



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**UNIDAD PROFESIONAL**  
**INTERDISCIPLINARIA DE INGENIERÍA**  
**ZACATECAS**



**INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**SICMA**

---

Ecuaciones e índices antropométricos y nutricionales  
utilizados en el Sistema para el cálculo de medidas  
antropométricas basado en ISAK 2

**PRESENTA:**

**Montserrat Silva Cordero**

**Hilario Abraham Rodarte España**

**05 de agosto del 2020**

# Índices

## Índice de contenido

Índice de figuras .....	46
Control de cambios .....	46
Introducción.....	47
Propósito .....	47
Alcance .....	47
Referencias bibliográficas .....	48
Puntos y medidas antropométricas .....	50
Ecuaciones antropométricas .....	55
Índice ponderal .....	55
Índice cintura-cadera (ICC) .....	55
Índice de masa corporal (IMC) .....	56
Densidad corporal .....	56
Katch & McArdle .....	56
Sloan .....	57
Wilmore & Behnke (1969) .....	57
Lewis y Cols (1978) .....	57
Withers .....	58
Withers y cols .....	58
Yuhasz M. S. .....	59
Durnin .....	59
Compleción corporal .....	60
Muñeca .....	60
Talla-muñeca .....	60
Pesos teóricos ideales ( Pt ).....	60
Robinson .....	60
Metropolitan .....	61
Lorentz .....	61
Hamwi .....	61
	43

Método tradicional o calculo rápido.	62
Masa fraccional .....	63
Phantom	63
Z individual	63
Fórmula General de Perímetro corregido	65
Drinkwater	65
Masa grasa .....	65
Weltmann	65
Dumin-Wom	66
Faulkner	66
Carter	66
Withers	66
Porcentaje de masas .....	67
Masa grasa	67
Masa ósea, muscular y residual	73
Masa ósea.....	73
Martin	73
Rocha	73
Masa muscular .....	74
Lee	74
Rose y Guimaraes	75
Matiegka	75
Circunferencia muscular del brazo (CMB)	75
Área muscular de brazo libre de hueso y masa muscular (AMB)	75
Masa residual .....	76
100%-(MG+MO+MM)	76
Wurch	76
Fórmulas para el cálculo del Somatotipo.....	77
Mesomorfismo	77
Endomorfismo	78
Ectomorfismo	79

Ubicación del somatotipo en somatocarta .....	79
Delimitación de ecuaciones antropométricas .....	80
Ecuaciones Nutricionales .....	81
Gasto Energético Basal (GEB) .....	81
FAO/OMS/ONU .....	81
Harris-Benedict .....	81
Mifflin St. Jeor .....	82
Efecto Termogénico de los Alimentos (ETA) .....	82
Gasto Energético Total (GET) .....	82
Formula Dieto sintética.....	83
Porcentaje calórico(%Kcal) .....	83
Porciones recomendadas .....	83
Índices.....	84
Factor de Actividad Física (AF) .....	84
FAO/OMS (1985) .....	84
Por porcentaje .....	85
Valores de energía del metabolismo de los alimentos .....	85
Índice de Masa Corporal (IMC).....	86
Complexión corporal. ....	86
Mediante circunferencia de muñeca (cm) .....	86
Mediante la relación talla-circunferencia de muñeca. ....	87
Clasificación de somatotipo en somatocarta.....	87

## Índice de Tablas

Tabla 1 Medidas antropométricas .....	51
Tabla 2 Constantes de proporcionalidad Phantom .....	64
Tabla 3 Intervalos válidos de edad en años y de IMC para formulas Lean et al. ....	71
Tabla 4 Valores para cálculo de Ectomorfismo.....	79
Tabla 5 Clasificación de ecuaciones antropométricas .....	80
Tabla 6 Factor de Actividad Física FAO/OMS .....	84
Tabla 7 Factor de Actividad Física por porcentaje.....	85
Tabla 8 Valores promedio de energía del metabolismo de los alimentos .....	85
Tabla 9 Criterios de la SEEDO para la clasificación del peso según el IMC.....	86
Tabla 10 Complexión según la circunferencia de muñeca (cm) .....	86
Tabla 11 Complexión según la relación talla (cm)/circunferencia de muñeca (cm) .....	87

## Índice de Figuras

Figura 1 Puntos antropométricos .....	50
Figura 2 Planos antropométricos .....	52
Figura 3 Alturas proyectadas desde el suelo .....	53
Figura 4 Longitudes.....	53
Figura 5 Diámetros óseos .....	54
Figura 6 Perímetros .....	54
Figura 7 Pliegues cutáneos .....	54

## Control de cambios

Registro del control de cambios en el documento “Definición de ecuaciones e índices antropométricos y nutricionales” para el Sistema para el cálculo de medidas antropométricas basado en ISAK 2 (SICMA)

No. Revisión	Descripción	Fecha	Estatus
01	Versión inicial, de uso para validación con el cliente.	27/04/2020	Aprobado
02	Agregación de definición y descripción de ecuaciones e índices.	05/08/2020	Aprobado

## Introducción

En este documento se presentan las ecuaciones e índices antropométricos y nutricionales que forman parte del proceso funcional de SICMA, estas serán presentadas por agrupaciones de acuerdo a su finalidad, así como una breve descripción y ecuaciones predecesoras necesarias para el cálculo. Además, se definirá el alcance y propósito del presente documento.

## Propósito

El presente documento busca definir las ecuaciones e índices antropométricos y nutricionales que serán utilizados por SICMA, además de dar un formato homogéneo a las referencias de los puntos anatómicos que están en estas ecuaciones e índices, con el fin de verificar la contención de información necesaria para la ejecución de dichas ecuaciones.

## Alcance

Las ecuaciones e índices presentados en este documento son definidos y agrupados de acuerdo al uso que se les dará en SICMA. Esta información fue validada por el cliente solicitante de la creación de SICMA.

Referente al ámbito antropométrico de este documento, son presentados diferentes autores para dichas ecuaciones e índices, considerando los puntos anatómicos a evaluar de acuerdo

a los niveles de certificación ISAK 1 y ISAK 2. Así mismo dentro de estas ecuaciones son considerados las utilizadas para deportistas.

