

Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”

Facultad de ciencias económicas e informáticas

Departamento de ingeniería industrial



Tesis en opción al título de ingeniero industrial.

Título: Procedimiento relacional para estimar el Gasto Energético de una actividad a partir de la linealidad entre frecuencia cardíaca y metabolismo.

Autor: Arián Martínez Montes de Oca

Tutor: Ing. Dayron López Hernández

Matanzas, 2014

Pensamiento:

“Si formamos ingenieros más sensibles y mejor preparados acerca de su papel en la sociedad, conscientes de que su actividad no se circunscribe a la esfera técnica, sino que transita de la técnica a lo social, frente a lo cual debe aprender a tomar decisiones que afectan a los colectivos humanos, así como al medio ambiente; muy seguramente podremos contribuir a que la tecnología sea realmente un bien público”

Carlos Osorio

Agradecimientos:

- *A mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mi mamá, mi abuela y mi tío.*
- *A mi tutor por todas las cosas que aprendí y por estar siempre presente.*
- *A mis amigos y compañeros por el trabajo en equipo realizado.*
- *A los estudiantes de tercer año de Ingeniería Industrial por la atención y la ayuda prestada.*
- *A todas aquellas personas que de una manera u otra contribuyeron a que este sueño fuera posible.*

Declaración de autoridad

Yo, Arián Martínez Montes de Oca declaro que soy el único autor de este Trabajo de Diploma y autorizo a la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo con los fines que estime pertinente.

Firma del autor _____

Firma del tutor _____

Nota de Aceptación:

Presidente del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Resumen

El presente trabajo de diploma fue realizado con el objetivo validar la creación de un procedimiento que permita estimar el Gasto Energético de una actividad en forma personalizada a partir de la relación lineal entre el metabolismo y la frecuencia cardiaca de dicha actividad. Para dar cumplimiento al objetivo propuesto se emplearon herramientas como el nomograma para estimar Gasto Energético y frecuencia cardiaca máxima establecido en la Norma Cubana de 1987 y además el uso de dispositivos tecnológicos como el metrónomo de software y un pulsímetro. Para el procesamiento estadístico de los datos se utilizó el software Statgraphic Centurión XV.II y además del paquete Office las aplicaciones Excel y Word, este último combinado con el gestor bibliográfico Endnote. Los resultados fundamentales derivados de la investigación muestran que las ecuaciones obtenidas y ajustadas de acuerdo con el procedimiento permiten estimar el Gasto Energético para individuos de la población cubana de ambos sexos con cierto nivel de precisión dentro de un rango etario de 20 a 22 años, en aquellas actividades donde estén implicados los grandes grupos musculares.

Abstract

The present diploma work was carried out with the objective to validate the creation of a procedure that allows estimating the Energy Expense of an activity in form personalized starting from the lineal relationship between the metabolism and the heart frequency of this activity. To give execution to this objective tools like the Nomogram they were used to estimate Energy Expense and frequency heart maxim settled down in the Cuban Norma 1987 and also the use of technological devices as the software metronome and a pulsimeter. For the statistical prosecution of the data the software Statgraphic Centurion XV.II was used and besides the package Office the applications Excel and Word, this I finish cocktail with the bibliographical agent Endnote. The derived fundamental results of the investigation show that the obtained equations and adjusted of agreement with the procedure they allow to estimate the Energy Expense for the Cuban population's of both sexes individuals with certain level of precision inside an age range of 20 to 22 years, in those activities where the big muscular groups are implied.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1. Marco Teórico Referencial	5
1.1 Conceptos y definiciones.....	5
1.1.1 Gasto Energético o demanda metabólica de un trabajo.....	5
1.1.2 Frecuencia cardíaca	5
1.1.3 Frecuencia cardíaca máxima (FC_{max}).....	6
1.1.4 Carga de trabajo o Frecuencia Cardíaca Submáxima (FC^-)	6
1.1.5 Capacidad de trabajo físico	6
1.1.5 Metabolismo basal	6
1.1.6 Peso magro.....	6
1.2 Relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno ($VO_2máx$)	6
1.3 Métodos para calcular Gasto Energético	7
1.3.1 Calorimetría Directa	7
1.3.2 Calorimetría indirecta.....	7
1.3.3 Método Factorial	9
1.3.4 Estudio del gasto energético por el método del agua doblemente marcada.....	10
1.3.5 Estimación del Gasto Energético a partir de tablas de valores estándares	11
1.3.6 Estimación del gasto metabólico mediante la frecuencia cardíaca	15
1.4 Valoración de los métodos para calcular Gasto Energético	16
1.5 Conclusiones parciales del capítulo.....	19
Capítulo 2. Descripción del Experimento	20
2.1 Procedimiento para la selección de la muestra	20
2.2 Premisas para la realización de la prueba	20
2.3 Elementos teóricos.....	21
2.3.1 Nomograma para calcular el volumen máximo de oxígeno y la capacidad de trabajo física en trabajadores cubanos de uno u otro sexo (Manero1986)	21
2.4 Descripción del Experimento	22
2.4.1 Modalidad y Variable	22
2.4.2 Equipos Utilizados	22
2.4.3 Procedimiento para obtener Gasto Energético y Frecuencia Cardíaca Máxima utilizando el nomograma de Manero (1986).....	24
2.5 Procedimiento para estimar Gasto Energético a partir de la Frecuencia Cardíaca.	25
2.5.1 Determinación de la Frecuencia Cardíaca del Reposo	27
2.5.2 Determinación del Metabolismo del Reposo.....	27

2.5.3 Determinación de la Frecuencia Cardíaca Máxima	28
2.5.4 Determinación del Metabolismo Máximo o Capacidad de trabajo Físico (CTF)	29
2.5.5 Obtención de la ecuación para Gasto Energético	29
2.6 Procesamiento Estadístico de los Datos	30
2.6.1 Comparación de Muestras Pareadas.....	30
2.6.2 Prueba de Normalidad	34
2.7 Conclusiones parciales del capítulo.....	35
Capítulo 3. Resultados de la aplicación del procedimiento relacional del Metabolismo y la Frecuencia Cardíaca.....	36
3.1. Selección de la muestra.....	36
3.2 .Aplicación del procedimiento.....	36
3.2.1 Cálculo de la Frecuencia cardíaca del reposo.....	37
3.2.2 Cálculo del Metabolismo del reposo.....	38
3.2.3 Obtención de la Frecuencia Cardíaca Máxima	38
3.2.4 Calculo del Metabolismo Máximo o Capacidad de Trabajo Físico (CTF).....	41
3.2.5 Obtención del Gasto Energético o Metabolismo Equivalente (Meq).....	42
3.3. Valoración de los resultados	43
3.4 Obtención de las ecuaciones de Gasto Energético.	48
3.5 Conclusiones parciales del capítulo.....	49
Conclusiones.....	50
Recomendaciones	51
Bibliografía.....	52
Anexos	54

Introducción

Aunque la *ergonomía* se considera una ciencia moderna, a lo largo de la historia siempre ha existido la preocupación por la adaptación del medio a las personas. Ya en la antigüedad, los primeros útiles y herramientas que el hombre construyó nos muestran el uso de materiales (hueso, piedra, madera, hierro...), de capacidades (dimensiones de las manos, longitud de brazos...) y de efectos buscados (fuerza, movilidad, precisión...), e ideados para que su manejo fuera fácil y para que su forma fuera lo más adecuada al fin que estaban destinados.

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 interdisciplinaria para alcanzar las condiciones óptimas.[1]

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 buscando medios para mejorar sus sistemas productivos.

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 [2]

Es así una de las más importantes aplicaciones de la ergonomía, 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.[3]

En la actualidad muchos investigadores han venido desarrollando este tema, el cual incorpora diversos conceptos fisiológicos que lo hacen importante y complejo a la vez.

Es posible determinar cerca de 15 variables fisiológicas para predecir la capacidad máxima ante un trabajo sostenido; sin embargo, la mayoría de los investigadores consideran al

consumo máximo de oxígeno (VO_2) como el indicador más útil para valorar la capacidad física de trabajo. La medición directa del VO_2 , 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.[4]

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_2) [5].

Ahora bien, para lograr una adecuada ubicación y adaptación del hombre a su trabajo no basta con conocer su capacidad aerobia máxima. Es necesario tener presentes también las necesidades calóricas de cualquier tarea, las cuales pueden identificarse midiendo con analizadores químicos o electrónicos el oxígeno consumido en la actividad[6], Pero para hacer investigaciones de terreno en un gran número de sujetos se han establecido métodos indirectos de estimación basados en la gran correlación existente entre el gasto energético y algunas variables fisiológicas, fundamentalmente frecuencia cardíaca y volumen minuto respiratorio.

La evaluación directa e indirecta del gasto energético o del consumo de oxígeno y el conocimiento de diferentes respuestas fisiológicas frente a determinados esfuerzos han servido para establecer clasificaciones de las actividades laborales que expresan la intensidad del trabajo físico[7]

Como en la mayoría de los países en vías de desarrollo, Cuba constituye uno de los cuales el desarrollo de la Ergonomía ha alcanzado niveles reconocidos internacionalmente. Una de las aristas relacionadas con dicho desarrollo lo constituye el estudio de puestos de trabajo y la medición de la actividad física involucrada, a partir de las pruebas de esfuerzo submáximas y los métodos para estimar el consumo máximo de oxígeno.

No obstante, los métodos indirectos para determinar la capacidad física de trabajo y el gasto energético, así como las clasificaciones mencionadas, están basados en poblaciones con características antropométricas y fisiológicas diferentes a las de la población cubana. Estas diferencias ocasionan importantes errores de cálculo que limitan mucho la aplicación de dichas técnicas.

Por lo tanto, a pesar de que la obtención de valores del Gasto Energético de una actividad puede ser estimada a partir de diferentes métodos, ya sean de carácter directo o indirecto, la aplicación de dichos métodos posee una determinada subjetividad pues en su mayoría tienden a ser costosos o difíciles de aplicar por su carácter invasivo y requieren de un elevado nivel de experiencia por parte del investigador y disposición por parte del individuo objeto de la prueba. La estimación de los valores del metabolismo ofrece una medida de la

energía necesaria para la realización de una actividad, dichos valores están referidos al individuo tipo y poseen un alto grado de imprecisión pues no es posible obtener valores del Gasto Energético de forma personalizada, cuestión que ninguno de los métodos anteriores tiene en cuenta, solamente a partir de la relación de dependencia lineal que existe entre el metabolismo y la frecuencia cardiaca.

Por todo lo anterior quedaría definido como **problema científico** de la investigación:

La carencia de un procedimiento no invasivo que permita estimar el gasto energético de una actividad de forma personalizada, partiendo de la relación lineal entre el metabolismo equivalente y la frecuencia cardiaca de dicha actividad donde están implicados los grandes grupos musculares.

Tomando como base los elementos anteriores se propone dar respuesta a las siguientes **preguntas científicas** durante el transcurso de la investigación:

- 1- ¿Cuáles son las premisas necesarias y las variables implicadas en la aplicación del procedimiento planteado?
- 2- ¿Es posible estimar el Gasto Energético de una actividad a partir de la relación lineal entre el metabolismo equivalente y la frecuencia cardiaca de dicha actividad?

El **objetivo general** de la investigación será:

Validar la creación de un procedimiento no invasivo que permita estimar el Gasto Energético de una actividad de forma personalizada donde están implicados los grandes grupos musculares, partiendo de la relación lineal entre el metabolismo equivalente y la frecuencia cardiaca de dicha actividad.

Los objetivos específicos que garantizan el cumplimiento del objetivo general son:

- 1- Realizar una valoración y revisión bibliográfica de los métodos más utilizados en la obtención del gasto energético.
- 2- Definir las premisas y variables implicadas en la aplicación del procedimiento para estimar el gasto energético a partir de la frecuencia cardiaca de la actividad
- 3- Elaborar un procedimiento no invasivo para estimar el gasto energético de una actividad a partir de la relación lineal entre el metabolismo equivalente y la frecuencia cardiaca.
- 4- Validar el procedimiento para estimar el Gasto Energético de la actividad.

La estructura organizativa del presente trabajo de diploma queda definida en tres capítulos como sigue:

- ✓ **Introducción.**

- ✓ **Capítulo 1:** Se definen los principales conceptos involucrados con la temática y se realiza una valoración de los métodos más empleados para estimar el Gasto Energético de una actividad.
- ✓ **Capítulo 2:** Se presenta una descripción de todos los métodos y técnicas que serán empleadas para la obtención de los resultados así como el procedimiento de la Linealidad para estimar el Gasto Energético a partir de la Frecuencia Cardíaca.
- ✓ **Capítulo 3:** Se exponen los resultados de la aplicación del procedimiento de la Linealidad así como las ecuaciones para estimar el Gasto Energético ajustadas en función del sexo.
- ✓ Se presentan las principales conclusiones y recomendaciones de la investigación, además de los anexos mínimos necesarios para su comprensión.

Capítulo 1. Marco Teórico Referencial

En este capítulo se abordarán los aspectos teóricos fundamentales relacionados directamente con el tema de la determinación del gasto energético de una actividad. En el mismo se definen un conjunto de conceptos y metodologías que sirven de soporte para el cálculo del mismo y que son de vital importancia para la elaboración de la investigación y comprensión de la misma.

