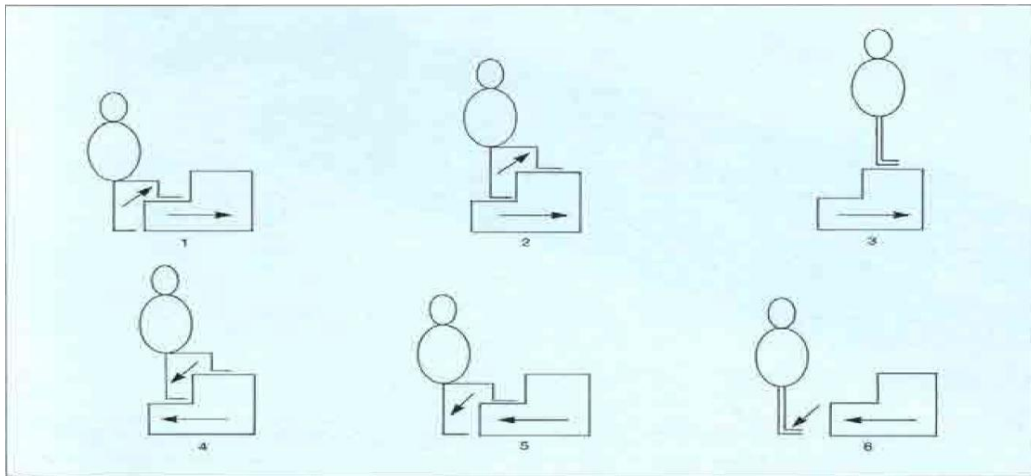


Figura 2. 4. Procedimiento para la prueba de escalón

Fuente: Manero 1986

- 5- Luego del entrenamiento, se espera a que la frecuencia cardiaca del estudiante se recupere hasta el valor inicial del reposo.
- 6- Una vez recuperado, se procede a la realización de la prueba como mismo se realizó durante el entrenamiento (paso 4), pero durante 5 minutos de forma continua.
- 7- Pasado los 5 minutos de la prueba se toma el valor de la frecuencia cardiaca que marque el pulsómetro en ese instante, esta es la frecuencia cardiaca submáxima que se lleva al nomograma de Manero (1986).
- 8- Determinar la capacidad de trabajo físico con el nomograma de Manero (1986).

Procedimiento para determinar la CTF a partir de la frecuencia cardiaca submáxima obtenida de la prueba del escalón (banco), (ver figura 2.5).

En la escala (Banco/kg) ♂ se ubica la cifra del peso corporal (Kg) si es hombre y si es mujer se ubica la cifra del peso corporal en la escala (Banco/kg) ♀, a partir de esta se traza una recta horizontal hacia la escala de consumo submáximo de oxígeno ( $Vo_2/L/min$ ) a la derecha y de esta última se traza otra línea a la escala frecuencia cardiaca (latidos/minutos) submáxima en el punto donde esté el valor de la frecuencia cardiaca submáxima obtenido de la prueba del escalón (banco) realizada al individuo. En el punto que esta línea intercepta la escala de consumo máximo de oxígeno ( $Vo_{2max}/L/min$ ), será la CTF en ( $LO_2/min$ ). Este valor de CTF en ( $LO_2/min$ ) se rectifica a partir de la tabla (factor de corrección por la edad) que ofrece el propio nomograma,

multiplicando ese valor por el de  $\dot{V}O_{2max}$  de la tabla según el rango de edad en que este el individuo analizado. Para mejor entendimiento ver en la figura 2.5 el ejemplo que queda ilustrado.

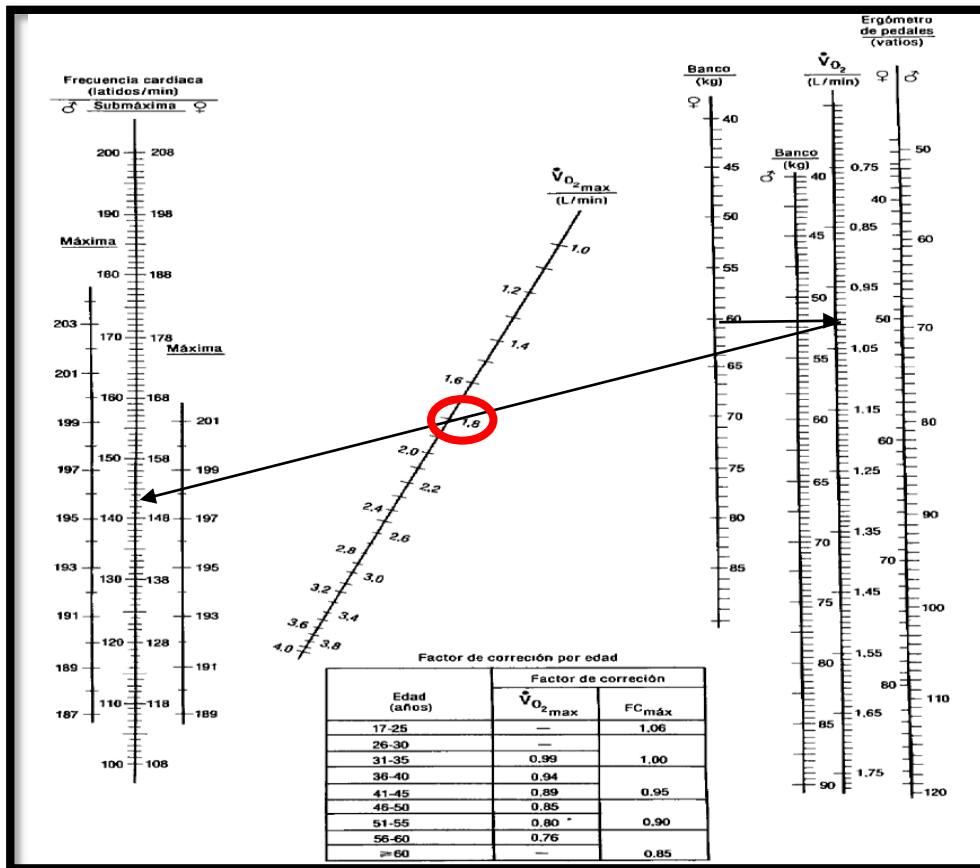


Figura2. 5. Nomograma

Fuente[1]: Manero 1986

Llevar el valor de la capacidad de trabajo físico obtenida por el nomograma en ( $LO_2/min$ ) a (watt).

$$CTF(Watt) = V_{O_2} \left( \frac{L_{O_2}}{min} \right) \times 20 \left( \frac{KJ}{L_{O_2}} \right) \times \frac{1000}{60} (min)$$

9- Calcular capacidad de trabajo físico a través de la ecuación de la MAPFRE

-Obtener todos los datos necesarios como son: sexo, peso corporal [kg], longitud de la cintura [cm], edad en años.

-Una vez identificado el sexo del evaluado se sustituyen los datos en la ecuación correspondiente de CTF y calcularla.

$$CTF = (75 - 0.4 \times edad) \times peso\ magro^{2/3} (\text{Hombres})$$

$$CTF = (56 - 0.35 \times edad) \times peso\ magro^{2/3} (\text{Mujeres})$$

Donde

$$\text{peso magro} = 98,42 \times 1,082 \times Pc - 4,5 \times \phi c$$

$$\phi c = Lc \div \pi$$

CTF: Capacidad de Trabajo Físico [watt]

Pc: peso corporal [kg]

Lc: longitud de la cintura [cm]

$\Phi c$ : Diámetro de la cintura [cm]

10- Llevar los datos a una hoja Excel para facilitar los cálculos la tabla puede seguir el siguiente formato, ver tablas

Tabla 2. 2. Datos de los hombres

							MASCULINO		
Nombre	Sexo (M/F)	Edad	Peso (kg)	Lc (cm)	Peso Magro (kg)	VO2máx. (Nomograma)		CTF [W] (Nomograma)	CTF [W] (MAPFRE)

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. 3. Datos de las mujeres

							FEMENINO		
Nombre	Sexo (M/F)	Edad	Peso (kg)	Lc (cm)	Peso Magro (kg)	VO2máx. (Nomograma)		CTF [W] (Nomograma)	CTF [W] (MAPFRE)

Fuente: elaboración propia

### 2.1.6. Analizar los datos de CTF nomograma y CTF MAPFRE

Procesar los datos en el software Statgraphics Centurion

#### Pasos:

- a) Poner el nombre a las columnas dando doble clic encima de (col\_1), saldrá una ventana donde podrás escribir el nombre de esa columna y se da clic en aceptar.