Para el ámbito nutricional, son definidas las ecuaciones e índices para el llenado del historial clínico-nutricional de referencia en SICMA, el cual se presenta en [1]

## Referencias bibliográficas

- [1] M. Silva Cordero y H. A. Rodarte España, “Protocolo de Proyecto ‘Sistema para el cálculo de medidas antropométricas basado en ISAK 2’”, Zacatecas, 2019.
- [2] A. Stewart, M. Marfell-Jones, T. Olds, y H. De Ridder, *PROTOCOLO INTERNACIONAL PARA LA VALORACIÓN ANTROPOMÉTRICA*. 2011.
- [3] Grupo Español de Cineantropometría, “PROTOCOLO ANTROPOMÉTRICO MEDICO-DEPORTIVO”. 2008.
- [4] R. F. ROVIRA, “Evaluación del estado nutricional ( dieta, composición corporal, bioquímica y clínica)”, *Man. Práctico Nutr. y Salud*, pp. 109–117, 2006.
- [5] C. Polo y M. Del Castillo, “El Índice Cintura Cadera”, *Cent. Med. Deport.*, vol. 1, núm. 1, pp. 0–1, 2012 [Online]. Disponible en: <http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application/pdf&blobheadervalue1=Content-Disposition&blobheadervalue1=filename=REVISION+INDICE+CINTURA+CADE RA+DEL+CMD.pdf&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1268604861714&ssbinary=tru>
- [6] E. J. Camacho Ruiz, M. del C. Escoto Ponce de León, C. M. Cedillo Garrido, y R. Diaz Castillo, “Correlatos antropométricos de la obsesión por la musculatura”, *Rev. Mex. Trastor. Aliment.*, vol. 1, núm. 2, pp. 125–131, 2010.
- [7] M. GÓMEZ NAVA, “EFECTO DE LA COMPLEXIÓN ÓSEA SOBRE LA VARIABILIDAD DE ÍNDICES ANTROPOMÉTRICOS RELACIONADOS CON

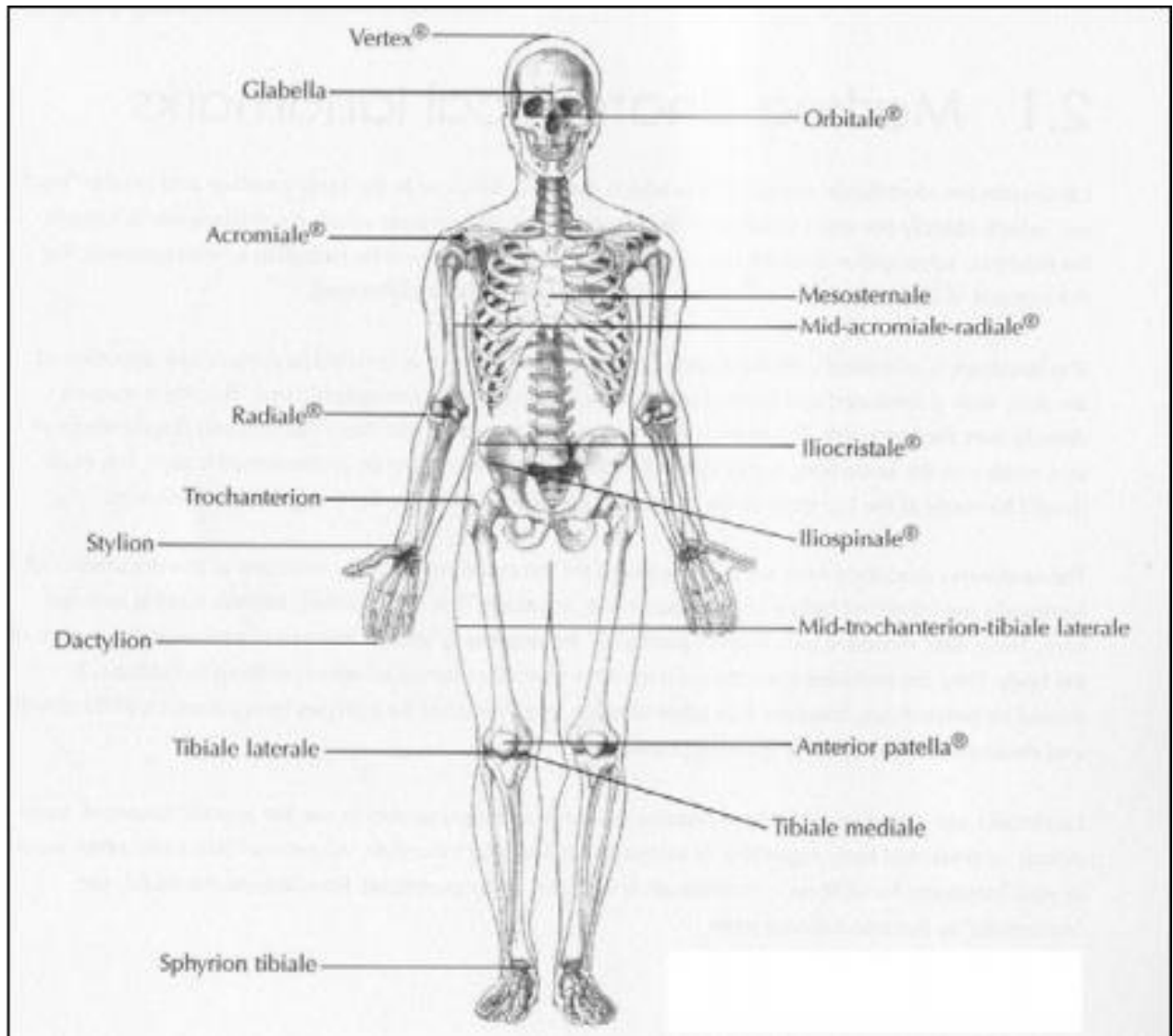
ADIPOSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL TEJIDO GRASO, ESTUDIO EN ESCOLARES”, 2015.

- [8] J. Paolinelli *et al.*, “Guía de referencias bibliográficas NUTRIMIND”, 2018.
- [9] Imelda García Argueta, “EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA ‘Interpretación del Peso corporal’”. p. 39.
- [10] W. D. R. Kerr y A. Deborah, “Fraccionamiento de la Masa Corporal: Un Nuevo Método para Utilizar en Nutrición, Clínica y Medicina Deportiva”. [Online]. Disponible en: <https://g-se.com/fraccionamiento-de-la-masa-corporal-un-nuevo-metodo-para-utilizar-en-nutricion-clinica-y-medicina-deportiva-261-sa-Q57cfb27120415>
- [11] E. Ramírez, “Ecuaciones selectas para predecir el porcentaje de grasa (%GC) en Adultos Basadas en modelos de 2, 3 y 4 compartimentos Intervalos”, en *Manual de Antropometría y Composición Corporal*, 4a ed., 2014, p. 32.
- [12] E. Valero, “Antropometría”, *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, vol. 1, núm. 2, pp. 1–21, 2011 [Online]. Disponible en: [http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno del puesto/DTEAntropometriaDP.pdf](http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Diseno%20del%20puesto/DTEAntropometriaDP.pdf)
- [13] G. Bauce, G. Tineo, y M. T. Cárdena, “METODOLOGIA PARA CALCULAR LA FORMA DIETETICA INSTITUCIONAL”, *Rev. la Fac. Med.*, vol. 23, 2000 [Online]. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04692000000100007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04692000000100007)
- [14] C. Guido y R. Díaz, “Aspectos Nutricionales . Plan Alimentario”, pp. 1–30, 2012.