1.1 Conceptos y definiciones.

1.1.1 Gasto Energético o demanda metabólica de un trabajo

El ser humano, por la simple razón de estar vivo, requiere del consumo de energía, por mínima que sea esta. Las necesidades en estado de reposo varían según el sexo, la estatura y el peso entre otros factores. Sin embargo, lo que mayormente condiciona las diferencias en el gasto energético diario de personas sanas, es la actividad física laboral que realizan de forma independientemente.[8]

El **gasto energético** se define como la cantidad de energía requerida durante el desarrollo de una actividad laboral y se expresa normalmente en las unidades de la energía y la potencia, o sea, en kilocalorías (Kcal.), Kilojoule (KJ), Joule (J), Watt (W) o Watt por metros cuadrados de superficie corporal. (W/m²).[8]

La Organización Mundial de la Salud define el requerimiento de energía (**RE**), como la cantidad de energía necesaria para mantener la salud, crecimiento y un nivel apropiado de actividad física. El **RE** en un individuo puede determinarse cuantitativamente al medir el Gasto Energético Total (**GET**). El **GET** es la energía liberada por el organismo como calor y trabajo mecánico, ambos necesarios para sostener la vida de las personas. El **GET** incluye la Tasa Metabólica Basal, (**TMB**), el efecto térmico de los alimentos y la termogénesis facultativa, que es el efecto térmico del ejercicio físico.[9]

Partiendo del análisis de los conceptos anteriores se puede definir el Gasto Energético como la cantidad de energía requerida durante el desarrollo de una actividad laboral y liberada por el organismo como calor y trabajo mecánico, ambos necesarios para sostener la vida de las personas

1.1.2 Frecuencia cardíaca

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). La medida del pulso se puede efectuar en distintos puntos, siendo los más habituales la muñeca, en el cuello (sobre la arteria carótida) o en el pecho.[10]

1.1.3 Frecuencia cardíaca máxima (FC_{max})

Es un límite teórico que corresponde al máximo de pulsaciones que se alcanza en una prueba de esfuerzo sin comprometer la salud. Ésta FC_{max} varía con la edad y depende del sexo de la persona.[11]

1.1.4 Carga de trabajo o Frecuencia Cardíaca Submáxima (FC^-)

La carga de trabajo submáxima según 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.[12]

1.1.5 Capacidad de trabajo físico

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.[13]

1.1.5 Metabolismo basal

Es el régimen metabólico de una persona acostada en descanso bajo condiciones definidas. También se define como la energía mínima para mantener el organismo vivo. Este está en función del peso, estatura, edad y el sexo, y teniendo en cuenta que estos factores tienen poca influencia en el metabolismo basal; valores tales como 44 w/m² para los hombres y 41 w/m² para mujeres pueden ser usados como una buena aproximación. Para dar valores comparables, los valores que se establecen en la norma ISO 8996 se refieren a una persona estándar definidas en la Figura 2.2.[8]

1.1.6 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. [14]

1.2 Relación entre la frecuencia cardíaca y el consumo máximo de oxígeno ($VO_2máx$)

Se debe tener en cuenta que la relación entre frecuencia cardíaca y $VO_2máx$ responde al tipo de ejercicio masa muscular involucrada, la posición del cuerpo, intensidad del ejercicio, el ambiente, etc.[15]. 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 Robergs y Landwehr [16]. Se ha establecido una relación entre la frecuencia cardiaca 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_2 máx.

Tabla 1. 1: Relación porcentual entre consumo de oxígeno y frecuencia cardiaca

VO_2máx. %	FCmáx. %
40	63
50	79
60	76
70	82
80	89
90	95

Fuente: Robergs y Landwehr (2002)

1.3 Métodos para calcular Gasto Energético

Existen diferentes formas de medir éste proceso como son: Procesos de medición directa y Procesos de medición indirectos.

1.3.1 Calorimetría Directa

La cual consiste en medir la cantidad de calor generada al consumir energía del cuerpo. Este procedimiento se deriva de los estudios realizados por Atwater y Benedic los cuales utilizaron una cámara calorimétrica muy parecida a la bomba calorimétrica. La prueba se lleva a cabo dentro de una cámara (calorímetro) en la que se coloca a la persona a estudiar y se le indica que realice una actividad parecida ó equivalente a su trabajo dentro de la cámara, donde se tiene sensores los cuales miden los niveles de temperatura registrando la elevación de grados (C ó F) y transformado este parámetro en gasto de energía calórica. Tomando como base que el O_2 consumido durante la oxidación de un alimento en un calorímetro ó en el cuerpo humano dependerá directamente de la cantidad de energía calórica liberada.[9]

La calorimetría directa en teoría parece sencilla, pero en la práctica resulta un procedimiento sumamente costoso y complicado, debido a que requiere instalaciones físicas especiales y muy costosas para su realización por lo cual se restringe su uso.[17]

1.3.2 Calorimetría indirecta

Se basa en que la generación de calor se realiza debido a la oxidación de los alimentos, por lo que se puede determinar midiendo el oxígeno consumido por el sujeto durante el trabajo.

El gasto energético se obtiene de multiplicar el valor del consumo de oxígeno medido durante la realización del trabajo por el valor calorífico del oxígeno que depende del tipo de alimento consumido (ver tabla1.2). Como las personas consumen una combinación de carbohidratos, proteínas y grasas se puede trabajar con un valor de 20 Kj/l.

Tabla 1. 2: Valor calorífico del oxígeno.

Combustible	Valor Calórico del Oxígeno	
	Kj/lO ₂	Kcal/lO ₂
Carbohidratos	21.14	5.05
Grasas	19.85	4.75
Proteínas	18.67	4.46

Fuente: Alicia Alonso (2006)

Para la medición del consumo de oxígeno se puede coleccionar el aire espirado por el obrero en una Bolsa Douglas durante un tiempo determinado como se muestra en la figura1.1.



Figura 1. 1: Ejemplos del empleo de la Bolsa Douglas para medir el consumo de oxígeno.

Fuente: Alicia Alonso 2006

En la primera imagen de la figura se observa un trabajador con la bolsa en su espalda mientras realiza su actividad laboral. El segundo caso es en un laboratorio donde se está coleccionando el aire espirado con la asesoría de personal calificado.

Las concentraciones del O₂ y CO₂ se pueden determinar por métodos químicos o físicos. Una vez obtenida la concentración de estos gases en el aire espirado, se puede encontrar la diferencia con el aire atmosférico de composición normal y calcular el consumo de O₂, así como la generación de CO₂, utilizando el valor de la ventilación pulmonar en condiciones STPD. [13]

Este método consiste entonces, en medir el consumo de O₂ del individuo durante el trabajo y hallar el gasto energético (GE) según la expresión:

$$GE = (VO_2) (Vc O_2)$$

Donde:

GE: Gasto energético, en j/min o Kcal /min.

VO₂: Consumo de O₂, en l/min.

Vc O₂: Valor calórico del O₂, en J/l o Kcal. /l.

Como el volumen del aire depende de las condiciones de presión, temperatura y contenido de vapor de agua, estas condiciones deben especificarse, siendo utilizadas las denominaciones siguientes[8]:

BTPS: Volumen de aire a la temperatura del cuerpo y presión barométrica ambiental, saturado de humedad, que son las condiciones del aire espirado inmediatamente a la salida del cuerpo.

ATPS: Volumen del aire a la temperatura y presión barométrica ambiental, saturado de humedad, que son las condiciones del aire espirado colectado en depósito no aislado, después de transcurrido un período determinado.

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

La medición directa de consumo máximo de oxígeno tiene las siguientes inconvenientes:

- 1- Suele ser costosa y complicada
- 2- Se requiere una gran cooperación de los participantes.
- 3- La aplicación de cargas máximas de trabajo no debe ser aplicadas a personas de edad avanzada ó con trastornos cardiovasculares o respiratorios.

1.3.3 Método Factorial

El método factorial combina el registro diario de actividades calculando el costo de éstas, medido directamente por calorimetría indirecta o tomada de informes de la literatura. Dicho método tiene algunas limitaciones, las cuales han sido reconocidas. Entre estas limitaciones está la dificultad para categorizar la actividad física. También es difícil cuantificar el número de horas que se invierten en las actividades, así como la frecuencia de las mismas. Por consiguiente, el método factorial no es exacto. El método factorial es un método difícil de realizar que requiere gran esfuerzo, cooperación y honestidad de parte de los sujetos estudiados y del investigador. Las principales fuentes de error están en la acuciosidad y veracidad de los registros y en la posibilidad de reproducir fielmente las diferentes actividades habituales del sujeto cuando se estima el costo energético de las mismas.[18]

1.3.4 Estudio del gasto energético por el método del agua doblemente marcada

El cálculo de las necesidades energéticas del ser humano mediante la utilización de los múltiplos de la TMB presupone que ésta última sea medida certeramente. La estimación de la TMB mediante las Ecuaciones de Shofield[19] , propuesta por el Comité de Expertos de la FAO/OMS/UNU, 1985 conduce a errores significativos de interpretación, ya estudiados en el Departamento de Bioquímica y Fisiología del INHA [20]No obstante ello para el cálculo del Gasto Energético Total (GET) de este grupo estudiado y con el objetivo de establecer comparaciones, la TMB se estimó por las ecuaciones de Shofield y se asumió un nivel de actividad física ligero (Múltiplo de la TMB = 1.51).[21]

Cálculo del gasto energético. Marcaje isotópico:

Se administra el agua doblemente marcada a razón de 2,5g H₂¹⁸O por kg de agua corporal total estimada, 10% del exceso atómico de ¹⁸O y normalizado para el deuterio y 0, 12 g D₂O por kg de agua corporal estimada 99,8 % del exceso atómico y todo ello seguido de 50 ml de agua destilada de lavado. Después de suministrar las dosis de deuterio y ¹⁸O se recolectan muestras de saliva los días 0 y 14 y de orina los días 1, 2,7 y 14.

La producción diaria media de CO₂ se calcula usando una modificación de la fórmula de Lifson en la cual se asume que:

- 1- Todos los isótopos se eliminan a partir de un solo compartimiento común
- 2- Los factores de fraccionamiento isotópico son idénticos a los determinados in vitro a 37 grados Celsius. La razón de distribución espacial de 1,05.

Con ello se obtiene la siguiente ecuación:

$$RCO_2 = N/2 * 0,996 (1,01 k_0 - 1,0531 kh)$$

Donde:

RCO₂: producción de CO₂.

N: promedio del agua corporal total (TBW) de los días 0 y 14 en moles.

k₀: constante de velocidad de la eliminación de ¹⁸O.

Kh: constante de velocidad de la eliminación de deuterio.

Las constantes de velocidad de las curvas de declinación de la concentración isotópica en el organismo (k₀ y kh) se obtienen entonces a partir de la integración de estas curvas de disminución de la abundancia isotópica en la orina con el transcurso del tiempo, tomando como punto de partida los valores de la abundancia natural de los isótopos antes de iniciar el marcaje. Así, esta medición indirecta del cociente respiratorio puede ser convertida en unidades de producción de calor mediante la incorporación del conocimiento o los estimados de la composición química de los alimentos que están siendo oxidados, ya que ello influencia la equivalencia energética de cada litro de CO₂ producido. El Gasto energético se calcula entonces mediante la ecuación de Weir [22]

$$\text{Gasto energético (Kcal por día)} = 3,9 (R \text{ CO}_2 / FQ) + 1,1 (R \text{ CO}_2)$$

Donde:

FQ es el cociente alimentario durante todo el periodo experimental. El FQ puede sustituir al cociente respiratorio para el cálculo de la cantidad de CO₂ producido[23].

Para calcular el cociente alimentario FQ se utilizó la siguiente fórmula:

$$\mathbf{FQ = 710.71P + 1377.06F + 746C + 973A: 879.06P + 1948.34F + 746C + 1461A}$$

Donde **P**, **F**, **C** y **A** son la cantidad de proteína, grasa, carbohidratos y alcohol ingeridas en gramos por día.

El requerimiento energético de un individuo es entonces equivalente al gasto energético determinado por el método del agua doblemente marcada.

Este método es seguro y preciso, pero la necesidad de que los individuos investigados ingieran isótopos radioactivos puede dar lugar a un rechazo por parte de los mismos; además, sus altos costes lo hacen inviable en estudios de poblaciones o muestras que impliquen a un elevado número de sujetos. Por otro lado, esta metodología nos da tan sólo un valor global de gasto energético y de consumo de oxígeno en un amplio periodo, de una a tres semanas, por lo que no diferencia la duración, frecuencia o intensidad de una actividad física específica[24]

1.3.5 Estimación del Gasto Energético a partir de tablas de valores estándares

Cuando se estima el metabolismo a través de tablas de valores estándares (ver tablas 1.3; 1.4; 1.5; 1.6) implica aceptar valores predeterminados para distintos tipos de actividad, esfuerzo, movimiento, etc. y admitir que la población que se está estudiando en ese momento, se ajusta a la que sirvió de base para la confección de las tablas, como que las acciones generadoras de un gasto energético, son en este caso, las mismas que las expresadas en las tablas. (NTP 323, 1993) La estimación del consumo metabólico a través de tablas implica aceptar unos valores estandarizados para distintos tipos de actividad, esfuerzo, movimiento, etc. Y suponer, tanto que la población a la cual se aplicara el estudio se ajusta a la que sirvió de base para la elaboración de las tablas, como que las acciones generadoras de un gasto energético son, en el caso en el que se esté aplicando, las mismas que las expresadas en las tablas. Estos dos factores constituyen las desviaciones más importantes respecto de la realidad y motivan que los métodos de estimación del consumo metabólico mediante tablas ofrezcan menor precisión que los basados en mediciones de parámetros fisiológicos. A cambio son mucho más fáciles de aplicar y en general son más utilizados.[8]

Otra forma de estimar el régimen metabólico de un trabajador es sumando sus varios componentes. En este método es necesaria una inspección del puesto de trabajo.

El régimen metabólico según plantea la norma ISO 8996, 1990 es analíticamente determinado sumando los valores siguientes:

- 1) Régimen metabólico basal (Tabla 1.3).
- 2) El componente por la postura (Tabla 1.4).
- 3) El componente por tipo de trabajo (Tabla 1.5).
- 4) El componente por el movimiento del cuerpo relativo a la velocidad del trabajo (Tabla 1.6).

Tablas de valores estándares para estimar el gasto energético.

Tabla 1. 3: Datos de la persona típica.

Datos	Masculino	Femenino
Altura del cuerpo, en metros	1,7	1,6
Peso del cuerpo, en Kg.	70	60
Superficie del cuerpo, en m ²	1,8	1,6
Edad, en años	35	35
Valores de metabolismo basal, en W/m ²	44	41

Fuente: Alicia Alonso 2006

Tabla 1. 4: Valores de metabolismo según la postura del cuerpo, excluyendo el metabolismo basal.

Postura del cuerpo	Metabolismo (w/m ²)
Sentado	10
Arrodillado	20
Agachado	20
Parado	25
Parado en atención	30

Fuente: Alicia Alonso 2006

Tabla 1. 5: Valores de metabolismo para diferentes tipos de trabajo excluyendo el metabolismo basal.

Tipo de trabajo	Valores de metabolismo (w/m ²)	
	Valor medio	Rango
Trabajo manual		
Ligero	15	< 20

Moderado	30	20 a 35
Pesado	40	> 35
Trabajo con un brazo		
Ligero	35	< 45
Moderado	55	45 a 65
Pesado	75	> 65
Trabajo con dos brazos		
Ligero	65	< 75
Moderado	85	75 a 95
Pesado	105	> 95
Trabajo con el tronco		
Ligero	125	< 155
Moderado	190	155 a 230
Pesado	280	230 a 330
Muy pesado	390	> 330

Fuente: Alicia Alonso 2006

Tabla 1. 6: Valores de metabolismo relativos a la velocidad de trabajo excluyendo el metabolismo basal.