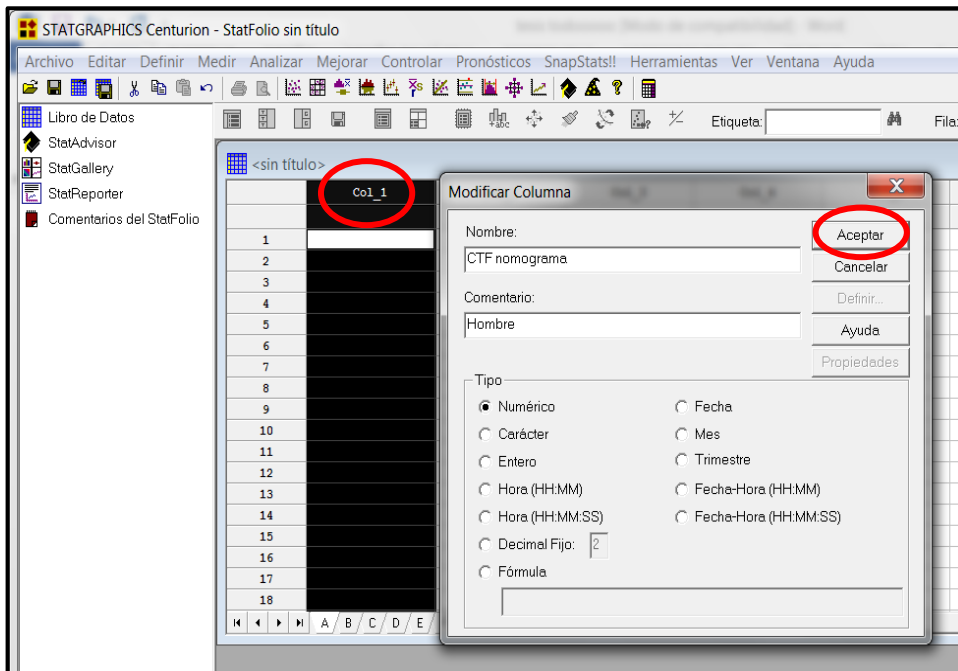


Figura 2.6. Procesamiento de datos

Fuente: software Statgraphics Centurion

- b) Se introducen los resultados de cada uno de los métodos, se copian los valores de CTF [W] Nomograma y CTF [W] MAPFRE de la hoja Excel y se pegan en las columnas correspondientes en el Statgraphics.
- c) Determinar si datos son provenientes de una distribución normal se va a la barra de tareas, se da clic en Analizar/Datos Continuos/Comparación de dos Muestras/Muestras pareadas.

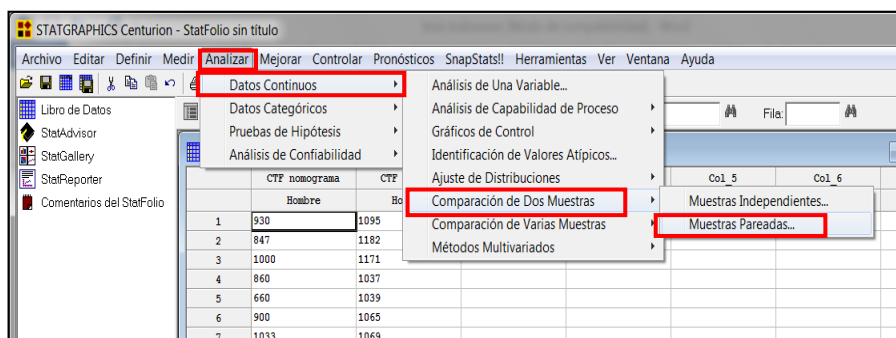


Figura 2.7. Procesamiento de datos

Fuente: software Statgraphics Centurion

Saldrá una ventana para definir muestra1 y muestra 2 y se da clic en aceptar.

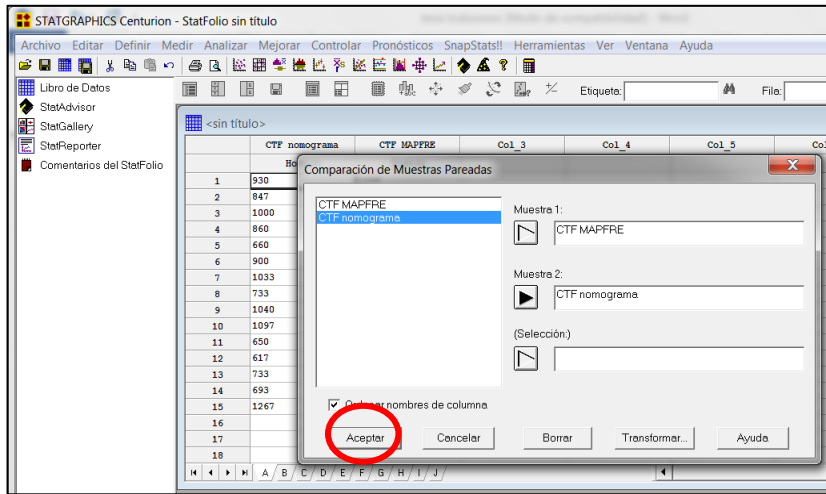


Figura 2.8. Procesamiento de datos

Fuente: software Statgraphics Centurion

Saldrán cuatro cuadrantes: el resumen del análisis, gráfico de dispersión, resumen estadístico y el gráfico de cajas y bigotes; de estos el resumen estadístico es el que nos define si los datos son provenientes de una distribución normal

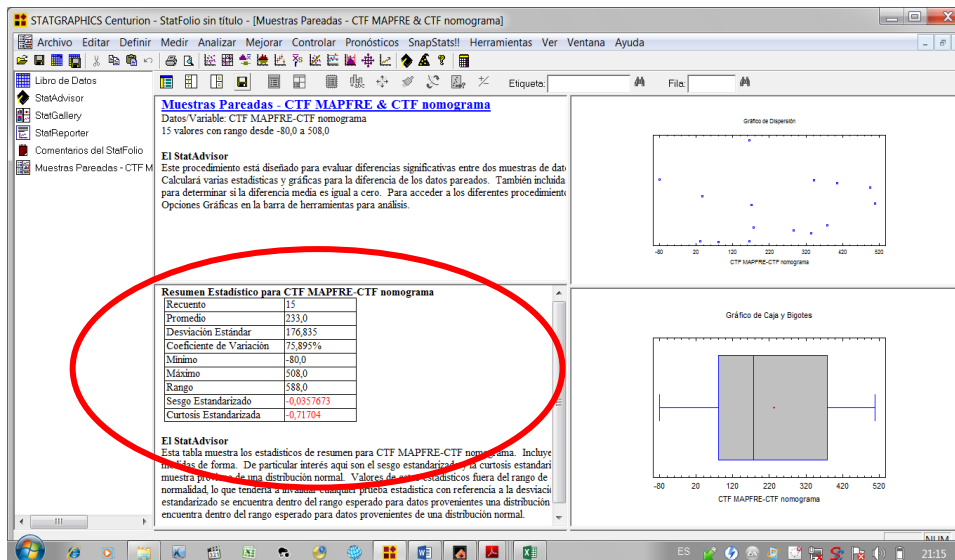


Figura 2.9. Procesamiento de datos

Fuente: software Statgraphics Centurion


## Resumen Estadístico

La ventana del Resumen Estadístico calcula un número de diferentes estadísticas para las  $n$  diferencias pareadas:

La mayoría de las estadísticas caen en una de tres categorías:

1. Medidas de tendencia central – estadísticas que caracterizan el “centro” de los datos.
2. Medidas de dispersión – estadísticas que miden la dispersión de los datos.
3. Medidas de forma – estadísticas que miden la forma de los datos con respecto a una distribución normal.

De particular interés es el rango de la diferencia, el sesgo y la curtosis estandarizados ambos deben estar entre  $-2$  y  $+2$ , lo que indica que no hay desviación significativa y los datos son provenientes de una distribución normal.