## Puntos y medidas antropométricas

La nomenclatura utilizada para las referencias de puntos anatómicos dentro de SICMA son aquellas definidas en [2] y presentados en la Figura 1:



*Figura 1 Puntos antropométricos*

SICMA toma como referencia las certificaciones ISAK 1 Y 2 para la obtención de resultados, a continuación, son presentadas en Tabla 1 las medidas que son utilizadas en SICMA, así como su clasificación según la certificación, siendo X el indicador de su presencia.

*Tabla 1 Medidas antropométricas*

	ISAK I	ISAK II
<b>Medidas básicas</b>		
Envergadura		x
Estatura	x	x
Masa corporal	x	x
Talla sentado		x
<b>Pliegues cutáneos</b>		
Pl. de abdominal	x	x
Pl. de bíceps	x	x
Pl. de cresta ilíaca	x	x
Pl. de muslo anterior	x	x
Pl. de pierna medial	x	x
Pl. de subescapular	x	x
Pl. de supraespinal	x	x
Pl. de tríceps	x	x
<b>Perímetros</b>		
P. de antebrazo		x
P. de brazo flexionado.	x	x
P. de brazo relajado	x	x
P. de cabeza		x
P. de cintura	x	x
P. de cuello		x
P. de glúteo	x	x
P. de muñeca		x
P. de muslo a 1 cm		x
P. de muslo medio		x
P. de pierna	x	x
P. de tobillo		x
P. de tórax o pecho		X

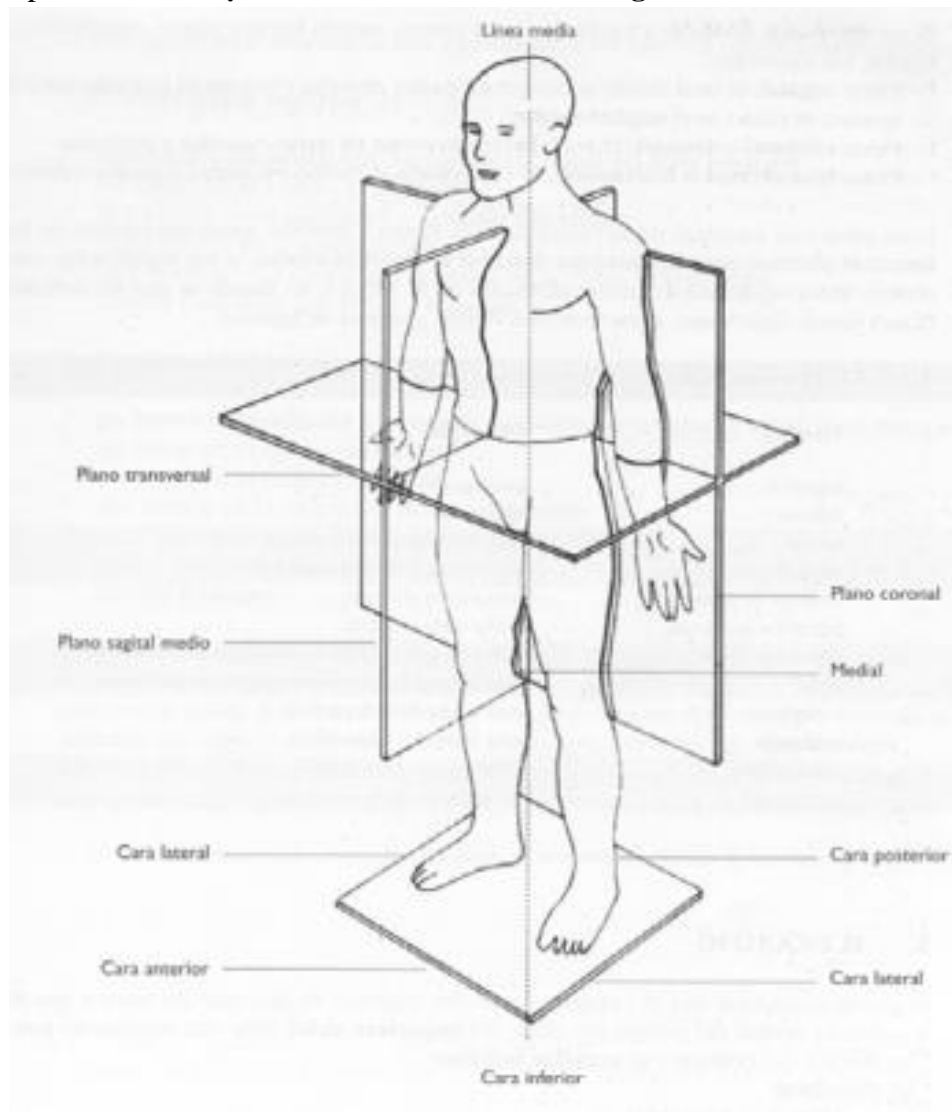
	ISAK I	ISAK II
<b>Longitudes</b>		
L. de acromiale-radiale		x
L. de altura iliospinale		x
L. de altura tibial lateral		x
L. de altura trocantéreal		x
L. de midstylion-dactylion		x
L. de radiale-stylion		x
L. de tibiale mediale-sphyrion tibial		x
L. de trochanterion-tiabile laterale		x
<b>Diámetros</b>		
D. anteroposterior del tórax		x
D. biacromial		x
D. biepicondileo de fémur	x	x
D. biepicondileo del húmero	x	x
D. biestiloideo		x
D. biiliocrestal		x
D. longitud del pie		x
D. sagital abdominal		x
D. transverso del tórax		x

Fuente: [2]

Como parte del proceso de evaluación es importante definir los planos imaginarios por los cuales es dividido el cuerpo humano para lograr la obtención de las medidas anteriores.

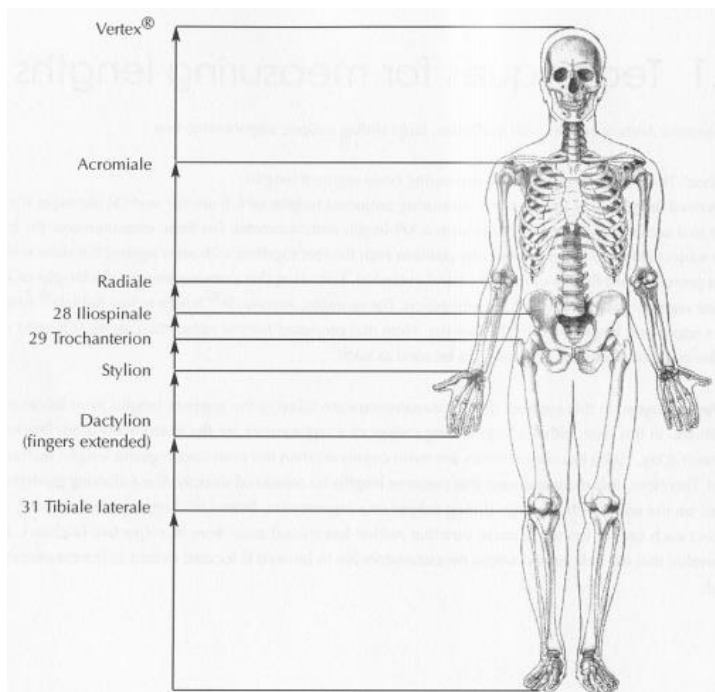
- Plano frontal: plano que corre perpendicular al plano sagital, el cual divide al cuerpo en porción delantera y porción trasera.
- Plano sagital o anteroposterior: plano que corre paralelo al plano vertical, el cual divide al cuerpo en fracción derecha e izquierda. Es también llamado plano medio sagital.
- Plano transversal: plano que corre en ángulo recto con los otros dos pianos, dividiendo al cuerpo en parte superior y parte inferior. También llamado plano horizontal.