Tipo de trabajo	Valores de metabolismo relativos a la velocidad de trabajo: $(w/m^2) / (m/s)$
Velocidad de trabajo relativa a la distancia	
Caminando entre 2 a 5 Km/h	110
Caminando pendiente arriba entre 2 a 5 Km/h	
Inclinación 5°	210

Inclinación 10°	360
Caminando pendiente abajo a 5 Km/h	
Pendiente 5 °	60
Pendiente 10 °	50
Caminando con carga sobre la espalda a 4 Km/h	
10 Kg. de carga	125
30 Kg. de carga	185
50 Kg. de carga	285
Velocidad de trabajo relativa a la altura	
Subir escalera	1725
Bajar escalera	480
Escalera de peldaño (del tipo utilizado por los eléctricos)	
Sin carga	1660
Con 10 Kg. de carga	1870
Con 50 Kg. de carga	3320
Escalera vertical	
Sin carga	2030
Con 10 Kg. de carga	2335
Con 50 Kg. de carga	4750

Fuente: Alicia Alonso 2006

Además la norma establece diferentes valores de metabolismo para varios tipos de actividades (ver anexo 1) y ocupaciones (ver anexo 2).

Los tipos de trabajo se clasifican según los valores de la tabla 1.5. Cuando se aplican los valores de esta tabla el valor medio de los tipos de trabajo deben ser usados primero. Sólo después de tener experiencia se puede utilizar el rango especificado (por comparación de los valores medidos). Aunque los valores de metabolismo pueden variar con la velocidad del movimiento, este tiene un valor constante para cada actividad laboral dentro de un rango de velocidad especificada. Esto permite calcular los valores del metabolismo a partir de los valores para la actividad considerada multiplicando los valores dados y la velocidad del trabajo.[25]

La mayoría de los autores coinciden con que el valor de gasto energético no debe sobrepasar el 30% de VO_2 máx. Para una jornada de ocho horas, en labores donde se utilizan grandes grupos musculares.[26]

En trabajos que no se emplean grupos musculares grandes parece más conveniente establecer límites a las fuerzas desarrolladas y a su duración, o utilizar un indicador fisiológico como el ritmo cardíaco, en correspondencia con el ritmo cardíaco propio del VO_2 similar en el veloergómetro".[13]

1.3.6 Estimación del gasto metabólico mediante la frecuencia cardiaca

Muchos autores describen una relación lineal estricta entre este parámetro y el gasto energético. Su principal desventaja es la existencia de una mayor dispersión entre la potencia desarrollada y la frecuencia cardíaca observada entre un sujeto y otro. A su favor, la facilidad de control y las pocas molestias que supone para el explorado, así como su estabilidad interindividual.[27]

Las ventajas de la frecuencia cardíaca frente al consumo de oxígeno en la valoración "in situ" de la carga física se debe principalmente a:

- La aceptación del método por parte del trabajador: el medidor de consumo de oxígeno requiere de la utilización de una mascarilla y de una conexión engorrosa con el medidor, lo que lo hace poco atractivo para el trabajador.
- La no interferencia con las tareas habituales: cuando un sujeto está unido a un aparato registrador sus movimientos pueden verse modificados por el mero hecho de llevarlo: cambios en los hábitos de trabajo, mayor esfuerzo por el peso del aparato y por el uso de la mascarilla, posturas inadecuadas. Cuestiones estas que son mucho más flagrantes con el medidor de consumo de oxígeno.
- La validez aceptable del test escogido en relación a su reproducibilidad, especificidad y sensibilidad.

La frecuencia cardíaca es un método que permite estudiar las reacciones derivadas:

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

Se ha observado que existe una relación lineal entre frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno. El carácter de la relación y la inclinación de la curva de regresión de consumo de oxígeno/frecuencia cardíaca, varía de uno a otro sujeto de tal manera que la magnitud de la relación hay que establecerla individualmente.[28]

Para esto se hace trabajar al sujeto a 3 o 4 cargas de trabajo submáxima pero crecientes y se registra al mismo tiempo frecuencia cardíaca y consumo de oxígeno. Por una serie de dispositivos portátiles disponibles actualmente y que no interfieren mayormente con la actividad del sujeto, se puede obtener por uno o varios días el registro continuo de la frecuencia cardíaca durante las 24 horas y en base a esto y a la regresión ya establecida el consumo diario de oxígeno y por lo tanto el gasto energético diario.[29]

La principal crítica a este método está en el hecho de que la linealidad de la regresión entre consumo de oxígeno y frecuencia cardíaca tiende a perderse a frecuencias inferiores a los 100 latidos/minuto que son las que probablemente encontraremos la mayor parte del tiempo en individuos que tienen un hábito sedentario de vida con actividades ocupacionales de tipo liviana o moderada.[30]

Con base en lo antes expuesto, este método será objeto de estudio así como su aplicación en el capítulo 3.

1.4 Valoración de los métodos para calcular Gasto Energético

Existen varios métodos para determinar el gasto energético, que se basan en la consulta de tablas o en la medida de algún parámetro fisiológico. En la tabla 1.7 se indican los que

recoge la ISO 8996, clasificados en niveles según su precisión y dificultad y otros de carácter empírico o experimental.

Tabla 1.7 Valoración de Métodos para calcular Gasto Energético

Nivel	Método	Precisión	Tecnología	Viabilidad
I	A. Clasificación en función del tipo de actividad	Informaciones imprecisas con riesgos muy importantes	-	Fácil y rápido de aplicar
	B. Clasificación en función de las profesiones		-	Fácil y rápido de aplicar
II	A. Estimación del metabolismo a partir de los componentes de la actividad. B. Utilización de tablas de estimación por actividad tipo.	Riesgo elevado de errores. Precisión: $\pm 15\%$		Fácil y rápido de aplicar
	C. Utilización de la frecuencia cardiaca en condiciones determinadas	Dispersión entre la potencia desarrollada y la frecuencia cardiaca observada entre un sujeto y otro	Pulsímetro	Facilidad de control y pocas molestias que supone para el explorado, así como su estabilidad interindividual
	D. Método Factorial	Elevada imprecisión en la acuciosidad y veracidad de los registros y en la reproducción de las diferentes actividades habituales del sujeto	-	Difícil de realizar y requiere gran esfuerzo, cooperación y honestidad de parte de los sujetos estudiados y del investigador
III	Medida: Calorimetría Directa	Riesgo de errores en los límites de precisión de la medida y del estudio de los tiempos Precisión: $\pm 15\%$	Calorímetro	Sumamente costoso y complicado y requiere instalaciones físicas especiales.
	Calorimetría Indirecta		Bolsa Douglas	Costosa y complicada Requiere gran cooperación de los participantes. No aplicar a personas de edad

				avanzada o trastornos cardiovasculares y respiratorios
	Estimación del Gasto Energético a partir del Agua Doblemente Marcada	Seguro y preciso	Isótopos de agua radioactiva.	Rechazo por parte de los individuos. Altos costes.

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 1.7 establece una serie de comparaciones entre los métodos utilizados para el cálculo del gasto energético, donde se exponen sus principales ventajas y desventajas así como también el nivel de precisión de cada uno, las tecnologías implicadas y la viabilidad o practicidad de su aplicación en tareas de campo y actividades del ámbito laboral. La mayoría de los métodos analizados posee un carácter invasivo, altos costes o son rechazados por los sujetos a aplicar, como es el caso del agua doblemente marcada o la criometría directa e indirecta. Por otra parte aquellos métodos de estimación a partir de tablas de valores estándares poseen un alto grado de imprecisión pues traen aparejados también los posibles errores de apreciación y los valores de metabolismo encontrados son para el individuo tipo, el cual es, en el caso de los hombres, aquel de 35 años de edad, con una estatura de 1.70 m y un peso corporal de 70 kg y para el caso de las mujeres, es aquella con 35 años de edad, una estatura de 1.60 m y un peso corporal de 60 kg. Debido a la variedad morfológica de la población estos valores raras veces se pueden ajustar a los parámetros del individuo tipo, generando grandes imprecisiones. Otro de los métodos analizados es la estimación del gasto energético a partir de la frecuencia cardiaca, el cual, por su carácter sencillo y fácil de aplicar en tareas de campo y centros laborales proporciona una estimación rápida y aceptable del gasto energético, además solo se necesita un pulsímetro como instrumento de medición. Partiendo de la relación lineal existente entre el metabolismo y la frecuencia cardiaca de la actividad es posible obtener valores del gasto energético, por lo que este método será usado como base para la realización de esta investigación y para la creación de un procedimiento que permita estimar el metabolismo equivalente de forma personalizada sin hacer uso de tablas .

El procedimiento para estimar el gasto energético a partir de la frecuencia cardiaca de una actividad permite obtener valores de metabolismo de manera personalizada, además constituye un método práctico y sencillo de aplicar en tareas de campo y sectores del ámbito laboral donde se requiere el uso de los grandes grupos musculares, solo con el empleo de variables morfofisiológicas como la edad, el peso, la frecuencia cardiaca del reposo, el metabolismo del reposo y la superficie corporal. Dicho procedimiento no requiere un elevado

nivel de experiencia para su aplicación por parte del investigador ni gran disponibilidad de equipamiento tecnológico, pues solo se necesita de un pulsímetro y posee un carácter poco invasivo lo cual viabiliza su aplicación sin interferir en el desarrollo de cualquier tipo de actividad.

1.5 Conclusiones parciales del capítulo

1- Se establecen los fundamentos teóricos y las definiciones necesarios para la realización del estudio.

2- Se exponen métodos para calcular el gasto energético, así como una valoración de sus principales ventajas y desventajas donde se tuvo en cuenta el nivel de precisión, viabilidad o practicidad para su aplicación y las diferentes tecnologías involucradas.

Capítulo 2.Descripción del Experimento

En este capítulo se exponen todas las técnicas y herramientas empleadas para la realización del experimento, el proceso de selección de la muestra, además del procedimiento para el cálculo del gasto energético, ya sea por medio del nomograma establecido en la norma cubana NC19-00-07:87 o por el procedimiento desarrollado a partir de la relación de dependencia lineal entre la frecuencia cardiaca de la actividad y el metabolismo equivalente. También se realiza una descripción de los instrumentos y técnicas a emplear como la comparación de muestras pareadas y la recogida de los datos.

2.1. Procedimiento para la selección de la muestra

Para la realización de las pruebas, 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 22 años de edad. Del total de individuos presentados, el 100% fue sometido a un riguroso examen físico y mental por una comisión médica especializada, además le fue aplicado un test mental, 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.

2.2. Premisas para la realización de la prueba

- 1- Debe estar ajustada la ecuación de Capacidad de Trabajo Físico de la MAPFRE a las características de la población cubana según (Cáceres, 2014).
- 2- Haber determinado el Índice de Temperatura Efectiva Corregida donde haya linealidad según (Padrón, 2014), el cual debe ser inferior a los 28°C para las mujeres y a los 30°C para los hombres.
- 3- Tener los datos de Metabolismo y Frecuencia Cardiaca del nomograma (Manero, 1986).
- 4- Selección de un muestra piloto de acuerdo con el procedimiento del epígrafe 2.1.
- 5- La temperatura del local debe estar entre 20 y 24 °C, antes del comienzo de la actividad para determinar la frecuencia cardiaca del reposo.
- 6- No existir estrés mental.
- 7- Conocer el peso y la talla actual de los individuos.
- 8- Aplicar el experimento pasadas las dos horas de ingerir cualquier alimento pesado por los individuos.

2.3. Elementos teóricos

2.3.1. Nomograma para calcular el volumen máximo de oxígeno y la capacidad de trabajo física en trabajadores cubanos de uno u otro sexo (Manero1986)

Para calcular el volumen máximo de oxígeno a partir del Nomograma (ver figura 2.2) se necesitan los siguientes datos: sexo (masculino o femenino), peso en kg, la frecuencia cardiaca submáxima obtenida de la prueba del escalón (banco) o del ergómetro de pedales (bicicleta).

Procedimiento para determinar el VO_2 máximo a partir de la frecuencia cardiaca submáxima obtenida de la prueba del escalón (banco), (ver figura 2.1).

En la escala (Banco/kg) se ubica la cifra del peso corporal (Kg) sea hombre o mujer y 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 este el valor de la frecuencia cardiaca 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 Vo_{2max} de la tabla según el rango de edad en que este el individuo analizado. En el punto donde se ubica la frecuencia cardiaca submáxima se traza una línea horizontal a la izquierda para determinar la frecuencia cardiaca máxima, si es hombre, y para las mujeres hacia la derecha, donde coincidan, ese será el valor de la frecuencia cardiaca máxima para cada individuo.

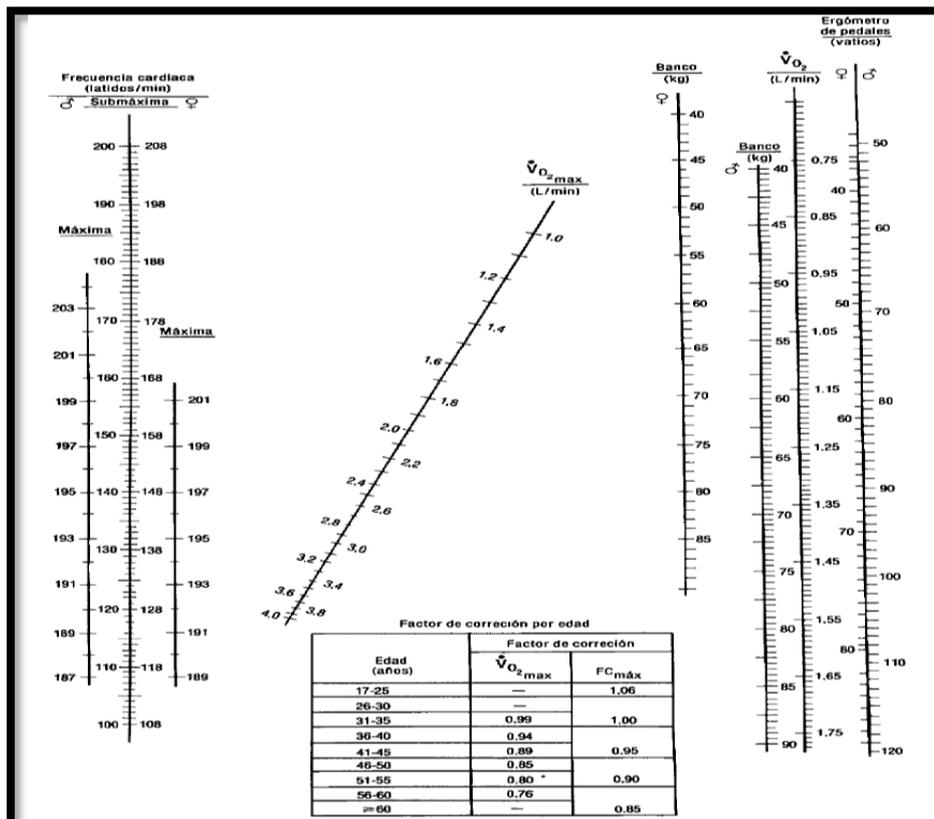


Figura 2. 1. Nomograma

Fuente: Manero 1986

2.4. Descripción del Experimento

2.4.1. Modalidad y Variable

Entre las modalidades que se refieren en la NC19-00-07:87 banco o bicicleta, la que se empleará será la del banco, pues es el equipo con que se dispone y según la norma con ambas modalidades se obtiene el mismo resultado.