- d) Para comprobar si no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras, se da clic en el icono tabla  y saldrá una nueva ventana donde se señalará prueba hipótesis, resumen estadístico, y resumen del análisis /Aceptar.

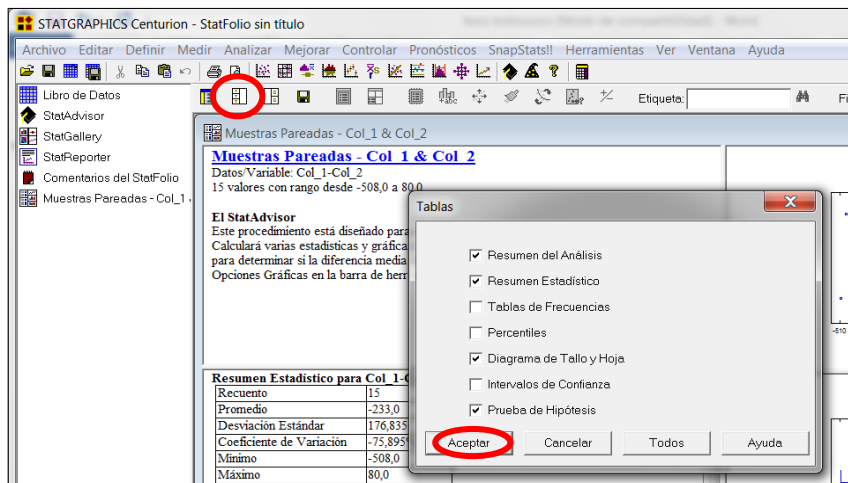


Figura 2.10. Procesamiento de datos

Fuente: [software Statgraphics Centurion](#)

Saldrán nuevos cuadrantes y se analizará el que se refiere a Prueba Hipótesis dentro de esta la prueba t.



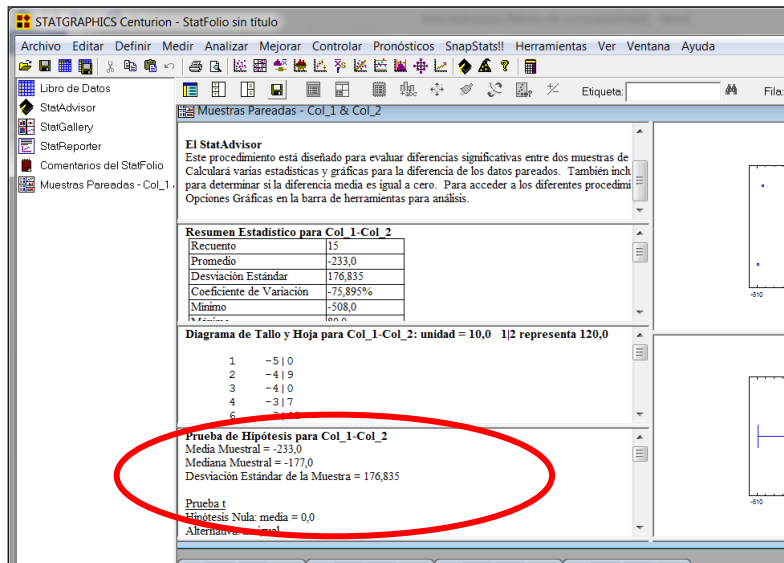


Figura 2.11. Procesamiento de datos

Fuente: [software Statgraphics Centurion](#)

### Pruebas de Hipótesis

La tabla anterior muestra los resultados de la prueba t:

- Estadístico t calculado – el valor calculado t
- Valor de P – un valor que puede ser usado para rechazar la hipótesis nula si es lo suficientemente pequeño. Al nivel de significancia  $\alpha = 5\%$ , la hipótesis nula se rechazará si  $P < 0.05$ .

Si se rechaza la hipótesis nula es señal de que existen diferencias estadísticamente significativas, en caso contrario no existen tales diferencias, lo que significa que si no se rechaza la hipótesis nula entonces es posible utilizar la ecuación empírica de la MAPFRE para determinar CTF en la población cubana.

- e) Cuando se rechaza la hipótesis nula es señal de que existen diferencias estadísticamente significativas y se determina la diferencia ( $\Delta$ ) entre los valores de cada método y el porcentaje (%) que representa esa diferencia con respecto a los valores de CTF (MAPFRE) para cada uno de los muestreados, las ecuaciones son las siguientes:

$$\Delta = CTF_{MAPFRE} - CTF_{nomograma}$$

$$\% \text{ de diferencia} = \frac{\Delta}{CTF_{MAPFRE}} \times 100$$

- f) Se comprueba si los valores del % de diferencia siguen una distribución normal, se introduce en el Statgraphics lo columna correspondiente a los % de diferencia y se da clic en Analizar/Datos continuos/Ajuste de distribución/Ajuste de datos no censurados.

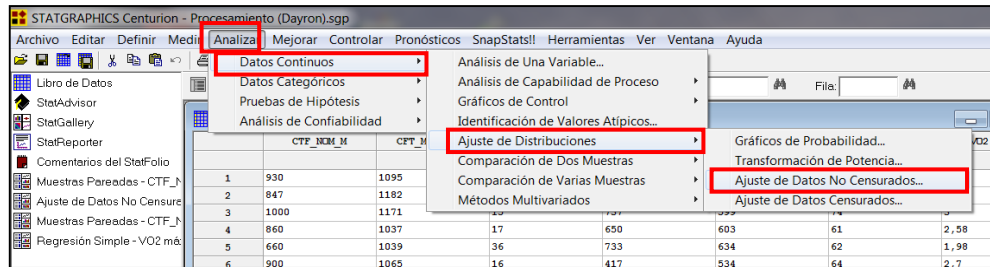


Figura 2.12. Procesamiento de datos  
Fuente: software Statgraphics Centurion

Saldrá una nueva ventana se marca la columna de % de diferencia y se da clic en el botón de datos y clic en aceptar.

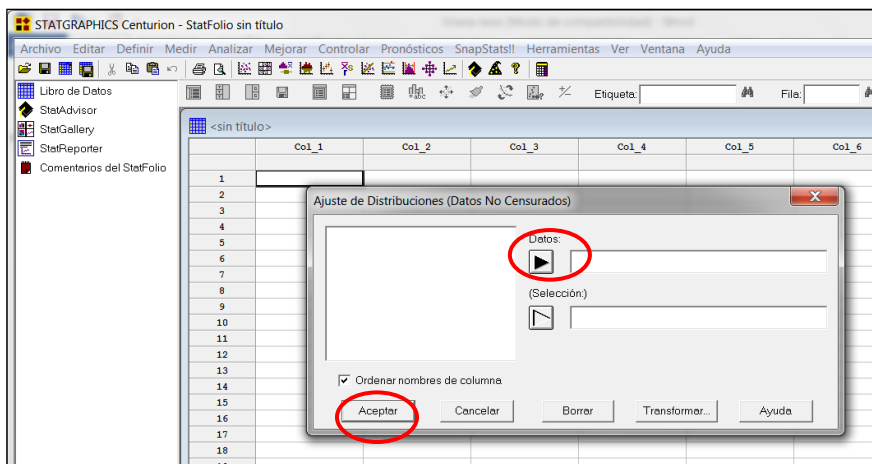


Figura 2.13. Procesamiento de datos  
Fuente: software Statgraphics Centurion

Después se va al icono tabla se marca prueba de normalidad y se da clic en aceptar.

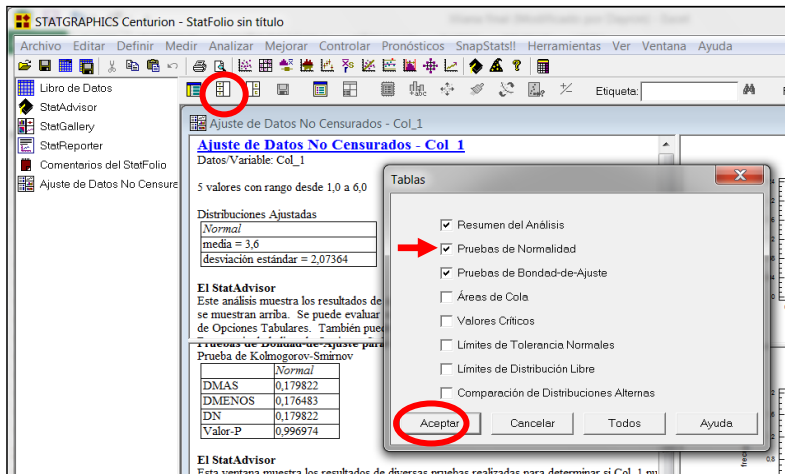


Figura 2.14. Procesamiento de datos  
Fuente: software Statgraphics Centurion

Salen nuevos cuadrantes, el que se analiza es prueba de normalidad la prueba Shapiro-Wilk.