Estos son presentados en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

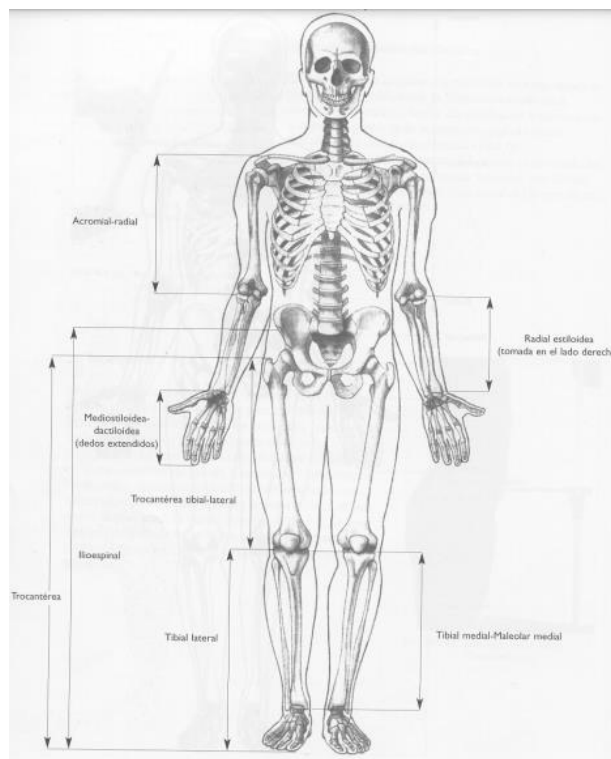


*Figura 2 Planos antropométricos*

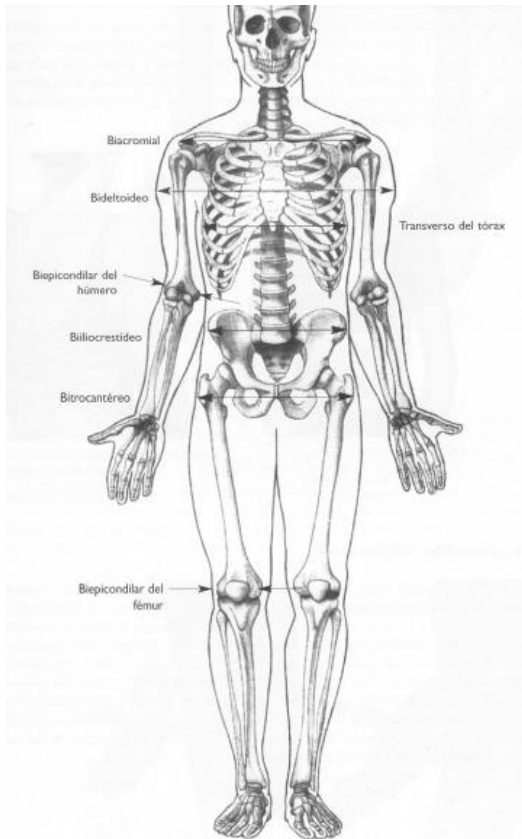
Una vez definidos los planos imaginarios, son presentadas de manera gráfica las longitudes (Figura 4), diámetros (Figura 5), perímetros (Figura 6) y pliegues (Figura 7) mencionados en Tabla 1.



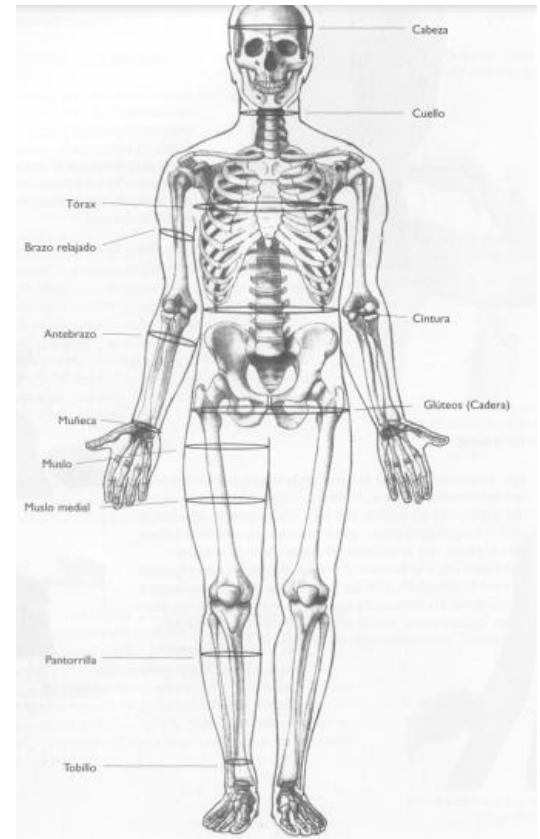
*Figura 3 Alturas proyectadas desde el suelo*