Variable: frecuencia cardiaca de la actividad

2.4.2. Equipos Utilizados

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

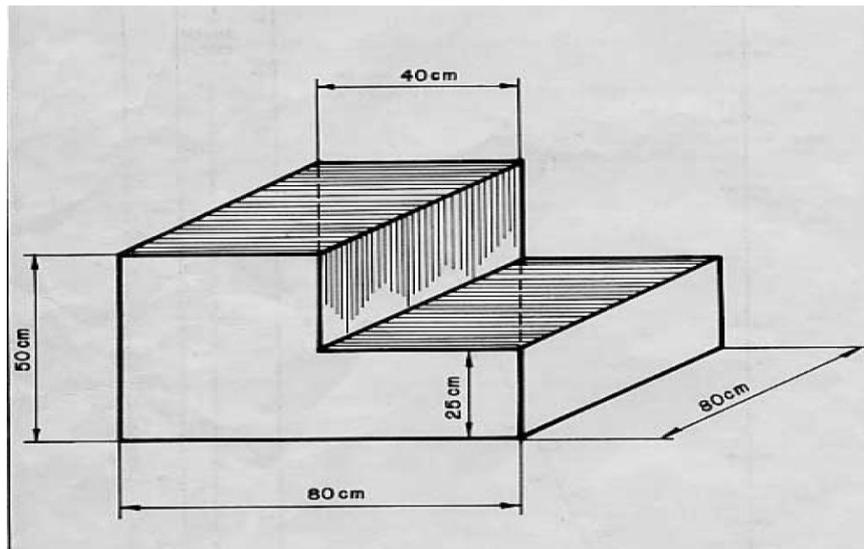


Figura2. 2Escalón o banco
Fuente. NC19-00-07:87

Un **pulsímetro** 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).



Figura2. 3. Pulsímetro, cinta y reloj
Fuente. Revista de equipamiento médico.

Metrónomo de software es utilizado durante la realización de la prueba, como este, produce regularmente una señal acústica cada vez que el evaluado sintiera esa señal debía dar un paso en el escalón.

2.4.3. Procedimiento para obtener Gasto Energético y Frecuencia Cardíaca Máxima utilizando el nomograma de Manero (1986)

El procedimiento seguido para la realización de la prueba fue el que desarrolla la NC19-00-07:87.

- 1- Se toman todos los datos necesarios como: edad, sexo, peso corporal y talla de aquellos individuos que fueron seleccionados en la muestra de acuerdo con el procedimiento del epígrafe 2.1. Todos los datos quedan recogidos en la tablas 2.3 y 2.4
- 2- Se explica a cada persona en qué consiste la prueba, como se va realizar y se le coloca el pulsímetro lo más ajustado posible como se observa en la figura 2.3
- 3- Se toma la frecuencia cardíaca de reposo durante 10 minutos, donde el individuo

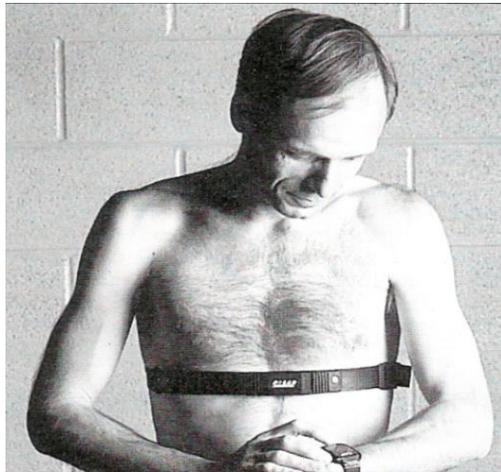


Figura 2.4. Colocación del Pulsímetro

Fuente. Fisiología del esfuerzo y el Deporte

debe estar sentado y relajado, los valores serán tomados una vez por minuto y luego se escogerá el valor modal. Los datos se registrarán de acuerdo con las tablas 2.1 y 2.2

- 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).

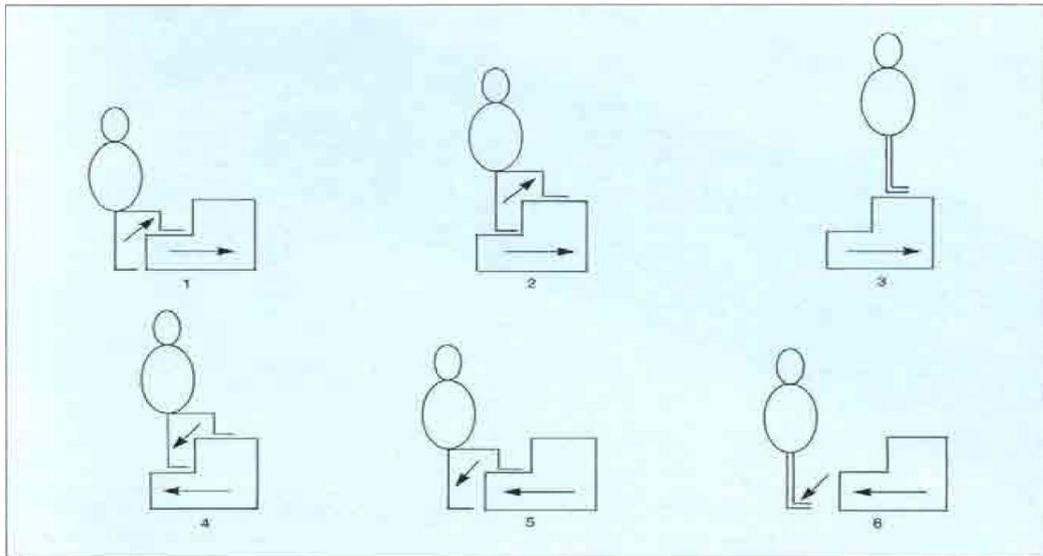


Figura2. 5. Procedimiento para la prueba de escalón

Fuente. Manero 1986

- 5- Luego del entrenamiento, el individuo se sentará hasta que su frecuencia cardiaca llegue al nivel del reposo.
- 6- Una vez recuperado, se procede a la realización de la prueba, tal como se plantea en el paso 4, durante 5 minutos de forma continua.
- 7- Pasado los 5 minutos de la prueba se toma el valor de la frecuencia cardiaca que maque el pulsímetro en ese instante.
- 8- El valor obtenido del pulsímetro será la frecuencia cardiaca submáxima , la cual se lleva al nomograma de Manero(1896), ver figura 2.1, y se determinan el gasto energético y la frecuencia cardiaca máxima, de acuerdo con lo planteado en el epígrafe 2.3.1.
- 9- Llevar el valor del Gasto Energético obtenido del nomograma en (LO_2/min) a (Watt), según:

$$GE(watt) = GE(LO_2/min) * 20 \left(\frac{KJ}{LO_2} \right) * 1000/60(min)$$

2.5. Procedimiento para estimar Gasto Energético a partir de la Frecuencia Cardiaca

Partiendo de la relación lineal que se establece entre el metabolismo (M) y la frecuencia cardíaca (FC), bajo las condiciones estrictas que plantea la ISO 8996:1990, se procede a la determinación de la ecuación de la recta que modela dicha relación, para luego en la misma sustituir la frecuencia cardíaca media (FC^-) de la actividad y despejar el metabolismo equivalente, que no es más que el **GE** de dicha actividad.

Aclaraciones:

- 1) Si una actividad, está compuesta por varias subtarear, se hallará la moda de la (FC) de cada una de estas -por ser el valor que indica donde la (FC) se estabiliza en correspondencia con cada carga de trabajo, es la meseta de la curva que describe la (FC) en el tiempo -, luego se hallará la media de esas modas, para obtener la frecuencia cardíaca media (FC^-) de la actividad en general.
- 2) Dígase Metabolismo Equivalente (Meq) de una actividad al Gasto Energético (GE) de la misma, puesto que este último es la energía requerida - para activar el mecanismo de “paso a paso” para la contracción muscular que requiere dicha actividad-, derivada de las reacciones químicas que tienen lugar en las células musculares, donde se metaboliza el ATP (moneda energética) para la obtención de dicha energía, con la intervención de una cadena de suministros multisistémica.
- 3) Dígase más adelante Metabolismo Máximo ($M_{m\acute{a}x}$) a la Capacidad de Trabajo físico (CTF) de un individuo, puesto que este último a decir de [13]es, “... su potencia máxima aeróbica, es decir al máximo caudal de oxígeno que un individuo es capaz de inspirar, combinar con la sangre en sus pulmones y transportar por medio de la sangre a las células que se contraen.” Para luego combustionar con el ATP metabolizado y sintetizar energía, que para el caso resulta la máxima posible.

Tomando como base las premisas del epígrafe 2.2, para la determinación de la ecuación de una recta ($y = bx + a$) se precisan de dos (2) puntos [$(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$] que en este caso serán [$(M_{rep} ; FC_{rep})$, $(M_{m\acute{a}x} ; FC_{m\acute{a}x})$]; entiéndase:

M_{rep} : Metabolismo del reposo.

FC_{rep} : Frecuencia cardíaca del reposo.

$M_{m\acute{a}x}$: Metabolismo máximo o Capacidad de Trabajo Físico (CTF).

$FC_{m\acute{a}x}$: Frecuencia cardíaca máxima.

Dicho esto la ecuación de la recta relacional sería:

$$FC = b \times M + a \quad (1)$$

Donde: **a** y **b** los parámetros de la función. A continuación se determinan los valores de cada punto para sustituirlos en la ecuación 1.

2.5.1. Determinación de la Frecuencia Cardíaca del Reposo

La frecuencia cardíaca del reposo es la Moda de un período de 10 minutos, sentado antes de comenzar la Jornada Laboral en condiciones de temperatura de. (20-24 °C) y donde no exista estrés mental.[31]

Para la determinación de dicha frecuencia se utilizó un pulsímetro y los datos se recogieron en las siguientes tablas, especificadas para hombres y mujeres respectivamente:

Tabla 2.1. Frecuencia Cardíaca del reposo (Hombres)

Tabla para FCrep (Hombres)		T(min)										
No	Nombre y Apellidos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FCrep
1												
2												
3												

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 2. 2. Frecuencia Cardíaca del reposo (Mujeres)

Tabla para FCrep (Mujeres)		T(min)										
No	Nombre y Apellidos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FCrep
1												
2												
3												

Fuente. Elaboración Propia.

2.5.2. Determinación del Metabolismo del Reposo

El metabolismo del reposo se determina a partir de la multiplicación del metabolismo basal por la superficie corporal por 1.45, puesto que el metabolismo del reposo es entre un 40 y 50 % superior al metabolismo basal[13]y se emplea la ecuación:

$$M_{rep} = M_b \times SC \times 1.45 \quad (2)$$

El metabolismo basal se obtiene de la figura 2.1 y es una función que depende de la edad y el sexo.

VARONES		MUJERES	
Años de edad	Watios/m ²	Años de edad	Watios/m ²
6	61,480	6	58,719
7	60,842	6,5	58,267
8	60,065	7	56,979
8,5	59,392	7,5	55,494
9	58,626	8	54,520
9,5	57,327	8,5	53,940
10	56,260	9-10	53,244
10,5	55,344	11	52,502
11	54,729	11,5	51,968
12	54,230	12	51,365
13-15	53,766	12,5	50,553
16	53,035	13	49,764
16,5	52,548	13,5	48,836
17	51,968	14	48,082
17,5	51,075	14,5	47,258
18	50,170	15	46,516
18,5	49,532	15,5	45,704
19	49,091	16	45,066
19,5	48,720	16,5	44,428
20-21	48,059	17	43,871
22-23	47,351	17,5	43,384
24-27	46,678	18-19	42,618
28-29	46,180	20-24	41,969
30-34	45,634	25-44	41,412
35-39	44,869	45-49	40,530
40-44	44,080	50-54	39,394
45-49	43,349	55-59	38,489
50-54	42,607	60-64	37,828
55-59	41,876	65-69	37,468
60-64	41,157		
65-69	40,368		

Figura2. 6. Valores del Metabolismo Basal en función de la edad y el sexo

Fuente. NTP-323, 1990

La superficie corporal se calcula a partir de la ecuación:

$$Sc = 0.202 \times Pc^{0.425} \times H^{0.725} \quad (3)$$

Donde:

Pc: peso corporal

H: altura o talla.

2.5.3. Determinación de la Frecuencia Cardiaca Máxima

Para determinar la frecuencia cardiaca máxima se utilizan las ecuaciones:

$$H: [210 - 0.5edad - 0.01Pc + 4] \times 0.97 \quad (4)$$

$$M: 210 - 0.5edad - 0.01Pc \quad (5)$$

Las cuales están determinadas para hombres y mujeres respectivamente y dependen de la edad y el peso corporal. Los resultados obtenidos con dichas ecuaciones serán comparados con los del Nomograma y procesados estadísticamente para observar si existen diferencias significativas, en caso de no existir serán utilizadas las ecuaciones 4 y 5 tal cual se plantean.

2.5.4. Determinación del Metabolismo Máximo o Capacidad de trabajo Físico (CTF)

El metabolismo máximo ($M_{m\acute{a}x}$) o capacidad de trabajo física se determina a partir de las ecuaciones de la MAPFRE:

$$H: [(75 - 0.4edad) \times PesoMagro^{2/3}] \times 0.78 \quad (6)$$

$$M: (56 - 0.35edad) \times PesoMagro^{2/3} \quad (7)$$

Las cuales están delimitadas para los hombres y las mujeres respectivamente de la población española, por lo cual se debe ajustar a la población cubana para el caso de los hombres, según (Cáceres, 2014).

El **peso magro** se calcula como:

$$PesoMagro = 98.42 + 1.082 \times Pc - 4.15 \times \phi_c \quad (8)$$

Donde: ϕ_c es el diámetro de la cintura y se obtiene de dividir la longitud de la cintura (**Lc**) entre π .

2.5.5. Obtención de la ecuación para Gasto Energético

Una vez determinados los dos (2) pares de puntos se procede a la determinación de la ecuación de la recta: $FC = b \times M + a$

Los parámetros de la recta se calculan:

$$a = \frac{FC_{m\acute{a}x} - FC_{rep}}{M_{m\acute{a}x} - M_{rep}} ; \quad (9)$$

$$b = FC_{rep} - m M_{rep} ; \quad (10)$$

Donde m es la pendiente de la recta y n es el término independiente, el cual se obtiene después de sustituir en el punto (FC_{rep} ; M_{rep}) y realizar el despeje correspondiente.

Obteniéndose la frecuencia cardiaca media de una actividad (FC^-) es posible obtener el metabolismo equivalente o Gasto Energético sustituyéndola en la ecuación 1 y con el despeje correspondiente será:

$$M_{eq.} = \frac{FC^- - a}{b} ; \quad (11)$$

Donde la FC^- se obtiene como resultado de la aplicación de la prueba de esfuerzo submáximo.