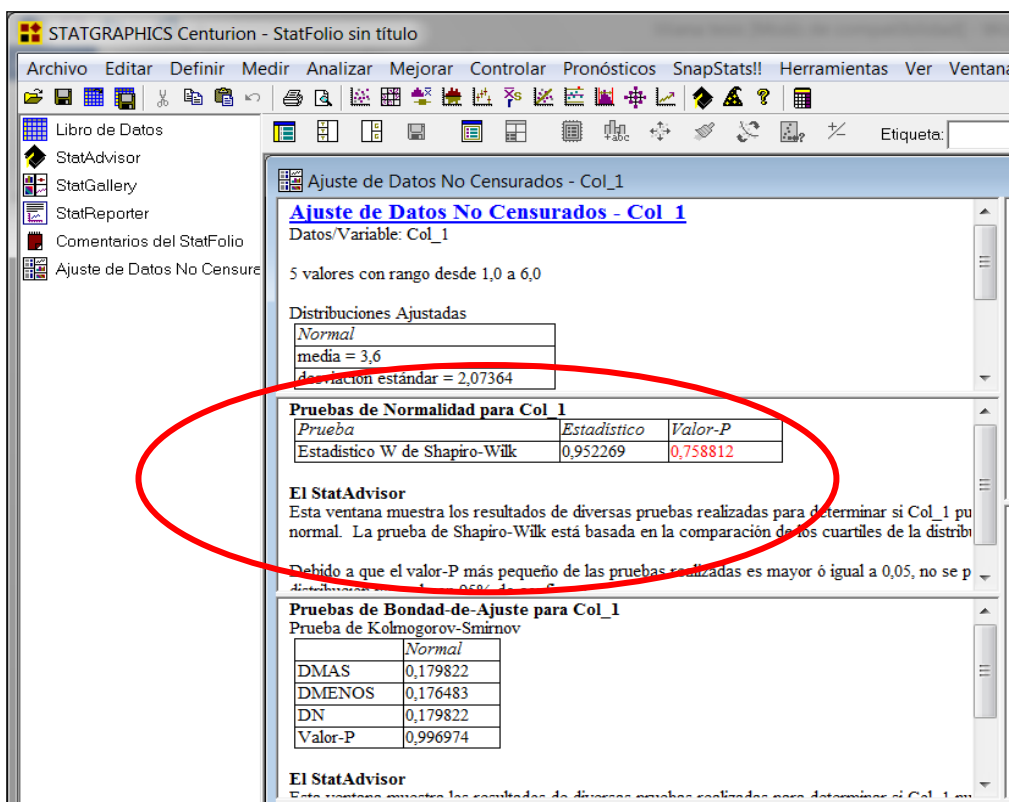


Figura 2.15. Procesamiento de datos  
Fuente: software Statgraphics Centurion

Una vez comprobada la normalidad se determina la media del % de diferencia y ese es el valor por el cual se ajusta la ecuación de la MAPFRE a la población cubana.

g) Calcular la CTF ajustada

$$CTF \text{ ajustada} = CTF \text{ MAPFRE} - (\% \text{ de diferencia} \times CTF \text{ MAPFRE})$$

Se compara con CTF nomograma para probar que no existan diferencias estadísticamente significativas se realiza como se explica en el inciso d).

## 2.2. Conclusiones parciales del capítulo

1. Se explica el procedimiento para la realización del experimento.
2. Para el procesamiento y validación de los datos se utiliza el Excel (2013) y el software Statgraphics Centurion.
3. Las variables morfofisiológicas que están presente en la ecuación de la MAPFRE son: la edad, el sexo, peso corporal, la longitud de la cintura.
4. Para analizar diferencias estadísticamente significativas se utiliza la prueba t-Student y para comprobar normalidad la Shapiro-Wilk.

## *Capítulo III. Análisis de los resultados*

Este capítulo aborda los principales resultados obtenidos en el desarrollo del experimento, se determina si no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos y se determina el ajuste de la ecuación de la MAPFRE con respecto al nomograma de Manero (1986) para determinar capacidad de trabajo físico en la población cubana.

### **3.1. Condiciones para la realización de la prueba**

- Ambiente tranquilo del laboratorio, con presencia del personal especializado solamente.
- Habitación bien ventilada, con una temperatura ambiental de 23 grados y una humedad relativa de 50%.

### **3.2. Muestra seleccionada**

Para la realización de este estudio se seleccionó una muestra piloto de 30 personas de los cuales 15 son hombres entre los 20 y 22 años y las otras 15 son mujeres entre 20 y 21 años de edad, dichos individuos fueron seleccionados de una población de 60 personas después de haber sido sometidos a un riguroso examen físico y mental por una comisión médica especializada y teniendo en cuenta el procedimiento del epígrafe 2.1, por lo que todos se encuentran aptos para la desarrollar el experimento. El tipo de muestreo empleado fue no probabilístico, realizado por conveniencia con el pilotaje y los elementos implicados son estudiantes del tercer año de la carrera de Ingeniería Industrial.

### **3.3. Modalidad de la prueba**

La modalidad que se utiliza para realizar el experimento fue la del banco o escalón, era con lo que se contaba en ese momento en el laboratorio, el veloergómetro no tenía las características necesaria para esta prueba, pero por ambas modalidades da el mismo resultado.

### **3.4. Equipos utilizados**

Los equipos utilizados fueron:

- Pulsómetro, para medir frecuencia cardíaca en tiempo real (ver figura 3.1).
- Escalón (banco) de 25 cm de altura, 80 cm de largo y 40 cm de profundidad (ver figura 3.2).

- Metrónomo de software para mantener un ritmo constante durante la realización de la prueba del escalón.



Figura3. 1. Pulsómetro  
Fuente: Barrera 2013

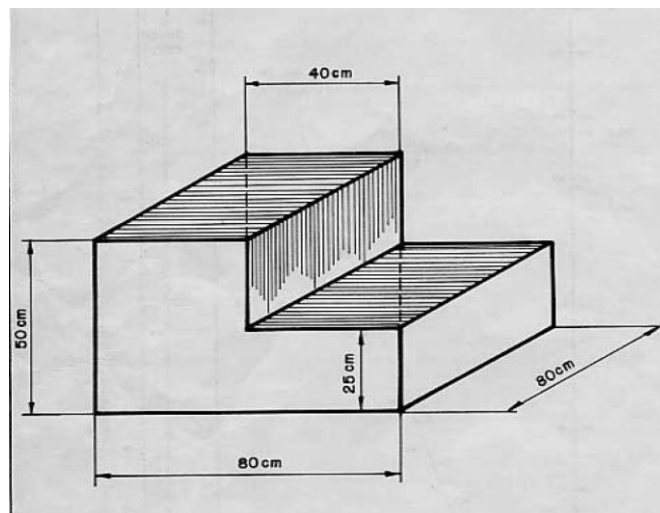


Figura3. 2. Escalón  
Fuente: Barrera 2013

### 3.5. Análisis de los datos obtenidos de los muestreados

Los datos recogidos de la muestra fueron procesados en el Excel 2013 para el cálculo de la capacidad de trabajo físico por el nomograma de Manero y por la ecuación empírica de la Mapfre para hombres y mujeres, los resultados se muestran en las tablas 3.1 y 3.2 respectivamente.

Tabla 3. 1. Resultados del cálculo de capacidad de trabajo físico para hombres.