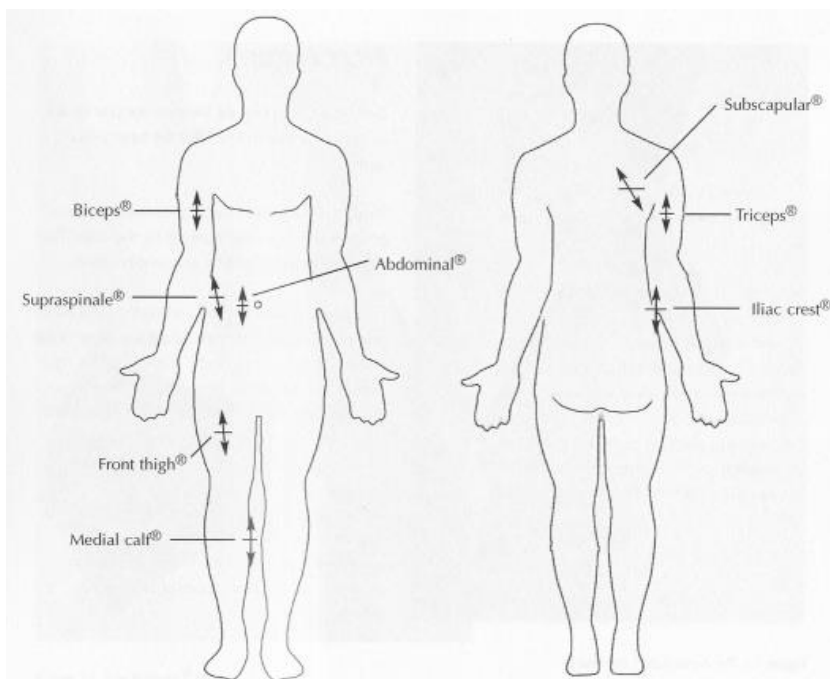
*Figura 4 Longitudes*



*Figura 5 Diámetros óseos*



*Figura 6 Perímetros*



*Figura 7 Pliegues cutáneos*

## Ecuaciones antropométricas

Una vez establecidos los puntos anatómicos de referencia, a continuación, son presentadas las ecuaciones antropométricas que con el fin de verificar y relacionar de manera correcta dichas referencias se ha homogeneizado la nomenclatura.

### Índice ponderal

(1)

$$\text{Masa corporal (kg)} / \text{Estatura}^3 \text{ (m)}$$

[3]

### Índice cintura-cadera (ICC)

El índice cintura-cadera (ICC) es útil para conocer la distribución de la grasa corporal y determinar el tipo de obesidad (abdominal o central). [4]

El índice se obtiene midiendo el perímetro de la cintura a la altura de la última costilla flotante, y el perímetro máximo de la cadera a nivel de los glúteos.

(2)

$$p. \text{cintura (cm)} / p. \text{gluteo (cm)}$$

[5]

## Índice de masa corporal (IMC)

El IMC se considera como un indicador del equilibrio o desequilibrio funcional y es una medida frecuentemente utilizada para estimar el sobrepeso y la obesidad, a partir del peso y de la talla se calcula el IMC o índice de Quetelet, mediante la siguiente fórmula:

(3)

$$\frac{\text{Masa corporal (kg)}}{\text{Estatura}^2 \text{ (m)}}$$

[6]

## Densidad corporal

Es una medida utilizada para determinar la relación entre el peso y el volumen del cuerpo e indica las proporciones de masa magra y masa grasa que integran el organismo. [6]

*Katch & McArdle*

### Mujeres

(4)

$$1.09246 - (0.00049 \times \text{pl. subescapular}) - (0.00075 \times \text{pl. cresta ilíaca}) \\ + (0.0071 \times \text{d. biepicondileo humero}) - (0.00121 \times \text{p. muslo a 1 cm})$$

### Hombres

(5)

$$1.09665 - (0.00103 \times \text{pl. triceps}) - (0.00056 \times \text{pl. subescapular}) \\ - (0.00054 \times \text{pl. abdominal})$$

***Sloan***

**Mujeres**

(6)

$$1.0764 - (0.00081 \times \text{pl. cresta ilíaca}) - (0.00088 \times \text{pl. triceps})$$

**Hombres**

(7)

$$1.1043 - (0.001327 \times \text{pl. muslo anterior}) - (0.00131 \times \text{pl. subescapular})$$

***Wilmore & Behnke (1969)***

**Mujeres**

(8)

$$1.06234 - (0.00068 \times \text{pl. subescapular}) - (0.00039 \times \text{pl. triceps}) \\ - (0.00025 \times \text{pl. muslo anterior})$$

**Hombres**

(9)

$$1.08543 - (0.0008866 \times \text{pl. abdominal}) - (0.0004 \times \text{pl. muslo anterior})$$

***Lewis y Cols (1978)***

**Mujeres**

(10)

$$0.97845 - (0.0002 \times \text{pl. triceps}) + (0.00088 \times \text{Estatura}) \\ - (0.00122 \times \text{pl. subescapular}) - (0.00234 \times \text{p. brazo relajado})$$



**Withers**

**Mujeres**

(11)

$$\begin{aligned} & 1.14075 - \left( 0.04959 \right. \\ & \times \log_{10}(pl.triceps + pl.subescapular + pl.supraespinal \\ & + pl.pierna medial) + (0.0044 \times Edad) \\ & - (0.000612 \times p.abdominal minimo) \\ & + (0.000284 \times Estatura - (0.00505 \times p.gluteo) \\ & \left. + (0.000331 \times p.torax)) \right) \end{aligned}$$

[3]

**Hombres**

(12)

$$\begin{aligned} & 1.078865 - (0.000419 \\ & \times (pl.abdominal - pl.muslo + pl.pierna medial \\ & + pl.muslo anterior)) \end{aligned}$$

[3]

**Withers y cols**

**Hombres**

(13)

$$1.0988 - \left( 0.0004 \times \sum \begin{matrix} pl.triceps, pl.subescapular, pl.supraescapular, \\ pl.abdominal, pl.muslo anterior, pl.pierna medial \end{matrix} \right)$$

***Yuhasz M. S.***

(14)

$$\sum \begin{matrix} pl. triceps, pl. subescapular, pl. supraescapular, pl. abdominal, \\ pl. muslo anterior, pl. pierna medial \end{matrix}$$

***Durnin***

**Mujeres**

(15)

$$\begin{aligned} & 1.1567 - (0.0717 \\ & \times \log_{10}(pl. biceps + pl. tricep + pl. subescapular \\ & + pl. cresta iliaca)) \end{aligned}$$

**Hombres**

(16)

$$\begin{aligned} & 1.1765 - (0.0744 \\ & \times \log_{10}(pl. biceps + pl. tricep + pl. subescapular \\ & + pl. cresta iliaca)) \end{aligned}$$

## Complejión corporal

La complejión ósea, también llamada complejión corporal, describe el tamaño del esqueleto y la robustez que juntos comprenden la estructura de apoyo del cuerpo; se estima midiendo externamente el diámetro de un hueso o un conjunto de huesos. [7]

### *Muñeca*

(17)

*p. muñeca (cm)*

[8]

### *Talla-muñeca*

(18)

$$\frac{\text{Estatura (cm)}}{p. \text{ muñeca (cm)}}$$

[8]

## Pesos teóricos ideales ( Pt )

### *Robinson*

#### Mujeres

(19)

$$48.67 + (1.65 \times (\frac{\text{Estatura}}{2.54} - 60))$$

#### Hombres

(20)

$$51.65 + \left( 1.85 \times \left( \left( \frac{\text{Estatura}}{2.54} \right) - 60 \right) \right)$$

[9]

***Metropolitan***

*21*

$$50 + (0.75 \times (Estatura - 150))$$

[9]

***Lorentz***

**Mujeres**

(22)

$$Estatura - 100 - \frac{Estatura - 150}{4} + \frac{Edad - 20}{2.5}$$

[9]