Con el objetivo de procesar los datos con mayor facilidad se utilizara el formato de la tabla 2.3, especificada para hombres y mujeres respectivamente:

Tabla 2. 3. Datos para calcular Gasto Energético (Hombres)

No	Nombre y Apellidos	Edad	PC	Talla	Mb	Sc	Mrep	FC^-	CTF	FCmax	GE	GE'
1												
2												
3												

Fuente. Elaboración Propia

Tabla 2. 4. Datos para calcular Gasto Energético (Mujeres)

No	Nombre y Apellidos	Edad	PC	Talla	Mb	Sc	Mrep	FC^-	CTF	FCmax	GE	GE'
1												
2												
3												

Fuente. Elaboración Propia

2.6. Procesamiento Estadístico de los Datos

Para el procesamiento de los datos es necesario introducirlos en una hoja Excel donde se programan las ecuaciones y obtener los datos de Gasto Energético y Frecuencia Cardíaca Máxima calculados (según 4; 5 y 11) en columnas según el formato de la tabla 2.3 para luego analizar si existen diferencias significativas con los arrojados por el Nomograma según el procedimiento del epígrafe 2.4.3.

2.6.1. Comparación de Muestras Pareadas

El procedimiento Comparación de Muestras Pareadas está diseñado para comparar datos en 2 columnas numéricas donde los valores en cada fila están pareados, i.e., corresponden al mismo sujeto o unidad experimental. La razón principal para tal comparación típicamente es determinar si el factor que diferencia las columnas tiene o no efecto en los datos. Para desarrollarlo se deben seguir una serie de pasos:

- 1- Insertar el nombre de las columnas dando doble clic encima de (col_1), saldrá una ventana donde se escribe el nombre de esa columna y se da clic en aceptar.(ver figura 2.7)

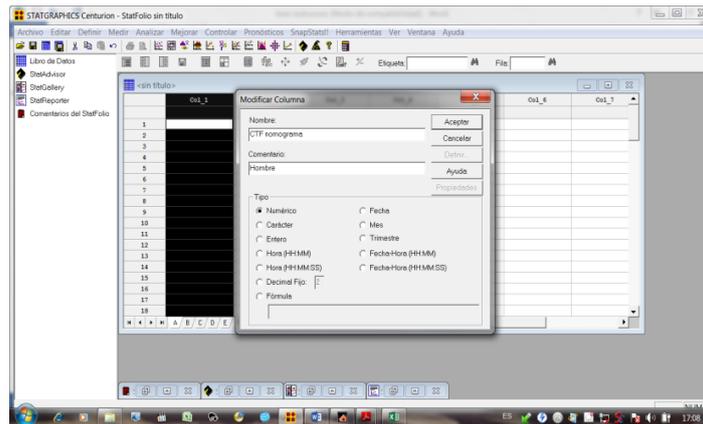


Figura 2. 7. Introducción de los datos

Fuente. Statgraphic Centurión XVII

- 2- Introducir los valores de ambas muestras, en este caso los valores de Gasto Energético y Frecuencia Cardíaca Máxima del paso anterior. (ver figura 2.8)

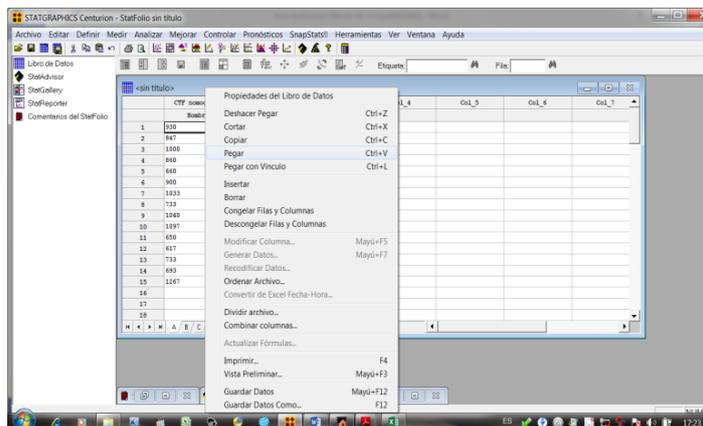


Figura 2. 8 Introducción de datos

Fuente. Statgraphic Centurión XVII

- 3- Para determinar si existen diferencias significativas entre ambas muestras, se va a la barra de tareas, se da clic en Analizar/Datos Continuos/Comparación de dos Muestras/Muestras pareadas.(ver figura 2.9)

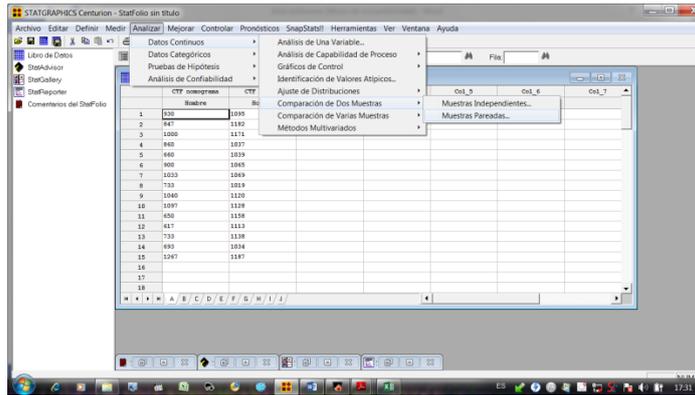


Figura 2. 9 Diferencias significativas.

Fuente. Statgraphic Centuri3n XVII

Saldr3a una ventana para definir muestra1 y muestra 2 y se da clic en aceptar. (Ver figura 2.10)

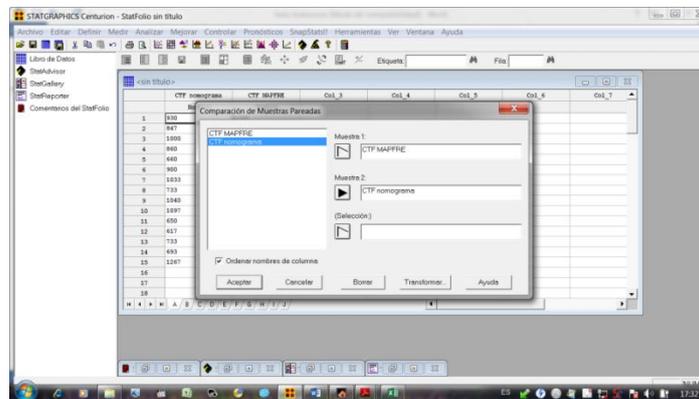


Figura 2. 10Definici3n de las Muestras.

Fuente. Statgraphic Centuri3n XVII

Posteriormente se mostrar3a una ventana con cuatro cuadrantes, donde aparecen: el resumen del an3lisis y el resumen estadistic3; los cuales se explican a continuaci3n. (Ver figura 2.11)

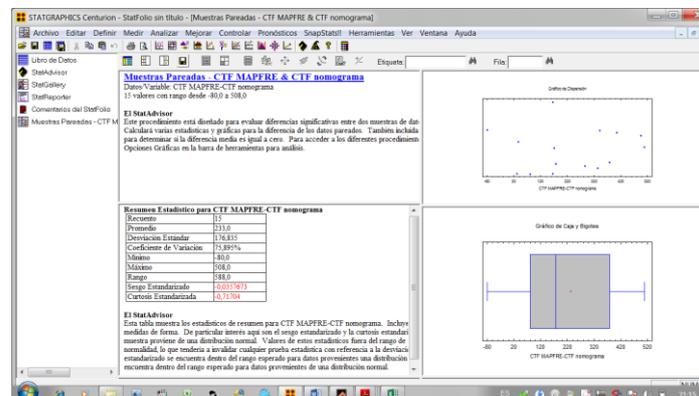


Figura 2. 11 Resumen de resultados

Fuente. Statgraphic Centuri3n XVII

El Resumen del Análisis muestra el número de observaciones pareadas en la columna de datos.

Muestras Pareadas - Col 1 & Col 2

Datos/Variable: Col_1-Col_2

15 valores con rango desde -508,0 a 80,0

En el análisis que sigue, se presta principal atención a las diferencias pareadas $d_i = x_{i, 1} - x_{i, 2}$ las cuales representan las diferencias entre cada par de observaciones.

La ventana del *Resumen Estadístico* calcula un número de diferentes estadísticas para las n diferencias pareadas (ver figura 2.12)

Recuento	93
Promedio	6.72043
Desviación Estándar	1.85546
Coefficiente de Variación	27.6092%
Mínimo	2.0
Máximo	11.0
Rango	9.0
Rango Intercuartílico	3.0
Sesgo Estandarizado	-0.686851
Curtosis Estandarizada	-1.33445

Figura 2. 12Resumen estadístico.

Fuente. Statgraphic Centurión XVII

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.

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/Aceptar. (Ver figura 2.13)

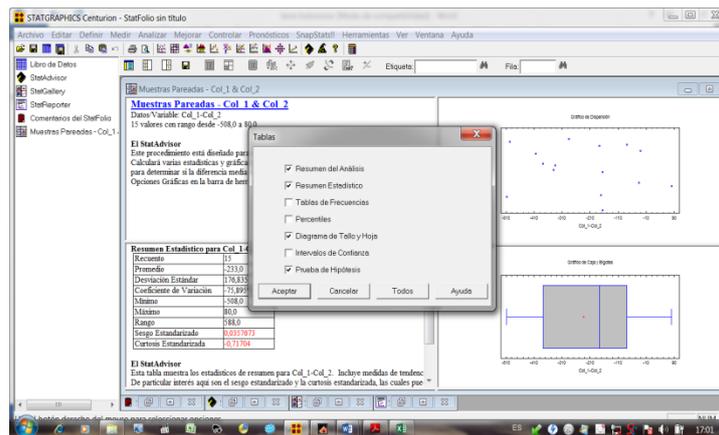


Figura 2. 13Diferencias estadísticas

Fuente. Statgraphic Centurión XVII

Saldrán nuevos cuadrantes y se analizará el que se refiere a Prueba Hipótesis dentro de esta la prueba t. La ventana de las Pruebas de Hipótesis da soporte al último enfoque.

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 μ_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:

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

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

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.

2.6.2. Prueba de Normalidad

El análisis de normalidad se realiza con el objetivo de comprobar que las variables observadas siguen una distribución normal y poder emplear el estadígrafo μ como el valor promedio de los resultados.

El procedimiento **Ajustando Distribución (Datos No Censurados)** ajusta cualquiera de las 45 distribuciones de probabilidad a una columna numérica de datos. Los datos se asumen que no son censurados, i.e., los datos representan muestras aleatorias de la distribución seleccionada.

El panel de *Pruebas de Normalidad* realice 4 diferentes pruebas diseñadas para determinar si los datos podrían razonablemente venir de una distribución normal o no. Para cada prueba las hipótesis de interés son:

- Hipótesis Nula: los datos son muestras independientes de una distribución normal
- Hipótesis Alterna.: los datos no son muestras independientes de una distribución normal

Las pruebas que son corridas son seleccionadas usando las *Opciones del Panel*. Cada prueba es desplegada con su con su estadística de prueba asociada y su P-Valor. P-valores pequeños permiten rechazar la hipótesis nula y así rechazar la normalidad. Los P-valores para las pruebas Shapiro-Wilks y Chi-Cuadrada deberán estar ambos por debajo de 0.05, permitiendo un rechazo de la normalidad para los datos en un nivel de 95% de confianza.

2.7. Conclusiones parciales del capítulo

1- Se establecen las condiciones estándares para la realización de la prueba así como las premisas para la aplicación del procedimiento relacional de la frecuencia cardíaca y metabolismo equivalente o gasto energético.

2- Se describen los procedimientos y equipos utilizados para la selección de la muestra y para la obtención del Gasto Energético y la frecuencia cardíaca máxima por medio del Nomograma de Manero 1986 y del procedimiento anterior.

Capítulo 3. Resultados de la aplicación del procedimiento relacional del Metabolismo y la Frecuencia Cardiaca

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento presentado en el capítulo anterior. Para ello se realizarán los cálculos necesarios que permitan darle solución a cada una de las variables implicadas en la obtención de dichos resultados. Además se aplicarán técnicas estadísticas para el procesamiento de los datos como la comparación de muestras pareadas y pruebas de normalidad.

3.1. Selección de la muestra

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 19 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.

3.2 .Aplicación del procedimiento

Partiendo de la relación que existe entre el metabolismo equivalente y la frecuencia cardiaca de la actividad especificado en el epígrafe 2.5, se procede a la aplicación del procedimiento descrito.

En la realización de dicho experimento se tuvo en cuenta el cumplimiento de las siguientes premisas:

- 1- Las condiciones microclimáticas del laboratorio son de 23 °C antes de iniciar la prueba.
- 2- Los individuos se encuentran en estado de relajación total y sin estrés térmico
- 3- Fue determinado el Índice de Temperatura Efectiva donde la relación entre metabolismo y frecuencia cardiaca es lineal, el cual es de 21°C para los hombres y para las mujeres.
- 4- Se dispone de todos los datos individuales de cada persona necesarios para determinar las variables implicadas como: el peso corporal, la talla, la superficie corporal, la capacidad de trabajo físico, el peso magro, el metabolismo basal y frecuencia cardiaca del reposo.

Para la obtención del metabolismo equivalente o gasto energético se determinan dos puntos $(M_{rep} ; FC_{rep})$, $(M_{máx} ; FC_{máx})$, para luego determinar la ecuación que modela dichos valores para cada individuo de forma experimental.