							MASCULINO	
Nombre	Sexo (M/F)	Edad	Peso (kg)	Lc (cm)	Peso Magro (kg)	VO2máx. (Nomograma)	CTF [W] (Nomograma)	CTF [W] (MAPFRE)
Abel García	M	21	83	92	67	2,79	930	1095
Royland Subiaurt	M	22	74	78	75	2,54	847	1182
omar Yanes	M	21	70	76	74	3	1000	1171
Alexis Ortega	M	21	80	93,5	61	2,58	860	1037
Oswaldo C Alvares	M	21	71	86	62	1,98	660	1039
Juan P Perez	M	21	72	85	64	2,7	900	1065
Erihan Palacios	M	21	65	79	64	3,1	1033	1069
Jose A Talavera	M	22	65	82	60	2,2	733	1019
Dariel Garciarena	M	22	65	75	70	3,12	1040	1120
Yaidel Leyva	M	22	73	81	70	3,29	1097	1128
Adalberto Castro	M	22	78	83	73	1,95	650	1158
Alejandro Castro	M	21	65	76	68	1,85	617	1113
Johan Vega	M	22	80	86	71	2,2	733	1138
Roberto Bello	M	22	76	90	62	2,08	693	1034
Rodolfo Martinez	M	21	91	92	75	3,8	1267	1187

Fuente: elaboración propia

Tabla 3. 2. Resultados del cálculo de capacidad de trabajo físico para mujeres.

							FEMENINO	
Nombre	Sexo (M/F)	Edad	Peso (kg)	Lc (cm)	Peso Magro (kg)	VO2máx. (Nomograma)	CTF [W] (Nomograma)	CTF [W] (MAPFRE)
Daylis santana	F	20	52	85	42	1,6	533	595
Gretel C. Sánchez	F	20	54	96	30	1,95	650	473
Yenis Rodríguez	F	20	56	88	43	2,21	737	599
dayneris yera	F	21	52	84	44	1,95	650	603
Lilíam Lima	F	20	65	93	46	2,2	733	634
Mariam Leon	F	20	40	80	36	1,25	417	534
Monica Villalobos	F	20	50	95	27	1,35	450	441
Diana C Guerra	F	20	47	90	30	1,23	410	476
Lays Alfonso	F	20	50	92	31	1,91	637	483
Yanelis Castañeda	F	21	57	89	42	2,08	693	592
Anabel Mentado	F	20	53	92	34	2,4	800	516
Laura Vega	F	20	50	90	34	1,07	357	510
Yailín Polo	F	20	50	86	39	1,12	373	562
Darisleis Martínez	F	20	57	93	37	1,95	650	546
Diana R Veamonte	F	20	55	96	31	2,41	803	484

Fuente: elaboración propia

En estas tablas quedan registrados todos los datos obtenidos por los estudiantes muestreados, la capacidad de trabajo físico determinada por el método del nomograma de Manero (1986) y por la ecuación de la MAPFRE (2009). El rango de edad analizado está entre los 20 y 22 años, se analizan los datos de los hombres y las mujeres por separados y se puede apreciar claramente que la mayoría de los valores de CTF MAPFRE son mayores que los de CTF nomograma en los hombres principalmente.

### 3.6. Análisis de los valores de capacidad de trabajo físico obtenidos por ambos métodos

Para analizar estos valores se trabajará inicialmente con los datos de los hombres y después se consideran los de las mujeres, se comprueba normalidad, diferencias estadísticamente significativas entre los valores para de ser necesario ajustar la ecuación de la MAPFRE.

#### Hombres

1- Comprobación de normalidad para los datos de CTF nomograma y CTF MAPFRE.

La demostración de normalidad queda reflejada en la figura 3.3 donde aparece el resumen estadístico para CTF del nomograma Y CTF de la MAPFRE.



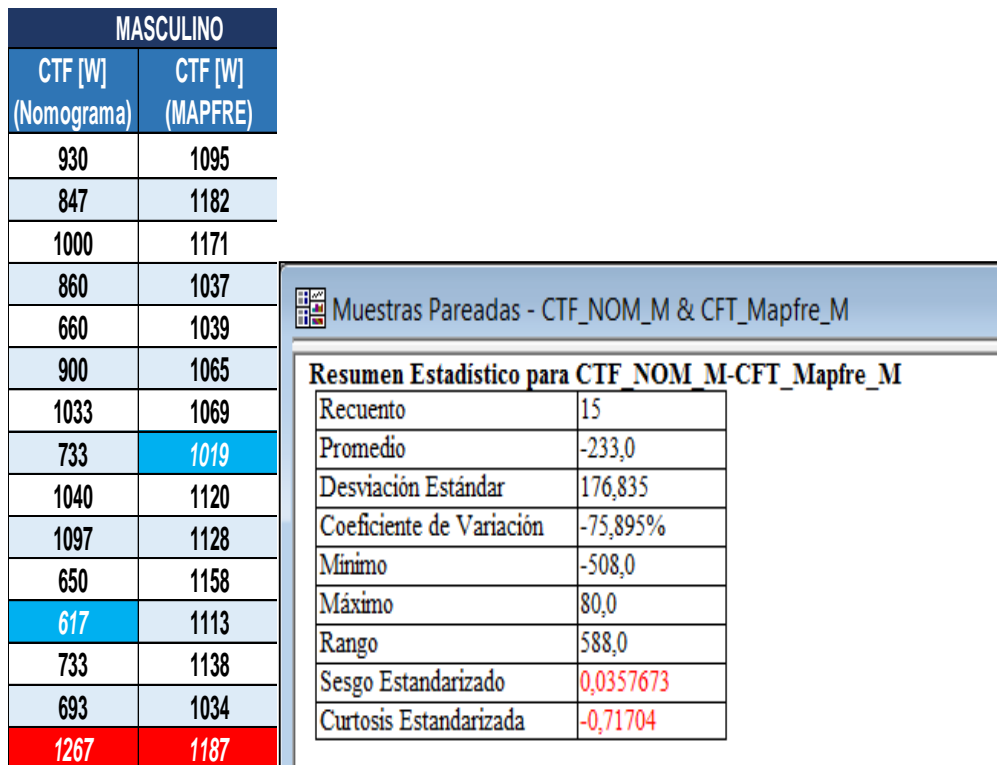


Figura3. 3. Comprobación de normalidad

Fuente: elaboración propia

Esta figura muestra los estadísticos de resumen para CTF MAPFRE-CTF nomograma. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

2- Diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos.

El análisis de las diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos queda reflejado en la figura 3.4, que presenta los resultados de la prueba hipótesis t-Student.

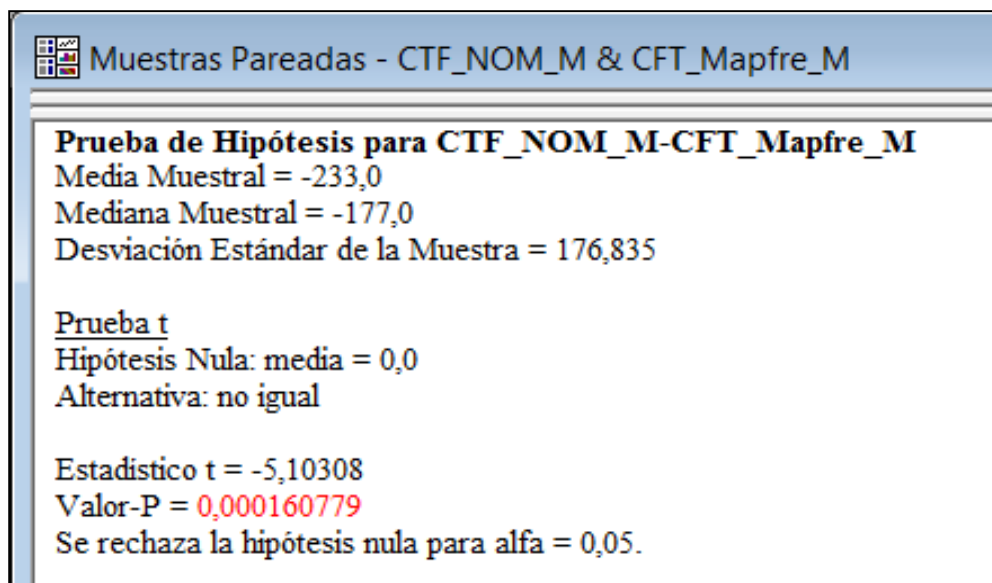


Figura3. 4. Prueba t  
 Fuente: elaboración propia

Esta figura muestra los resultados de la prueba-t que evalúa la hipótesis de que la media de CTF MAPFRE-CTF nomograma es igual a 0,0 versus la hipótesis alterna de que la media de CTF MAPFRE-CTF nomograma es no igual a 0,0. Debido a que el valor-P=0,000160779 para esta prueba es menor que 0,05, se puede rechazar la hipótesis nula con un 95,0% de confianza, lo que significa que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras y en los hombres no es posible utilizar la ecuación de la MAPFRE para calcular CTF.