**Hombres**

(23)

$$Estatura - 100 - \frac{Estatura - 150}{4} + \frac{Edad - 20}{4}$$

***Hamwi***

**Mujeres**

(24)

$$\left( \left( 106 + \left( 6 \times \left( \frac{Estatura}{2.54} - 60 \right) \right) \right) \times 0.45359 \right) \times Fcc$$

## Hombres

(25)

$$\left( \left( 100 + \left( 5 \times \left( \frac{Estatura}{2.54} - 60 \right) \right) \right) \times 0.45359 \right) \times Fcc$$

Donde:

- Fcc.- factor de complexión corporal

FCC	Valor
Pequeña	0.9
Normal	1
Grande	1.1

[9]

*Método tradicional o calculo rápido.*

## Mujeres

(26)

$$\frac{Estatura}{100} \times \frac{Esatura}{100 \times 22}$$

## Hombres

(27)

$$\frac{Estatura}{100} \times \frac{Esatura}{100 \times 23}$$

[10]

### ***Masa fraccional***

La suma de los valores antropométricos para cada subgrupo de variables predictivas, se utiliza para determinar un valor Phantom de proporcionalidad (Z) para cada masa de tejido: adiposo, músculo, hueso y residual.

### ***Phantom***

*Formula general para la predicción de masas de tejido adiposo, músculo, hueso y tejido residual (Táctica PHANTOM).*

Se considera que la desviación del valor Phantom de proporcionalidad para cada masa de tejido, representa las características displásicas de la masa de tejido.

### ***Z individual***

La táctica de fraccionamiento requiere derivar el índice de proporcionalidad Phantom para cada masa, objeto de acuerdo con la siguiente fórmula:

(28)

$$\frac{1}{D.T.Ph.*} \times \left( V \times \left( \frac{Estatura^*}{Estatura} \right) - Valor Ph (V)^* \right)$$

donde:

- V = valor de la medida
- d = constante dimensional: 1 para longitudes, diámetros y perímetros, 2 para áreas y 3 para volúmenes (como el peso)
- \*Constantes de proporcionalidad Phantom presentados en Tabla 2

[10]

*Tabla 2 Constantes de proporcionalidad Phantom*

<b>Medida</b>	<b>Valor Ph.</b>	<b>D. T. Ph.</b>	<b>Medida</b>	<b>Valor Ph.</b>	<b>D. T. Ph.</b>
Estatura	170.18	6.29	Masa Muscular (Phantom)	25.55	2.99
Peso	64.58	8.6	Diámetro Biepicondileo del Húmero	6.48	0.35
Pliegue Triceps	15.4	4.47	Diámetro Biepicondileo del Fémur	9.52	0.48
Pliegue Subescapular	17.2	5.07	Perímetro Muñeca	16.35	0.72
Pliegue Abdominal	25.4	7.78	Perímetro Tobillo	21.71	1.33
Pliegue Muslo	27	8.33	Masa Ósea (Phantom)	10.49	1.57
Pliegue Pierna	16	4.67	Diámetro Biacromial	38.04	1.92
Masa Grasa (Phantom)	12.13	3.25	Diámetro Transverso de tórax	27.92	1.74
Perímetro Antebrazo	25.13	1.41	Diámetro Tórax	17.5	1.38
Perímetro Pecho (Corregido)	82.36	4.68	Diámetro Biiliocrestal	28.84	1.75
Perímetro Brazo Relajado (Corregido)	20.05	3.67	Masa Residual (Phantom)	16.41	1.9

Para calcular la masa fraccional para cada tejido, se utiliza la fórmula siguiente:

(29)

$$M = \frac{(Z \times D.T.Ph^* + Valor Ph\ masa^*)}{\left(\frac{Estatura^*}{Estatura}\right)}$$

donde:

- M = cualquier masa, por ejemplo: masa adiposa, masa de tejido esquelético, masa muscular o masa residual (en Kg.)
- Z = valor de la proporcionalidad Phantom de cada masa (expresa la proporcionalidad Z del subgrupo de medidas asignado a una determinada masa de tejido)
- \*Constantes de proporcionalidad Phantom presentados en Tabla 2

[10]

### **Fórmula General de Perímetro corregido**

(30)

$$\text{Perímetro total} - \frac{(\pi \times \text{Pliegue})}{10}$$

[10]

### **Drinkwater**

Método antropométrico para el fraccionamiento del cuerpo en piel, tejido adiposo, musculo, hueso y tejido residual.

(31)

$$\frac{100 \times (\text{Masa fraccional})}{\text{Masa corporal}}$$

[10]

### **Masa grasa**

Composición corporal constituido por el tejido adiposo.[2] Los pliegues cutáneos y los perímetros corporales son útiles para determinar la grasa subcutánea y la masa muscular, respectivamente. El grosor de determinados pliegues cutáneos es indicador de la grasa corporal total, puesto que en el ser humano la mitad de la grasa corporal se encuentra en la capa subcutánea.[4]

### ***Weltmann***

(32)

$$\frac{\text{Masa corporal} \times \% \text{ masa grasa (weltmann)}}{100}$$

[3]



***Dumin-Wom***

(33)

$$\frac{\text{Masa corporal} \times \% \text{ masa grasa (Dumin(densidad corporal))}}{100}$$

[3]

***Faulkner***

(34)

$$\frac{\text{Masa corporal} \times \% \text{ masa grasa (Faulkner)}}{100}$$

[3]

***Carter***

(35)

$$\frac{\text{Masa corporal} \times \% \text{ masa grasa (Carter)}}{100}$$

[3]

***Withers***

(36)

$$\frac{\text{Masa corporal} \times \% \text{ masa grasa (Withers)}}{100}$$

[10]

## Porcentaje de masas

### *Masa grasa*

Medida de la cantidad de tejido adiposo que presenta una persona, con relación al total corporal.[6]

#### *Weltmann*

(37)

$$\begin{aligned} & (0.11077 \times (\text{P. abdominal medio})) - (0.17666 * \text{Estatura}) \\ & + (0.14354 \times \text{Masa corporal}) + 51.03301 \end{aligned}$$

Faulkner

#### **Hombres**

(38)

$$\begin{aligned} & \left( \sum \text{pl. triceps, pl. subescapular, pl. supraescapular, pl. abdominal} \times 0.153 \right) \\ & + 5.783 \end{aligned}$$

#### **Mujeres**

(39)

$$\left( \sum \text{pl. triceps, pl. subescapular, pl. supraescapular, pl. abdominal} \times 0.213 \right) + 7.9$$

Carter

**Hombres**

(40)

$$2.585 + \left( 0.1051 \times \sum \frac{pl. triceps, pl. subescapular, pl. supraespinal, pl. abdominal,}{pl. muslo anterior, pl. pierna media} \right)$$