3.2.1. Cálculo de la Frecuencia cardiaca del reposo

La primera de las variables determinadas fue la frecuencia cardiaca del reposo (FC_{rep}), la cual es la moda de un período de 10 minutos sentado, tomada cada un minuto por medio del pulsímetro, antes de comenzar la prueba y bajo condiciones de temperatura de 23 C°, arrojando los siguientes resultados tabulados para hombres y mujeres respectivamente (**ver tablas 3.1 y 3.2**)

Tabla 3.1. Frecuencia Cardiaca del Reposo(Hombres)

Tabla para FCrep (Hombres)											
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FCrep
1	79	80	73	67	69	66	75	74	69	69	69
2	72	72	75	70	80	76	80	77	76	76	76
3	64	59	63	63	63	63	63	63	66	66	63
4	68	64	68	66	68	64	68	66	64	68	68
5	88	93	91	82	85	96	81	97	85	92	85
6	103	102	101	102	96	102	102	106	104	105	102
7	51	51	52	54	52	51	71	54	52	51	51
8	81	72	90	85	90	72	72	85	91	72	72
9	53	53	53	69	52	53	54	55	54	53	53
10	88	85	88	88	88	88	88	80	81	86	88
11	65	68	70	70	73	75	75	75	75	75	75
12	79	80	79	75	79	79	78	80	79	80	79
13	71	73	71	73	73	70	73	71	73	73	73
14	63	63	64	64	64	66	68	64	64	66	64
15	53	55	55	56	55	60	55	55	59	60	55

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 3.2 Frecuencia Cardiaca del Reposo (Mujeres)

Tabla para FCrep (Mujeres)											
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	FCrep
1	63	64	64	65	64	64	65	64	66	62	64
2	85	63	84	83	82	78	76	83	81	88	83
3	76	80	80	80	82	92	89	84	85	84	80
4	89	82	94	89	91	89	89	91	89	89	89
5	69	72	69	64	69	70	65	74	67	70	69
6	79	80	85	81	86	88	85	83	85	79	85
7	96	87	90	94	96	85	96	87	94	90	96
8	65	65	63	65	65	62	65	66	65	60	65
9	100	98	94	94	91	91	99	100	98	94	94
10	72	72	76	76	84	80	84	76	84	76	76
11	70	58	67	61	61	64	64	70	64	64	64
12	65	66	66	66	66	71	66	69	66	72	66
13	104	103	103	103	104	104	104	103	104	104	104
14	71	71	71	74	71	71	71	71	74	76	71
15	72	72	78	67	77	77	77	80	77	83	77

Fuente. Elaboración Propia

3.2.2. Cálculo del Metabolismo del reposo

Posteriormente se determinó el metabolismo basal a partir de la figura 2.1 establecida por la norma NTP-323, el cual depende de la edad y el sexo, además de la superficie corporal, para luego calcular el metabolismo del reposo (M_{rep}), mediante la fórmula 2. Los resultados se recogen en las **tablas 3.3 y 3.4** para los hombres y las mujeres respectivamente.

Tabla 3.3 Metabolismo del Reposo (Hombres)

No (Homb)	Mb (W/m ²)	Sc (m ²)	Mrep (W)
1	48,06	2,02	140,4
2	47,15	1,87	128,0
3	48,06	1,84	128,5
4	48,06	1,77	123,5
5	48,06	1,95	136,0
6	48,06	1,95	136,2
7	48,06	1,79	125,0
8	47,35	1,76	120,6
9	48,06	1,79	125,0
10	47,35	1,91	130,9
11	48,06	1,73	120,9
12	48,06	1,92	133,6
13	47,35	1,97	135,0
14	48,06	2,10	146,6
15	47,35	1,86	127,8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.4 Metabolismo del Reposo (Mujeres)

No (Mujer)	Mb (W)	Sc (m ²)	Mrep (W)
1	41,97	1,49	90,56
2	41,97	1,60	97,14
3	41,97	1,57	95,63
4	41,97	1,39	84,86
5	41,97	1,48	90,14
6	41,97	1,62	98,64
7	41,97	1,52	92,37
8	41,97	1,59	97,05
9	41,97	1,37	83,16
10	41,97	1,47	89,48
11	41,97	1,65	100,69
12	41,97	1,51	92,15
13	41,97	1,50	91,14
14	41,97	1,49	90,72
15	41,97	1,72	104,95

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Obtención de la Frecuencia Cardíaca Máxima

Otras de las variables implicadas es la frecuencia cardíaca máxima, la cual se calcula por las expresiones 4 y 5, en función del sexo y depende de la edad y el peso corporal, los valores

arrojados por dichas ecuaciones fueron comparados con los obtenidos de Nomograma(NC-190007,1897) para cada individuo y posteriormente se realizó el procesamiento estadístico de comparación de muestras pareadas, utilizando el Statgraphic Centurión, con el objetivo de conocer si existen diferencias significativas entre ambas muestras y así poder emplear las fórmulas de cálculo anteriores o si deben ser ajustadas.

El procesamiento dio como resultado que para los hombres si existen diferencias significativas e los valores de frecuencia cardiaca máxima calculados con los del nomograma para un nivel de confianza del 95 %, puesto que el valor del estadígrafo fue de 0.00026 y cae dentro de la región crítica, por lo que se puede rechazar la hipótesis nula de que no existan diferencias significativas (ver fig3.1.),para así concluir que la expresión para determinar frecuencia cardiaca máxima en los hombres para ser utilizada como alternativa al Nomograma, debe ser ajustada .Los resultados se muestran en la tabla 3.3:

Para realizar el ajuste da le ecuación fueron calculadas las diferencias modulares entre los valores arrojados por el Nomograma y la ecuación 4, para el caso de los hombres, estos valores expresados en porciento fueron sometidos a un análisis de normalidad (ver figura 3.2) para luego calcular la media de estos y ajustar la fórmula 4.

Tabla 3.3 Diferencias entre la Frecuencia Cardiaca Máxima (Hombres)

No (Homb)	FCmax Nom	FCmax Cal	Δ	Dif (%)
1	197	203	6	2,80
2	197	202	5	2,60
3	193	203	10	4,83
4	192	203	11	5,32
5	198	203	5	2,32
6	201	203	2	0,88
7	191	203	12	5,84
8	195	202	7	3,63
9	191	203	12	5,84
10	205	202	3	1,37
11	201	203	2	0,91
12	202	203	1	0,36
13	202	202	0	0,08
14	192	203	11	5,23
15	192	202	10	5,08
		Promedio		3,14

Fuente: Elaboración propia.

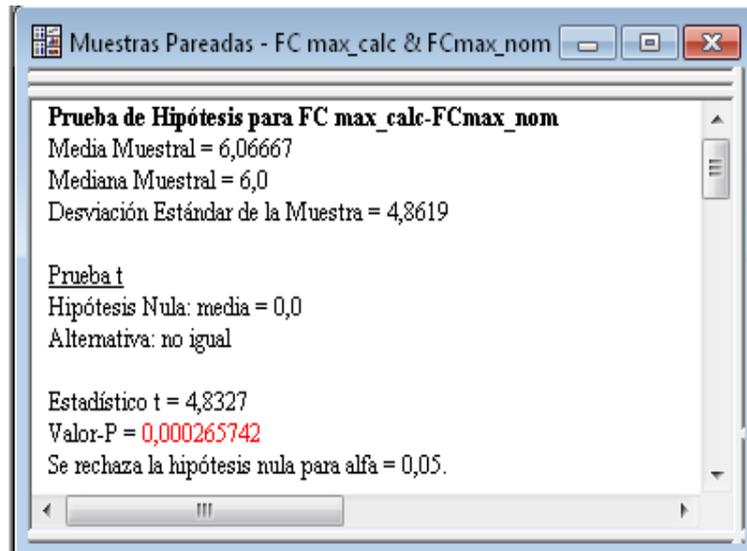


Fig. 3.1 Comparación de muestras pareadas. Frecuencia Cardíaca Máxima (Hombres)
 Fuente. Elaboración propia

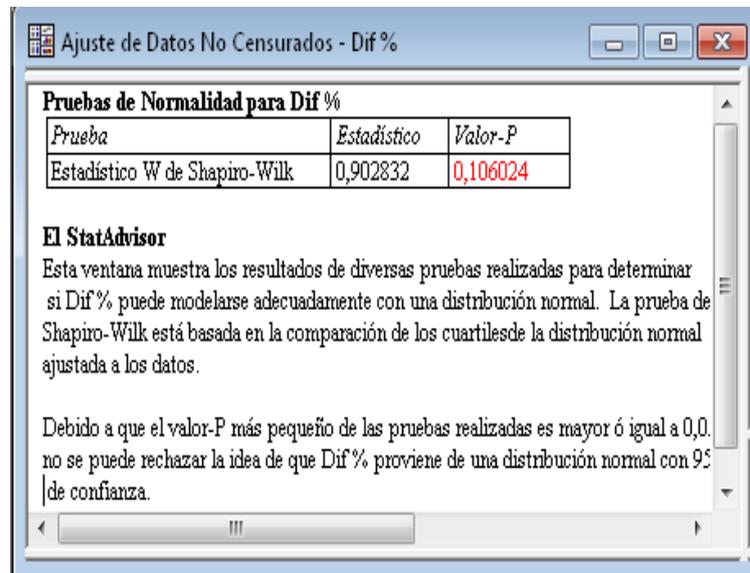


Figura3. 2 Prueba de Normalidad(Hombres)
 Fuente. Elaboración Propia

En cuanto a las mujeres los resultados obtenidos fueron que no hubo diferencias significativas en los valores de frecuencia cardíaca máxima calculados con los arrojados por el nomograma (ver tabla 3.4) con una confiabilidad del 95 %, pues el valor del estadígrafo fue de 0.0574064 el cual cae fuera de la región crítica, por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que no existan diferencias significativas y la fórmula 5, es válida para el cálculo de la frecuencia máxima, obteniéndose como resultado (ver fig. 3.2.)

Tabla 3.4 Diferencias entre la Frecuencia Cardiaca Máxima (Mujeres)

No (Mujer)	Fc max Nom	FC max cal
1	198	199
2	195	199
3	193	199
4	202	200
5	194	199
6	196	199
7	200	200
8	196	199
9	201	200
10	194	200
11	195	199
12	191	199
13	205	200
14	204	200
15	196	199

Fuente: Elaboración propia.

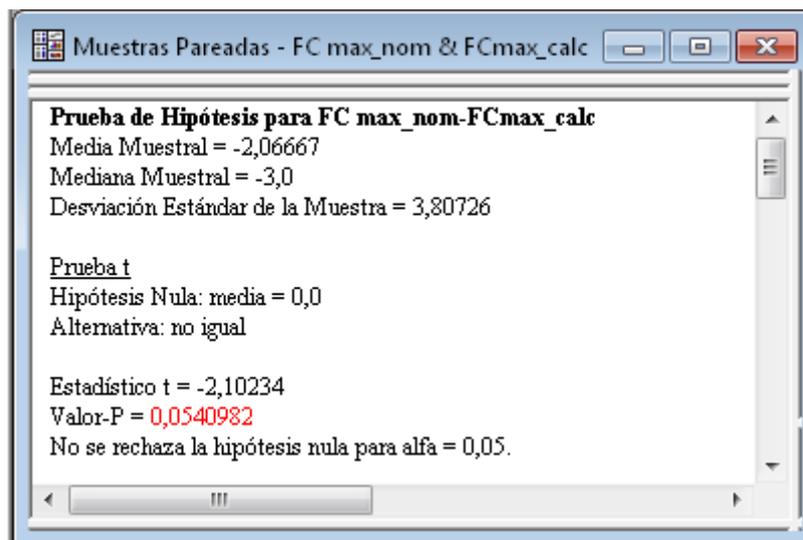


Fig.3.3 Comparación de Muestras Pareadas. Frecuencia Cardiaca Máxima (Mujeres)

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.4. Calculo del Metabolismo Máximo o Capacidad de Trabajo Físico (CTF)

Para el cálculo de la capacidad de trabajo físico se aplicaron las ecuaciones empíricas 6 y 7 creadas por la MAPFRE y ajustadas a las poblaciones cubanas y delimitadas para los hombres y mujeres respectivamente según (Cáceres 2014), los resultados obtenidos (*ver tablas 3.5 y 3.6*) se emplearon para el cálculo del metabolismo equivalente.

Tabla 3.5 Metabolismo Máximo (Mujeres)

No (Mujer)	M(max)
1	594,30
2	471,63
3	597,63
4	635,33
5	602,30
6	626,39
7	439,50
8	482,93
9	452,59
10	481,75
11	591,11
12	514,94
13	508,91
14	561,18
15	540,84

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.6 Metabolismo Máximo (Hombres)

No (Homb)	M(max)
1	852,40
2	920,37
3	912,12
4	829,78
5	807,14
6	808,83
7	832,98
8	793,53
9	878,09
10	901,61
11	866,93
12	809,83
13	913,39
14	924,75
15	878,76

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. Obtención del Gasto Energético o Metabolismo Equivalente (M_{eq})

Para el cálculo del gasto energético se aplicó la fórmula 11, donde primeramente se calcularon los parámetros de la función, es decir, la pendiente (**b**) y el término independiente (**a**) según las ecuaciones 9 y 10, posteriormente se sustituye la frecuencia cardiaca submáxima, determinada a partir de la prueba del escalón, obteniéndose como resultado el gasto energético para mujeres y hombres respectivamente (Ver tablas 3.7 y 3.8)

Tabla 3.7 Metabolismo Energético (Mujeres)

No (Mujer)	a	b	Meq(W) -16%
1	39,64	0,269	341,55
2	52,79	0,311	230,16
3	57,25	0,238	274,51
4	71,97	0,201	389,31
5	46,12	0,254	297,48
6	63,63	0,217	303,83
7	68,46	0,298	252,27
8	31,19	0,348	281,62
9	70,24	0,286	269,78
10	47,83	0,315	229,91
11	36,30	0,275	307,45
12	36,91	0,316	231,74
13	83,17	0,229	355,83
14	46,22	0,273	399,12
15	47,64	0,280	283,35

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.8 Metabolismo Energético (Hombres)

No (Homb)	a	b	Meq (W) -32%
1	44	0,18	392,13
2	57	0,15	401,41
3	41	0,17	354,21
4	46	0,18	341,58
5	63	0,16	362,89
6	83	0,14	393,29
7	26	0,20	325,97
8	50	0,18	358,78
9	29	0,19	334,11
10	70	0,14	528,13
11	56	0,16	446,23
12	56	0,17	432,53
13	52	0,16	493,68
14	39	0,17	354,96
15	31	0,19	347,24

Fuente: Elaboración Propia

Las tablas anteriores expresan los valores de metabolismo equivalente para hombres y mujeres respectivamente, además de los resultados de los parámetros a y b de la relación lineal entre el metabolismo y la frecuencia cardiaca.

3.3. Valoración de los resultados

Los valores de metabolismo obtenidos para los hombres se expresan en Watt (ver tabla3.9) y se compararon con los arrojados por el nomograma donde se aplicó un procesamiento estadístico para muestras pareadas y determinar si existen diferencias significativas entre ellas, con el objetivo de emplear el procedimiento en cuestión.

Para el caso de los hombres se determinó con una confiabilidad del 95 %, pues el estadígrafo fue de 0.0000031 que se cumple la región crítica por lo que se rechaza la hipótesis nula, y se puede concluir que existen diferencias significativas entre los resultados del nomograma y los calculados (ver figura 3.3), los cuales deben ser ajustados.