A partir de este resultado se determina la diferencia ( $\Delta$ ) que no es más que la resta de los valores de CTFMAPFRE menos la CTF nomograma y a esa diferencia se le calcula el % con respecto a los datos de CTF MAPFRE, se divide la  $\Delta$  entre CTFMAPFRE los resultados se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3. Variación entre los métodos

$\Delta$	% difer (-)
165	15
335	28
171	15
177	17
379	36
165	16
36	3
285	28
80	7
32	3
508	44
496	45
405	36
340	33
79	7

Fuente: elaboración propia

Comprobación de normalidad a los porcentos calculados

Se comprueba la normalidad utilizando la prueba Shapiro-Wilk porque los datos analizados son menores que 30 (ver figura 3.5).

Ajuste de Datos No Censurados - % difer M		
Pruebas de Normalidad para % difer M		
Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,92473	0,225554

Figura3. 5. Prueba Shapiro-Wilk

Fuente: elaboración propia

Esta figura muestra los resultados de la prueba Shapiro-Wilk está basada en la comparación de los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Debido a que el valor-P= 0,225554 es mayor que 0,05, no se puede rechazar la idea de que % de diferencia proviene de una distribución normal con 95% de confianza, por tanto los datos analizados son confiables y es posible determinar la media del % de diferencia. Esta queda calculada en la tabla 3.4

Tabla 3. 4. Media del % de diferencia

$\Delta$	% difer (-)
165	15
335	28
171	15
177	17
379	36
165	16
36	3
285	28
80	7
32	3
508	44
496	45
405	36
340	33
79	7
<b>% Media</b>	<b>22</b>

Fuente: elaboración propia

En esta tabla queda determinada la media del % que representa la diferencia entre los valores de CTF nomograma con los de la CTF de la MAPFRE, esta media no es más que el ajuste de la ecuación empírica de la MAPFRE a la población masculina cubana, queda como resultado que para determinar la capacidad de trabajo físico con esta ecuación hay que tener en cuenta un (-22%) de ajuste o lo es lo mismo multiplicar la ecuación por 0.78 en los hombres con edades entre 21 y 22 años.

### 3- Capacidad de trabajo físico ajustada

La capacidad de trabajo físico ajustada se muestra en la tabla 3.5 y el error que de esta con respecto a la determinada con el nomograma.

Tabla 3. 5. Capacidad de trabajo físico ajustada

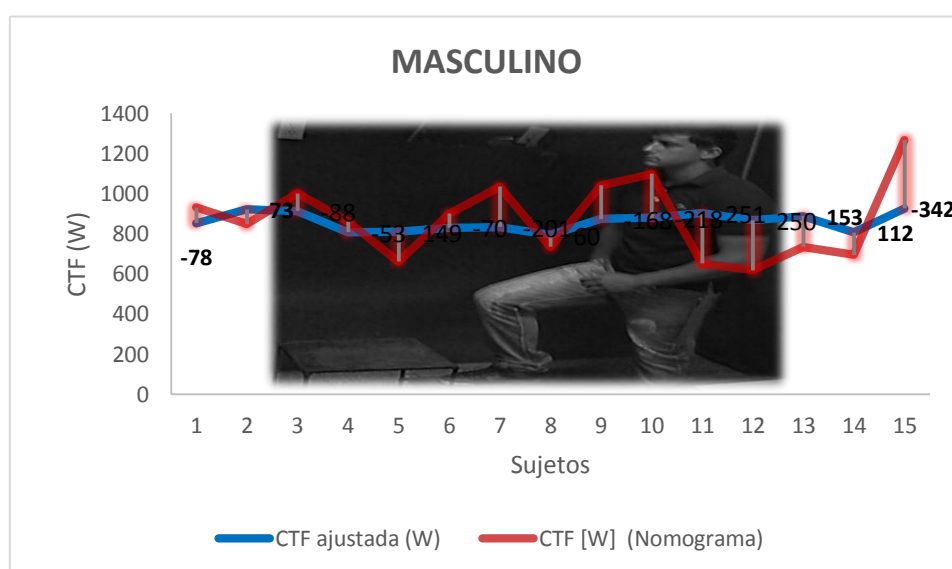
<b>CTF ajustada (W)</b>	<b>ERROR (W)</b>
<b>852</b>	<b>-78</b>
<b>920</b>	<b>73</b>
<b>912</b>	<b>-88</b>
<b>807</b>	<b>-53</b>
<b>809</b>	<b>149</b>
<b>830</b>	<b>-70</b>
<b>833</b>	<b>-201</b>
<b>793</b>	<b>60</b>
<b>872</b>	<b>-168</b>
<b>879</b>	<b>-218</b>
<b>901</b>	<b>251</b>
<b>867</b>	<b>250</b>
<b>887</b>	<b>153</b>
<b>805</b>	<b>112</b>
<b>925</b>	<b>-342</b>

Fuente: elaboración propia

En esta tabla están representados los valores de la capacidad de trabajo físico con el (-22%) de ajuste y el error que responde a la resta de la CTF ajustada menos CTF nomograma.

Para una mejor apreciación quedan representados los datos en el gráfico 3.1 Comparación entre CTF ajustada y CTF nomograma.

Gráfico 3. 1. Comparación entre CTF ajustada y CTF nomograma



Fuente: elaboración propia

En el gráfico se observa que no existen tantas diferencias entre CTF ajustada y la CTF nomograma, en los sujetos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 13, 14 los valores son muy cercanos y el error entre ellos es mínimo.

4- Demostración de normalidad para los datos de CTF nomograma y CTF ajustada

La demostración de normalidad queda reflejada en la figura 3.6 donde aparece el resumen estadístico para CTF del nomograma Y CTF ajustada.

Resumen Estadístico para CTF_NOM_M-CTF ajustada	
Recuento	15
Promedio	11,2
Desviación Estándar	178,337
Coefficiente de Variación	1592,3%
Mínimo	-251,0
Máximo	342,0
Rango	593,0
Sesgo Estandarizado	0,21508
Curtosis Estandarizada	-0,674679

Figura 3. 6. Comprobación de normalidad

Fuente: elaboración propia

Esta tabla muestra los estadísticos de resumen para CTF\_NOM\_M-CTF ajustada. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

- 5- Comprobación de diferencias estadísticamente significativas entre la CTF nomograma y CTF ajustada.

Esta queda reflejada en la figura 3.7, que presenta los resultados de la prueba t-Student.

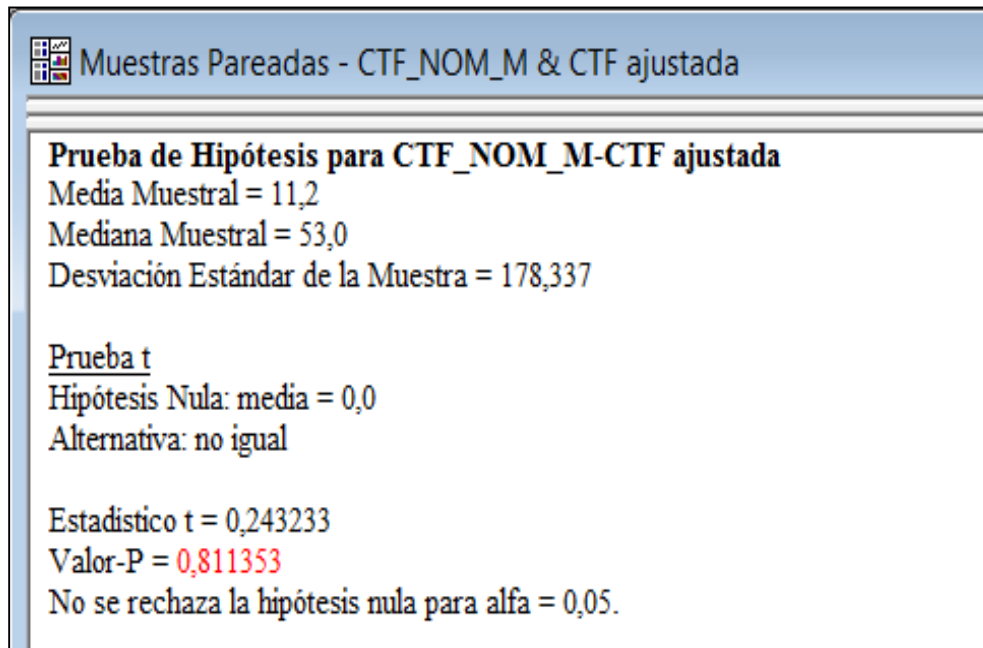


Figura3. 7. Prueba t

Fuente: elaboración propia

Esta figura muestra los resultados de la prueba-t que evalúa la hipótesis de que la media de CTF\_NOM\_M-CTF ajustada es igual a 0,0 versus la hipótesis alterna de que la media de CTF\_NOM\_M-CTF ajustada es no igual a 0,0. Debido a que el valor-P= 0.811353 para esta prueba es mayor que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 95,0%, lo que significa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de CTF nomograma y CTF ajustada.