**Mujeres**

(41)

$$3.5803 + \left( 0.1548 \times \sum \frac{pl. triceps, pl. subescapular, pl. supraespinal, pl. abdominal,}{pl. muslo anterior, pl. pierna media} \right)$$

Withers

**Hombres**

(42)

$$\frac{495}{Densidad\ corporal\ Wheters} - 450$$

[3]

**Mujeres**

(43)

$$\frac{495}{Densidad\ corporal\ Wheters} - 450$$

[3]

**Harpender**

(44)

$$(Densidad \times 0.1051) + 2.585$$

***Siri***

(45)

$$\left( (4.95 / Durin) - 4.5 \right) \times 100$$

[6]

***Brozek***

(46)

$$\left( (4.57 / Durin) - 4.14 \right) \times 100$$

***1963***

(47)

$$\left( (497.1 / Densidad) - 451.9 \right)$$

***Ledesma***

**Mujeres**

(48)

$$-29.4 + \left( 14.71 \times \log \left( \sum pl.biceps, pl.triceps, pl.subescapular, pl. cresta iliaca \right) \right)$$

**Hombres**

(49)

$$-36.45 + \left( 14.83 \right. \\ \left. \times \log \left( \sum pl.biceps, pl.triceps, pl.subescapular, pl. cresta iliaca \right) \right)$$

## **Peterson**

### **Hombres**

(50)

$$\begin{aligned} 20.94878 - & \left( (18.0 \leq Edad \leq 55.4) \times 0.1166 \right) + \left( (15.6 \leq IMC \leq 34.60) \times 0.60404 \right) \\ & - (Estatura \times 0.14520) \\ & + \left( \left( \sum pl. \text{ tríceps}, pl. \text{ subescapular}, \right. \right. \\ & \left. \left. pl. \text{ cresta iliaca}, pl. \text{ mulso anterior} \right) \times 0.30919 \right) \\ & - \left( \left( \sum pl. \text{ tríceps}, pl. \text{ subescapular}, \right. \right. \\ & \left. \left. pl. \text{ cresta iliaca}, pl. \text{ mulso anterior} \right)^2 \times 0.00099562 \right) \end{aligned}$$

### **Mujeres**

(51)

$$\begin{aligned} 22.18945 - & \left( (18.0 \leq Edad \leq 55.6) \times 0.6368 \right) - (Estatura \times 0.11666) + \\ & \left( \left( \sum pl. \text{ tríceps}, pl. \text{ subescapular}, pl. \text{ cresta iliaca}, pl. \text{ mulso anterior} \right) \times \right. \\ & \left. 0.42696 \right) - \left( \left( \sum pl. \text{ tríceps}, pl. \text{ subescapular}, \right. \right. \\ & \left. \left. pl. \text{ cresta iliaca}, pl. \text{ mulso anterior} \right)^2 \times 0.00159 \right) \end{aligned}$$

***Lean et al. Circunferencia de cintura***

Lean et al.<sup>1</sup>

**Hombres**

(52)

$$(0.567 \times p. \text{ cintura}) + (0.101 \times edad) - 31.8$$

**Mujeres**

(53)

$$(0.439 \times p. \text{ cintura}) + (0.221 \times edad) - 9.4$$

Los intervalos válidos de edad en años y de IMC para esta ecuación son los presentados en Tabla 3

Tabla 3 Intervalos válidos de edad en años y de IMC para formulas Lean et al.

Hombres	Mujeres
Edad 16 a 65	Edad 18 a 64
IMC 18.9 a 41.2	IMC 18.3 a 37.7

[11]

***Lean et al Pliegue tricipital***

**Hombres**

(54)

$$(1.31 \times pl. \text{ tríceps}) + (0.430 \times Edad) - 9.16$$

**Mujeres**

(55)

$$(0.944 \times pl. \text{ tríceps}) + (0.279 \times Edad) + 4.6$$

Los intervalos válidos de edad en años y de IMC para esta ecuación son los presentados en Tabla 3

[11]

---

<sup>1</sup> Las ecuaciones de Lean et al, aunque prácticas, se sugiere precaución en su uso para la evaluación individual, pues el error puede ser desde 3% hasta 11% de grasa en el 95% de los casos. [11]

***Lean et al Por IMC***

**Hombres**

(56)

$$(1.33 \times IMC) + (0.236 \times edad) - 20.2$$

**Mujeres**

(57)

$$(1.21 \times IMC) + (0.262 \times edad) - 6.7$$

Los intervalos válidos de edad en años y de IMC para esta ecuación son los presentados en Tabla 3

[11]

***Lean et al. Circunferencia de cintura y pliegue tricipital***

**Hombres**

(58)

$$(0.353 \times p. cintura) + (0.756 \times pl. tríceps) + (0.235 \times Edad) - 26.4$$

**Mujeres**

(59)

$$(0.232 \times p. cintura) + (0.657 \times pl. tríceps) + (0.215 \times Edad) - 5.5$$

Los intervalos válidos de edad en años y de IMC para esta ecuación son los presentados en Tabla 3

[11]

***Lean et al. IMC y pliegue tricipital***

**Hombres**

(60)

$$(0.742 \times IMC) + (0.950 \times pl.tríceps) + (0.335 \times edad) - 20.0$$

**Mujeres**

(61)

$$(0.730 \times IMC) + (0.548 \times pl.tríceps) + (0.270 \times edad) - 5.9$$

Los intervalos válidos de edad en años y de IMC para esta ecuación son los presentados en Tabla 3

[11]

***Masa ósea, muscular y residual***

$$\frac{masa (peso) \times 100}{Masa Corporal}$$

**Masa ósea**

***Martin***

(62)

$$\begin{aligned} &0.00006 \times Estatura \\ &\times (D.biepicondileo Húmero + D.Muñeca \\ &+ D. biepicondileo Femur + D.Tobillo)^2 \times \frac{100}{Masa corporal} \end{aligned}$$

***Rocha***

(63)

$$3.02 \times (Estatura^2 \times d.biestiloideo femur \times d.muñeca \times 400)^{0.712}$$



**Masa muscular***Lee***Hombres**

(64)

$$\begin{aligned}
& \frac{Estatura}{100} \times (0.00744 \\
& \times \left( p.brazo relajado - \frac{\pi \times pl.triceps}{10} \right)^2 \\
& + 0.00088 \times Estatura - \left( \frac{\pi \times pl.muslo anterior}{10} \right)^2 \\
& + 0.00441 \times p.pierna medial - \left( \frac{\pi \times pl.pierna medial}{10} \right)^2 \Big) + 2.4 \\
& - (0.048 * Edad) + 7.8
\end{aligned}$$

**Mujeres**

(65)

$$\begin{aligned}
& \frac{Estatura}{100} \times (0.00744 \\
& \times \left( p.brazo relajado - \frac{\pi \times pl.triceps}{10} \right)^2 \\
& + 0.00088 \times Estatura - \left( \frac{\pi \times pl.muslo anterior}{10} \right)^2 \\
& + 0.00441 \times p.pierna medial - \left( \frac{\pi \times pl.pierna medial}{10} \right)^2 \Big) - (0.048 \\
& * Edad) + 7.8
\end{aligned}$$