Tabla 3.9 Diferencias entre Gasto Energético (Hombres)

No(H)	GE(calc)	GE(Nom)	Dif	%	GE ajustado (W)
1	690,09	543,33	146,76	21,27	493,10
2	703,73	483,33	220,40	31,32	502,85
3	620,60	456,67	163,93	26,42	443,44
4	598,72	470,00	128,72	21,50	427,81
5	633,35	523,33	110,02	17,37	452,56
6	682,31	463,33	218,98	32,09	487,54
7	572,78	420,00	152,78	26,67	409,28
8	630,53	420,00	210,53	33,39	450,54
9	586,47	420,00	166,47	28,38	419,06
10	930,87	510,00	420,87	45,21	665,15
11	788,14	420,00	368,14	46,71	563,16
12	763,52	496,67	266,85	34,95	545,57
13	874,13	543,33	330,79	37,84	624,60
14	619,77	600,00	19,77	3,19	442,85
15	610,09	476,67	133,42	21,87	435,93
			Promedio	28,55	

Fuente: Elaboración propia

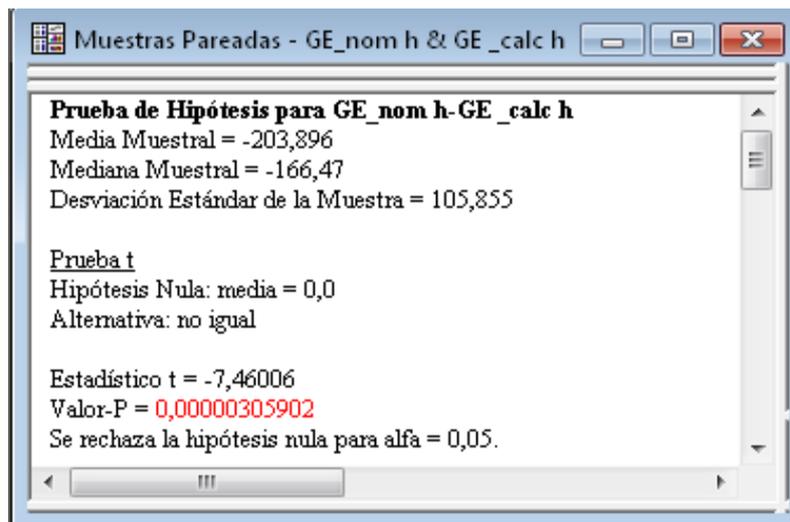


Figura 3.3 Diferencias para Gasto Energético (Hombres)

Fuente: Elaboracion Propia

Los valores obtenidos del procedimiento fueron ajustados a los del nomograma, para ello se calcularon las diferencias modulares de cada valor y el porcentaje que representa cada una del valor real respecto al obtenido de dicho nomograma (ver tabla 3.9).

Posteriormente se aplicó una prueba de normalidad a dichos porcentajes, donde se comprobó que siguen una distribución normal (ver fig. 3.4.), para después hallar el promedio de dichos valores y establecer un ajuste pues los valores calculados presentan una dispersión del 28.55% por encima con respecto a los valores reales del nomograma.

Además se aplicó la comparación de muestras pareadas para comprobar si existen diferencias significativas con los valores ajustados (ver figura 3.5), donde se obtuvo un valor del estadígrafo de 0.713277 el cual cae fuera de la región crítica, no se rechaza la hipótesis nula y permite concluir que los mismos no difieren significativamente a los arrojados por la norma.

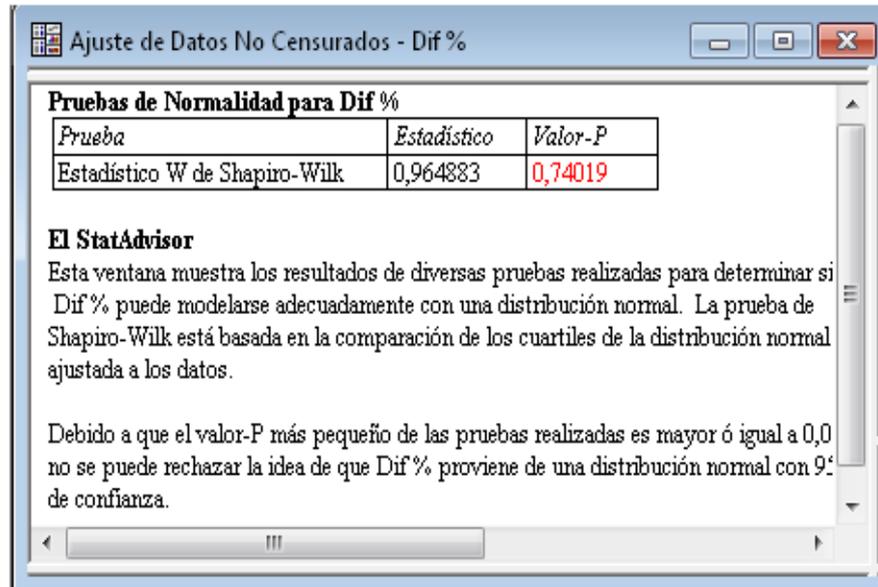


Figura 3.4 Prueba de Normalidad (Hombres)

Fuente: Elaboracion Propia

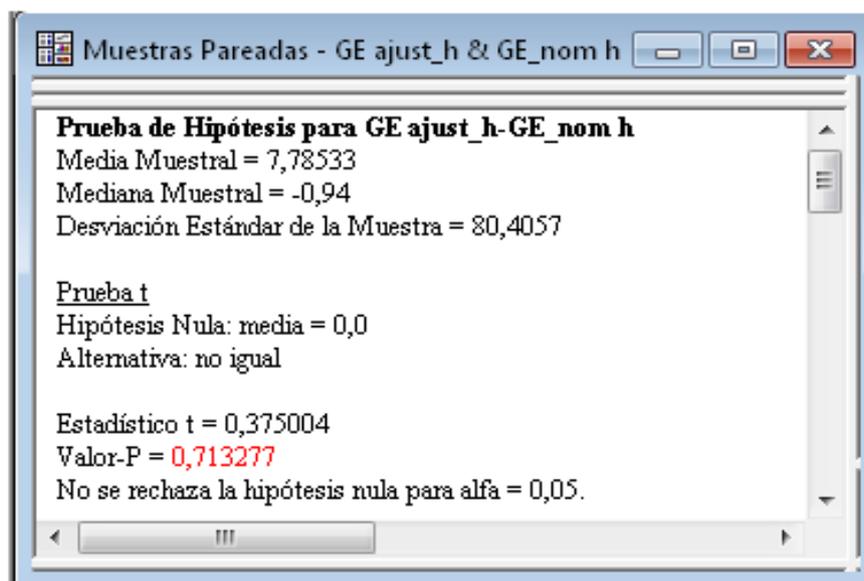


Figura 3.5 Diferencias para Gasto Energético Ajustado (Hombres)

Fuente: Elaboración Propia

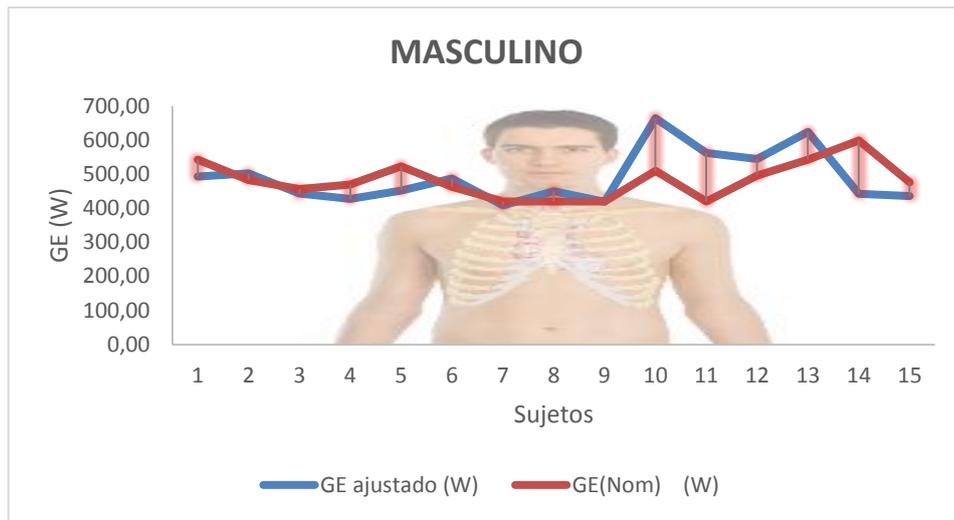


Figura3. 6 Diferencias de Metabolismo (Hombres)

Fuente. Elaboración Propia

En la figura 3.6 se muestra un análisis gráfico de los valores del Gasto Energético ajustado con los del Nomograma, aunque parezca que las brechas entre unos valores y otros son significativas, el procesamiento estadístico demuestra lo contrario.

Para las mujeres los valores de metabolismo expresados en Watt fueron comparados con los obtenidos del nomograma (ver tabla 3.10) donde se aplicó el procesamiento para comparar muestras pareadas (ver fig. 3.7.) y determinar si existen diferencias significativas con una confiabilidad del 95 %, el valor del estadígrafo fue de 0.0406324 por lo que cae dentro de la región crítica, se rechaza la hipótesis nula y se puede decir que existen diferencias significativas entre los valores del nomograma y los calculados.

Tabla 3.10 Diferencias entre Gasto Energético (Mujeres)

No(M)	GE(calc)	GE(Nom)	dif	%	GE(Ajust)
1	406,61	290,00	116,61	28,68	354,32
2	274,00	300,00	26,00	9,49	231,99
3	326,79	310,00	16,79	5,14	278,55
	463,46	276,67	186,79	40,30	404,04
5	354,14	290,00	64,14	18,11	305,41
6	361,71	360,00	1,71	0,47	309,66
7	300,32	276,67	23,65	7,87	257,74
8	335,26	306,67	28,60	8,53	290,49
9	321,16	250,00	71,16	22,16	277,70
10	273,70	276,67	2,96	1,08	232,75
11	366,02	316,67	49,35	13,48	315,88
12	275,88	293,33	17,46	6,33	234,01
13	423,61	276,67	146,94	34,69	369,45
14	475,14	276,67	198,47	41,77	418,70
15	337,32	316,67	20,65	6,12	289,19
			Promedio	16,28	

Fuente: Elaboración propia.

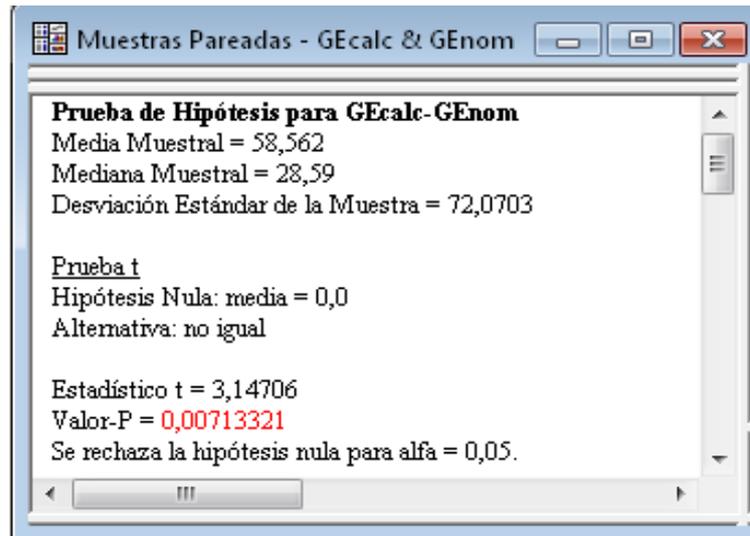


Figura 3.7 Diferencias para Gasto Energético
 Fuente: Elaboración Propia

Para ajustar los valores calculados a los del nomograma se procedió de igual manera y se determinaron las diferencias absolutas entre ambos valores y luego se calculó el porcentaje que representa cada valor de las diferencias del valor calculado (ver tabla 3.10), a lo cual se le aplicó una prueba de normalidad (ver fig. 3.8.) la cual arrojó que los resultados seguían una distribución normal, después se calculó el promedio de los porcentajes y establecer un ajuste para el metabolismo con una dispersión del 16.28% por encima respecto al nomograma, una vez ajustados los valores del metabolismo se realizó nuevamente la comparación de muestras pareadas (ver figura 3.9) donde se demuestra que el valor del estadígrafo es de 0.5665 lo cual permite concluir que no existen diferencias significativas entre los valores ajustados con los del Nomograma.

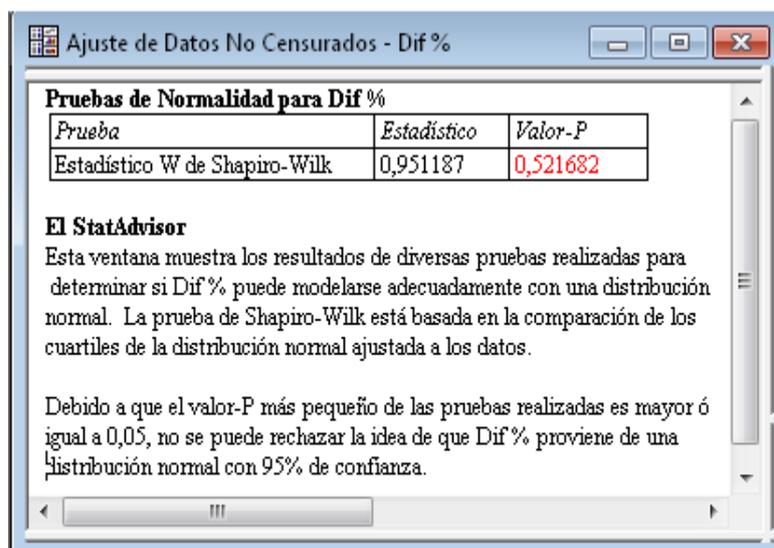


Figura 3.8 Prueba de Normalidad (Mujeres)
 Fuente. Elaboracion propia

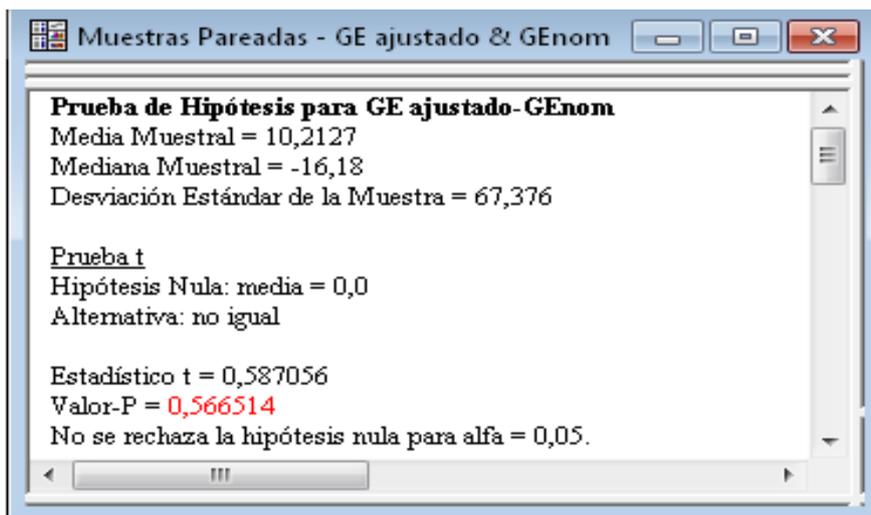


Figura 3.9 Diferencias para Gasto Energético ajustado (Mujeres)
Fuente. Elaboracion propia