### Mujeres

- 1- Comprobación de normalidad para los datos de CTF nomograma y CTF MAPFRE.

La demostración de normalidad queda reflejada en la figura 3.8 donde aparece el resumen estadístico para CTF del nomograma Y CTF de la MAPFRE.

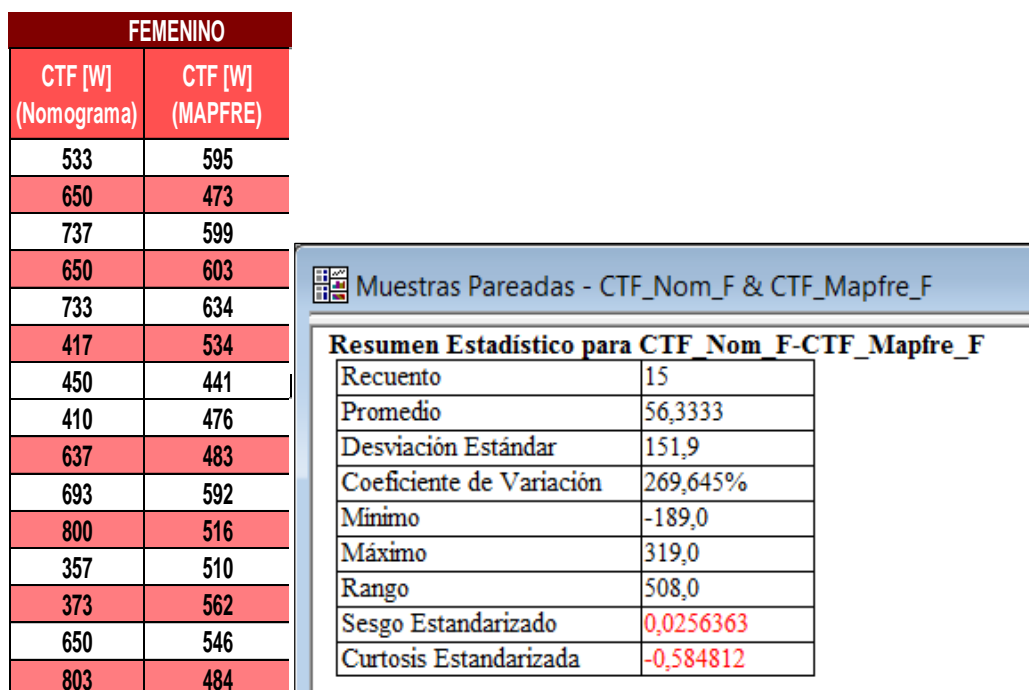


Figura3. 8. Comprobación de normalidad

Fuente: elaboración propia

La figura 3.8 muestra los estadísticos de resumen para CTF Mapfre-CTF Nomograma. Incluye medidas de tendencia central, medidas de variabilidad y medidas de forma. De particular interés aquí son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, las cuales pueden utilizarse para determinar si la muestra proviene de una distribución normal. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar cualquier prueba estadística con referencia a la desviación estándar. En este caso, el valor del sesgo estandarizado se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes una distribución normal. El valor de curtosis estandarizada se encuentra dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal.

2- Diferencias estadísticamente significativas entre los valores obtenidos por ambos métodos.

El análisis de las diferencias estadísticamente significativas entre ambos métodos queda reflejado en la figura 3.9, que presenta los resultados de la prueba hipótesis t-Student.



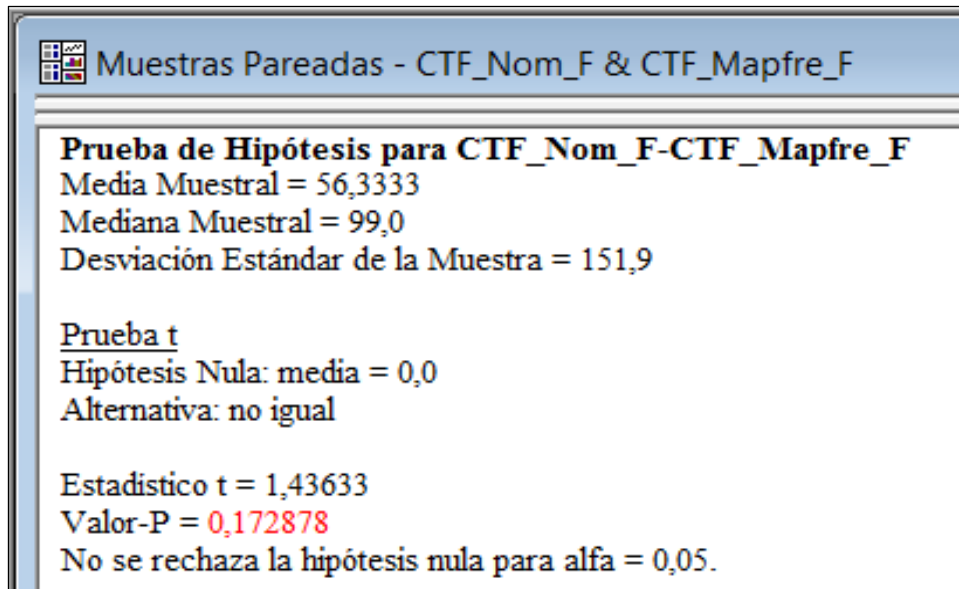


Figura3. 9. Prueba t  
 Fuente: elaboración propia

La figura 3.9 muestra los resultados de la prueba-t que evalúa la hipótesis de que la media de CTF Mapfre-CTF Nomograma es igual a 0,0 versus la hipótesis alterna de que la media de CTF Mapfre-CTF Nomograma es no igual a 0,0. Debido a que el valor-P=0,172878 para esta prueba es mayor que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis nula, con un nivel de confianza del 95,0%, lo que significa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas muestras y en las mujeres es posible utilizar la ecuación de la MAPFRE para calcular CTF.

En la tabla 3.6 se muestran los valores de capacidad de trabajo físico calculados por ambos métodos y el error que es la diferencia entre ellos.

Tabla 3. 6. Análisis de los valores de CTF

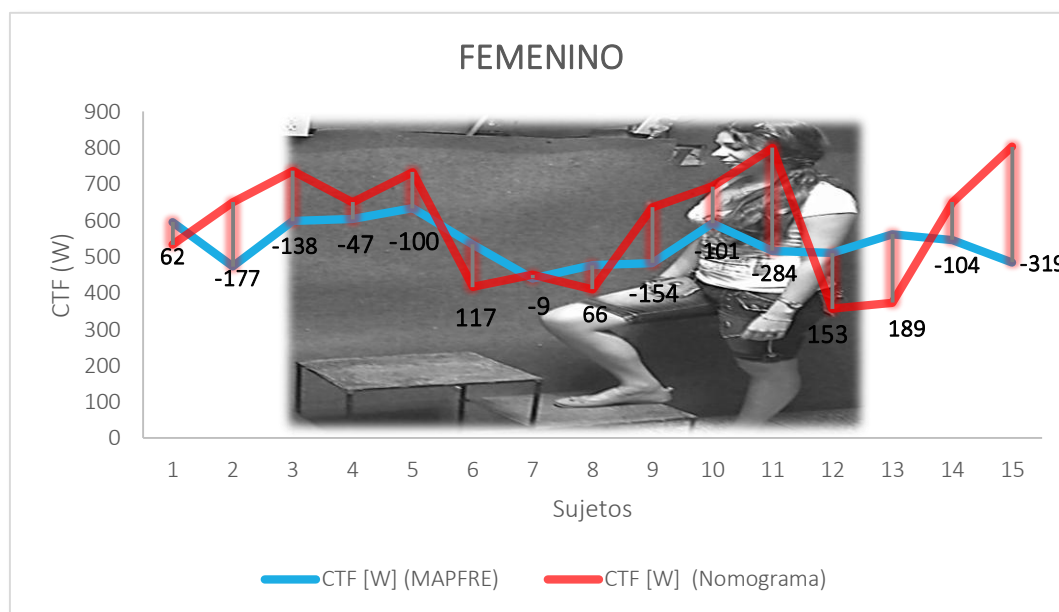
CTF [W] (Nomograma)	CTF [W] (MAPFRE)	ERROR (W)
533	595	62
650	473	-177
737	599	-138
650	603	-47
733	<b>634</b>	-100
417	534	117
450	<b>441</b>	-9
410	476	66
637	483	-154
693	592	-101
800	516	-284
<b>357</b>	510	153
373	562	<b>189</b>
650	546	-104
<b>803</b>	484	<b>-319</b>

Fuente: elaboración propia

En la tabla se observa que los resultados obtenidos no están tan alejados uno del otro por lo que en la población femenina cubana si es posible calcular CTF utilizando la ecuación empírica de la MAPFRE.

Para mejor apreciación se representan estos valores en el gráfico 3.2, donde queda representada la Capacidad de trabajo físico en watt obtenida de la ecuación de la MAPFRE y la del nomograma.

Gráfico 3. 2. Comparación entre CTF MAPFRE y CTF nomograma



Fuente: elaboración propia

En el gráfico se observa que no existen tantas diferencias entre CTF ajustada y la CTF nomograma, en los sujetos 1, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 13, 14 los valores son muy cercanos y el error entre ellos es mínimo.

### 3.7. Resultados finales

A partir de lo analizado en los epígrafes anteriores se llega a los siguientes resultados:

- Para la población masculina cubana en un rango etario de 21-22 años se ajusta en un (-22%) o lo que es lo mismo multiplicar por 0.78 la ecuación de la MAPFRE para determinar CTF, la cual se muestra a continuación :

Hombres

$$CTF = (75 - 0.4 \times edad) \times peso\ magro^{2/3} \times 0,78$$

- En las féminas cubanas que se encuentran entre las edades de 20 y 21 años no es necesario ajustar dicha ecuación por lo que se utiliza tal y como está

Mujeres

$$CTF = (56 - 0.35 \times edad) \times peso\ magro^{2/3}$$

### **3.8. Conclusiones parciales del capítulo**

1. Para la población masculina cubana en un rango de edad de 20 a 22 años la ecuación de la MAPFRE para calcular capacidad de trabajo físico y esta se ajusta en un 78% o lo que es lo mismo (-22%) con respecto a los valores del nomograma.
2. En las mujeres en un rango de edad de 20 a 21 años si es posible calcular capacidad de trabajo físico con la ecuación de la MAPFRE, sin necesidad de ajuste.

## *Conclusiones*

- 1- Se realizó un análisis bibliográfico que permitió establecer el contexto teórico de la temática de investigación.
- 2- Se identificaron los principales métodos para calcular capacidad de trabajos físico, emitidos por diferentes autores y sus ventajas.
- 3- Se elaboró un procedimiento para determinar el ajuste de la ecuación de la MAPFRE
- 4- Para la población masculina cubana esta ecuación se ajusta en un 78% (- 22%) con respecto a los valores del nomograma de Manero con rango etario de 21 y 22.
- 5- En las mujeres con edades de 20 y 21 años es posible calcular capacidad de trabajo físico con la ecuación de la MAPFRE, sin necesidad de ajuste.

## *Recomendaciones*

- 1- Extender el procedimiento a otro rango etario más amplio, con características diferentes.
- 2- Desarrollar este estudio en profesiones reales.

## Bibliografía

1. Manero, Rogelio, «Métodos prácticos para determinar Capacidad de Trabajo Físico » 1986, 170-179,
2. Wilmore, Jack, *Fisiología del esfuerzo y del deporte* (Paidotribo), 4ta edición 2001, 84-8019-348-4, 300-317.
3. Alonso, A., *Ergonomía* (Editorial Felix Varela), La Habana 2006.
4. **Moreno B., Peñacoba, Araujo**, *Programa técnico de prevención de riesgos laborales* 2009.
5. Rodríguez, Eduardo Puente, «Relación de la Capacidad Física de los trabajadores del puesto de ayudantes de ventas, con el Gasto Energético requerido de este puesto », [Tesis con opción al Grado de Maestría ], Monterrey, Universidad Autónoma de Nuevo León, 2001.
6. Saha, I *Aerobic capacity of dock workers in Bombay*, 1975., 311-336.
7. Astrand, Per Olof y Kaare Rodahl, *Textbook of work physiology* (McGraw-hill), Nueva York, 1988.
8. Viña, S y Gregori *Ergonomía* (Ed: Pueblo y Educación), Ciudad de la Habana, 1987, RA01.49450.3.
9. NC870:2011. *CRITERIOS DE REFERENCIA E INDICADORES FISIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INTENSIDAD Y LA CARGA DE TRABAJO FÍSICO*. La Habana, 2011.
10. Enrique Sánchez. Entrenamiento corredor de fondo, 2010, [fecha de consulta: 12 de marzo 2014]. Disponible en: <http://www2.udec.cl/ergo-conce/informes/c02-00.htm>
11. José Luis Vallejo González Ergonomía ocupacional, 2013, [fecha de consulta: 1 de abril 2014]. Disponible en: <http://www.ergocupacional.com/4910/201667.html>.
12. Sánchez V, Martínez A y López IM. , *La prueba de esfuerzo en el paciente con cardiopatía isquémica.*, 2003.
13. Miguel Fernández La frecuencia cardiaca, 2011, [fecha de consulta: 4 de abril 2014]. Disponible en: [www.frecuencia-cardiaca.com/27enero2011](http://www.frecuencia-cardiaca.com/27enero2011).
14. Vogel CU, Wolpert C y Wehling M. , « How to measure heart rate? European Journal of Clinical Pharmacology» 2004, 461–466,
15. Tanaka H, Monahan KD y Seals DR. , «Age-predicted Maximal Heart Rate revisited. » *Journal of the American College of Cardiology*, 2001, 37,
16. Andrés Navarro. Masa magra, 2012, [fecha de consulta: 4 de abril 2014]. Disponible en: <http://www.fitness.com.mx/medicina223.htm>
17. Christian Pérez. El peso corporal magro, 2011, [fecha de consulta: 4 de abril 2014]. Disponible en: [www.naturdietas.net/masa-magra-y-masa-grasa/](http://www.naturdietas.net/masa-magra-y-masa-grasa/).
18. NC19-00-07. *Método para evaluar la capacidad de trabajo físico*, 1987.
19. Echani, Isha, Lobillo, . Carga de trabajo, 2010, [fecha de consulta: 6 de abril 2014]. Disponible en: [http://www.rnw.nl/informarn/html/cie011224\\_lapiel2.html](http://www.rnw.nl/informarn/html/cie011224_lapiel2.html).
20. Darby, L&Marsh, J. Specificity of a maximal step exercise test., 2007, [fecha de consulta: 3 de abril 2014]. Disponible en: <http://web.ebscohost.com>.
21. Achten, J & Jeukendrup, E. Heart rate monitoring applications and limitations, 2003, [fecha de consulta: 3 de abril 20014]. Disponible en: <http://web.ebscohost.com>.

22. Viña, Silvio, «Manual de Prácticas de Laboratorio. Ergonomía» 1996,
23. Manero, Rogelio, «Dos alternativas para el estudio y promoción de la capacidad física de los trabajadores» *MAPFRE*, 1991, 31-37,



## Anexos

Anexo 1 Nomograma para estimar consumo de oxígeno máximo.