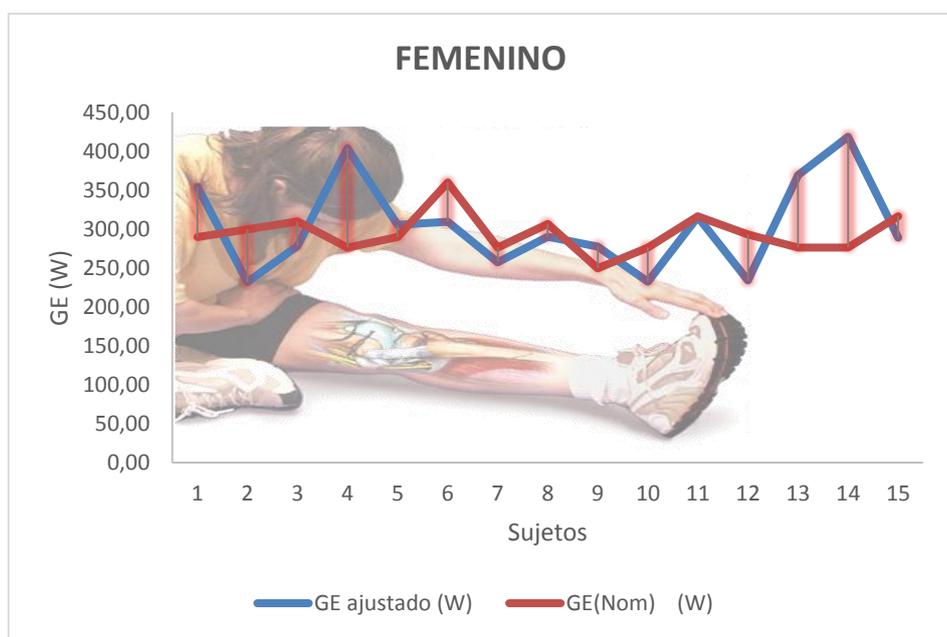


Figura3. 10 Diferencias de Metabolismo (Mujeres)
Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de las mujeres, en la figura 3.10 se muestra el análisis gráfico de la comparación de los valores de gasto energético ajustado con los del Nomograma y aunque las brechas entre ellos parecen significativas, el procesamiento estadístico prueba lo contrario, para un nivel de confianza del 95 %.

3.4. Obtención de las ecuaciones de Gasto Energético

A partir del procedimiento aplicado se obtuvo como resultado que los valores del metabolismo equivalente pueden ser calculados por las fórmulas siguientes, ajustadas para los hombres y las mujeres respectivamente:

Meq= [(FC⁻ - a)/b] x 0.72 (Hombres)

Meq= [(FC⁻ - a)/b] x 0.84 (Mujeres)

Donde:

FC: Frecuencia cardiaca submáxima de la actividad.

a: término independiente.

b: pendiente de la recta relacional.

3.5. Conclusiones parciales del capítulo

1. Se validó el procedimiento para obtener Gasto Energético en individuos de 20 a 22 años de ambos sexos a partir de una muestra piloto de 30 elementos.
2. Se obtuvieron ecuaciones para estimar el metabolismo equivalente de una actividad de manera personalizada y ajustadas en función del sexo.

Conclusiones

1- Se exponen métodos para calcular el gasto energético, así como una valoración de sus principales ventajas y desventajas donde se tuvo en cuenta el nivel de precisión, viabilidad o practicidad para su aplicación y las diferentes tecnologías involucradas.

3- Se establecen las condiciones estándares para la realización de la prueba así como las premisas para la aplicación del procedimiento relacional de la frecuencia cardiaca y el metabolismo.

4-Se describen los procedimientos y equipos utilizados para la selección de la muestra, la obtención del Gasto Energético y la frecuencia cardiaca máxima por medio del Nomograma de Manero 1986 y del procedimiento objeto de estudio.

5-Se validó el procedimiento para obtener Gasto Energético en individuos de 20 a 22 años de ambos sexos a partir de una muestra piloto de 30 elementos, donde se obtuvo las siguientes ecuaciones para estimar el metabolismo equivalente de una actividad de manera personalizada y ajustadas en función del sexo:

$$\text{Meq} = [(FC - a)/b] \times 0.72 \text{ (Hombres)}$$

$$\text{Meq} = [(FC - a)/b] \times 0.84 \text{ (Mujeres)}$$

Recomendaciones

- 1- Ampliar el estudio a individuos de otro rango etario, así como el tamaño de muestra.
- 2- Hacer extensiva la aplicación de este procedimiento bajo las mismas condiciones en profesiones reales.

Bibliografía

1. Jack H. Wilmore, David L. Costill, «Sistemas Energéticos Básicos», *Fisiología del Esfuerzo y el Deporte*, Barcelona, Editorial Paidotribo Consejo de Ciento, 245 bis, 1.º1.8, 2011, 5, 84-8019-348-4.
2. IMSS. *Anuario Estadístico 1985 -1994. Coordinación de Salud en el Trabajo*. México, 1995.
3. Eduardo, Puentes Rodríguez, «RELACIÓN DE LA CAPACIDAD FÍSICA DE LOSTRABAJADORES DEL PUESTO DE AYUDANTES DE VENTAS, CON EL GASTO ENERGÉTICOREQUERIDO EN ESTE PUESTO EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS», MONTERREY N.L., UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, Facultad de Salud Pública y Nutricion, 2001.
4. A.Mital, H. Krueger., *Advances in Occupational Ergonomics and Safety*, Cincinnati, International Society for Occupational Ergonomics and Safety, 2009, 0-9652558-0-8, 105-123.
5. J Maritz, J Morrison , J Peter , N Strydom y Wyndham, *C. A Practical method of estimating an individual maxima oxygen intake.Ergonomics*, 1961, 77-85.
6. H Frauendorf ., V Kobryn, G Kohn-Seyer y Nehrin, *P Biological effort of male workers involve 5 m manual work making drain pipes*, 1981 (Z Gesamte Hyg 26), 777-785.
7. R Manero , A Armisen , J. M Manero y O Fregel, *Métodos prácticos para estimar la Capacidad Física de Trabajo*, Rev Cubana Hig Epz# emz., 1983.
8. Alonso, Alicia, *Ergonomía*, La Habana, Editorial Felix Varela, 2006, 959-07-0192-2, 196.
9. Rimuallo, José, «Necesidades de Energía», *Requerimientos y recomendaciones de Energía y Proyeínas*, 2011, 1,
10. V Sanchez, A Martinez, IM Lopez, *La prueba de esfuerzo en el paciente con cardiopatía izquémica*, 2009.
11. CU Vogel, C Wolpert, M Wheling, «How to measure heart rate» *European Journal of Clinical Pharmacology*, 2012, 60, 461-466,
12. Gómez., Jaime Vásquez, «La frecuencia cardíaca de recuperación como indicador del consumo máximo de oxígeno», Barcelona, Universidad de Barcelona, Departamento de Didáctica de la Expresión Musical y Corporal, 2012.
13. Silvio Viña, Gregory, *Ergonomía*, Ciudad de La Habana, Editorial Pueblo y Educacion, 1987, 165.
14. H Tanaka, KD Monahan, DR Seals «Age-Predicted Maximal Heart Rate Revisited» *Journal of the American College of Cardiology*, 2010, 37,
15. Darby,L&Marsh,J. Specifity of a maximal step exercise test., 2007, [fecha de consulta: 3 de abril 2014]. Disponible en: <http://web.ebscohost.com>.
16. Achten,J & Jeukendrup,E. Heart rate monitoring applications and limitations, 2003, [fecha de consulta: 3 de abril 20014]. Disponible en: <http://wed.ebscohost.com>.
17. MJ Lamonte, BE Ainsworth, *Quantifying energy expenditure and physical activity in the context of dose response*, Med Sci Sports Exercises, 2009, 370-378.
18. MP Portillo, A Martínez, *Regulacion del balance Energético y de la omposicion Corporal*, Edicion Tratado de Nutricion, Madrid, Panamericana, 2010, 431-453.
19. M Hernández , C Porrata , G Estrada, M E Díaz, H S. Bayley, et. al. *Validación de la Recomendación Diaria de Energía Alimentaria vigente en Cuba para mujeres de 60 a 70 años de edad mediante la medición del gasto energético por el método del agua doblemente marcada*. La Habana, Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos, 2010.
20. C Porrata, P Monterrey, M Hernández. *Tasa Metabolica Basal en Adultos Cubanos, su sobreestimacion con el uso de las ecuaciones de prediccion de la FAO/OMS/ONU*. Guatemala, Congreso de la Sociedad Latinoamericana de Nutricion, 2009.
21. Monroy, Edgar R, «Compromisos fisiológicos de grupos trabajadores con exigencias de gasto energético», *Memorias ULAERGO UDLA*, Buenos Aires, 2014,

22. HJG Emons, DC Groenenboom, KR Westerterp , WHM Saris «Comparison of heart rate monitoring combined with indirect calorimetry and the doubly labelled water (2H218O) method for the measurement of energy expenditure in children» *Journal Applied Physiology*, 2012, 2, 99-103,
23. Aleman, LNH Mateo, «Nivel de actividad física, requerimiento de energía y composición corporal en personas activas de la tercera edad, de regiones rurales de México, Cuba y Chile», en Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 2011, [consulta: 15 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.sociedadcolombianadeergonomia.com/la_sociedad.html>
24. EM Haymes , WC Byrnes *Walking and running energy expenditure estimated by Caltrac and indirect calorimetry*, 2, Medical Sciences Sports Exercises, 2013, 1365-1639.
25. Determinacion del Metabolismo Energético. 1993, [fecha de consulta: 25 de febrero de 2014]. Disponible en: <http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=69157>
26. Apud Elías , Oñate Esteban «Fisiología del Trabajo», [en línea], 2014, [consulta: 30 de abril de 2014], Disponible en: <http://152.74.106.162/doc_ergonomia/>
27. LM Klesges , RC Klesges *The assessment of children's physical activity: a comparison of methods.* , 2, Med Sci Sports Exerc, 1987, 511-517.
28. FAO/WHO/UNU, *Requerimientos de Enerfgía y Proyeínas 2011* -, publ. -[consulta: 25 de abril de 2014]. Disponible en: <<http : // www.ergoweb.com... emo/ Aama/aamainter. htlm.>>.
29. J Rodríguez Ordax , S De Abajo Olea , S Márquez Rosa , N Terrados Cepeda, *La actividad física en edad escolar.Su relación con la Salud* Dep Salud y Entren, 2011 (European Journal of Clinical Pharmacology), 112-116.
30. Lluís Serra mano, Javier Aranceta Bartrina, *Nutrición y salud pública: métodos, bases científicas y aplicaciones*, 2 España, Elsevier, 2010, 8445815288, 330.
31. NC19-00-07, «Método para evaluar la capacidad de trabajo físico» 1987,

Anexos

Anexo 1. Clasificación del régimen metabólico para tipos de actividades.

Clases	Valor para ser usado para el cálculo del régimen metabólico medio		Ejemplos
	(w/m ²)	w	
0 Descansando	65	115	Descansando
1 Régimen metabólico bajo	100	180	<p>Sentado descansando: trabajo manual ligero; (escribiendo, mecanografiando, dibujando, cosiendo, contadora); trabajo con la mano y el brazo; (herramientas pequeñas de banco, inspección, ensamblaje o selección de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (maneja un vehículo en condiciones normales, operando un chuco de pie o pedal).</p> <p>Parado: taladrando (piezas pequeñas, torneando piezas pequeñas); enrollando; enrollado de pequeñas armaduras, maquinado con herramientas de baja potencia; caminar ocasionalmente (velocidad de hasta 3,5 Km/h)</p>
2 Régimen metabólico moderado	165	295	Trabajo con mano y brazo sostenido (martillando puntillas, llenado); trabajo de brazo y pierna (operación de grúas fuera de la carretera, equipos de tractores o de la construcción); trabajo de brazo y tronco (trabajo con martillo neumático, ensamblaje de tractores, enlucido, manipulación intermitente de materiales moderadamente pesado, escardado, guataqueado, recogida de frutas y vegetales, empujando o halando carros ligeros o carretillas, caminando a una velocidad entre 3,5 y 5,5 Km/h, forjado)
3 Régimen metabólico alto	230	415	<p>Trabajo intenso con el brazo y el tronco (cargando materiales pesados, paleando, serruchado, aplanado o cepillado de madera dura, arando a mano, escarbando o cavando, caminando a una velocidad entre 5,5 y 7 Km/h)</p> <p>Empujando o halando carros pesadamente cargado o carretillas; desmolde de piezas fundidas; colocación de bloques de concreto.</p>
4 Régimen metabólico muy alto	290	520	Actividad muy intensa tan rápido como sea posible; trabajando con hacha, paleando o cavado intenso, subiendo escaleras o rampas, caminando rápido con pasos pequeños, corriendo, caminando a una velocidad mayor de 7 Km/h.

Fuente: Alicia Alonso 2006

Anexo 2. Clasificación de los valores de metabolismo por ocupación.

Ocupación	Valores de Metabolismo (w/m ²)
Operarios	
Albañil (poner ladrillos)	110 a 160
Carpintero	110 a 175
Vidriero	90 a 125
Pintor	100 a 130
Panadero	110 a 140
Carnicero	105 a 140
Relojero	55 a 70
Industria Minera	
Operador de equipos de tiro cortador de carbón (estratificación baja)	70 a 85
Operador de horno de Coque	140 a 240
Operador de horno de Coque	115 a 175
Industria del Hierro y el Acero (Siderurgia)	
Operador de horno de fundición de carbón	170 a 220
Operador de horno de fundición eléctrico	125 a 145
Moldeador manual	140 a 240
Moldeador a máquina	105 a 165
Fundidor	140 a 240
Industria del Metal	
Herrero	90 a 200
Soldador	75 a 125
Tornero	75 a 125
Operador de taladro	80 a 140
Mecánico de precisión	70 a 110
Artes Gráficas	
Compositor manual	70 a 95
Encuadernador	75 a 100
Agricultura	
Jardinero	115 a 190
Chofer de tractor	85 a 110
Tráfico	
Chofer de auto	70 a 90
Chofer de ómnibus	75 a 125
Chofer de tranvía	80 a 115
Chofer de carretilla eléctrica	80 a 125
Chofer de grúa	65 a 145
Profesiones varias	
Asistente de laboratorio	85 a 100
Maestro	85 a 100
Operaria de taller	100 a 120
Secretaria	70 a 85

Fuente: Alicia Alonso 2006