***Rose y Guimaraes***

(66)

$$100 - (\% \text{ masa grasa corporal} + \% \text{ masa ósea} + \% \text{ masa residual})$$

***Matiegka***

(67)

$$\text{peso} - (\text{masa grasa} + \text{masa ósea} + \text{masa residual})$$

***Circunferencia muscular del brazo (CMB)***

(68)

$$p. \text{brazo} - (\pi \times pl. \text{triceps})$$

[4]

***Área muscular de brazo libre de hueso y masa muscular (AMB)***

**Hombres**

(69)

$$\frac{(p. \text{brazo} - (\pi \times pl. \text{triceps}))^2}{4 \pi - 10}$$

**Mujeres**

(70)

$$\frac{(p. \text{brazo} - (\pi \times pl. \text{triceps}))^2}{4 \pi - 6.5}$$

## **Masa residual**

$$100\%-(MG+MO+MM)$$

(71)

$$Masa\ corporal - \sum Masa\ grasa, Masa\ osea, Masa\ Muscular$$

[3]

## **Wurch**

## **Mujeres**

(72)

$$Masa\ corporal \times \frac{20.9}{100}$$

## **Hombres**

(73)

$$Masa\ corporal \times \frac{24.1}{100}$$

[10]

## Fórmulas para el cálculo del Somatotipo

El somatotipo de un individuo es una composición de las contribuciones de tres componentes:

- “Endomórfico” (predominio de los órganos digestivos, los tejidos blandos y contornos redondeados en el cuerpo).
- “Mesomórfico” (predominio de los músculos, huesos y tejidos conectivos).
- “Ectomórfico” (predominio del área de superficie sobre la masa corporal; linealidad).

[12]

Las fórmulas obtenidas de [12] para la obtención del somatotipo son la siguientes:

### *Mesomorfismo*

(74)

$$\begin{aligned} & (0.858 \times D. \text{biepicondileo del húmero}) + (0.601 \times D. \text{biepicondileo del femur}) \\ & + (0.188 \times p. \text{brazo relajado (corregido)}) \\ & + (0.161 \times p. \text{pierna media (corregida)}) - (0.131 \times \text{Estatuta}) + 4.5 \end{aligned}$$

### *Endomorfismo*

(75)

$$\begin{aligned} & -0.7182 + \left( 0.1451 \right. \\ & \quad \times \left( (\text{pl. triceps} + \text{pl. subescapular} + \text{pl. supraespinal}) * \left( \frac{170.18}{\text{Estatura}} \right) \right) \\ & \quad - \left( 0.00068 \right. \\ & \quad \times \left( (\text{pl. triceps} + \text{pl. subescapular} + \text{pl. supraespinal}) \right. \\ & \quad \quad \left. \left. * \left( \frac{170.18}{\text{Estatura}} \right) \right)^2 \right) \\ & \quad + \left( 0.0000014 \right. \\ & \quad \times \left( (\text{pl. triceps} + \text{pl. subescapular} + \text{pl. supraespinal}) \right. \\ & \quad \quad \left. \left. * \left( \frac{170.18}{\text{Estatura}} \right) \right)^3 \right) \end{aligned}$$

### ***Ectomorfismo***

Mediante el uso del Índice Ponderal se obtiene el valor de Ectomorfismo utilizando los datos mostrados en Tabla 4.

*Tabla 4 Valores para cálculo de Ectomorfismo*

	<b>Ecto</b>
Si IP > 40.75	0.463 x IP - 17.63
Si IP > 38.25 y ≤ 40.75	0.732 x IP - 28.59
Si IP ≤ 38.25	0.1

Fuente: [12]

### **Ubicación del somatotipo en somatocarta**

Una vez establecidos los distintos componentes se deben de pasar a una somatocarta. Para ello, los tres componentes deben convertirse en sólo dos (x e y). De esta manera se pueden representar en un solo plano. Dicha conversión se realiza por medio de las siguientes fórmulas:

(76)

$$Coord.X = Ectomorfia - Endomorfia$$

(77)

$$Coord.Y2 = Mesomorfia - (Ectomorfia + Endomorfia)$$

(78)

$$SDD = \sqrt{3(x^1 - x^2)^2 - (y^1 - y^2)^2}$$

## Delimitación de ecuaciones antropométricas

Como se mencionó anteriormente SICMA utilizara las ecuaciones previamente definidas, considerando las certificaciones ISAK 1 y ISAK 2, es por ello que la delimitación del uso de cada una de estas fórmulas dependerá de las medidas que son utilizadas en cada certificación (véase Tabla 1), a continuación, en

Tabla 5 Clasificación de ecuaciones antropométricas se presenta su utilización siendo X el indicador de uso.

*Tabla 5 Clasificación de ecuaciones antropométricas*

Ecuación	ISAK 1	ISAK 2
Índice ponderal	x	x
Índice cintura-cadera	x	x
Índice de masa corporal	x	x
<b>Densidad corporal</b>		
Katch & McArdle MUJER		x
Katch & McArdle HOMBRE	x	x
Sloan	x	x
Wilmore & Behnke (1969)	x	x
Lewis y Cols (1978)	x	x
Withers Mujeres		x
Withers Hombre	x	x
Withers y cols	x	x
Yuhasz M. S.	x	x
Durnin	x	x
<b>Complexión corporal</b>		
Muñeca		x
Talla-muñeca		x
<b>Pesos teóricos ideales ( Pt )</b>		
Robinson	x	x
Metropolitan	x	x
Lorentz	x	x
Hamwi	x	x
Método tradicional	x	x
<b>Fórmulas para el cálculo del Somatotipo</b>		
Mesomorfismo	x	x
Endomorfismo	x	x
Ectomorfismo	x	x

Ecuación	ISAK 1	ISAK 2
<b>Masa fraccional</b>		
Drinkwater	x	x
Masa ósea, muscular y residual	x	x
<b>Masa ósea</b>		
Martin		x
Rocha		x
<b>Masa muscular</b>		
Lee	x	
Rose y Guimaraes	x	x
Matiegka	x	x
CMB	x	x
AMB	x	x
<b>Masa residual</b>		
100%-(MG+MO+MM)	x	x
Wurch	x	x
<b>Masa grasa</b>		
Weltmann	x	x
Fulker	x	x
Carter	x	x
Withers	x	x
Harpender	x	x
Siri	x	x
Brozek	x	x
1963	x	x
Ledesma	x	x
Peterson	x	x
Lean et al. Circunferencia	x	x
Lean et al Pliegue tricipital	x	x
Lean et al Por IMC	x	x
Circunferencia cintura y pliegue	x	x
IMC y pliegue	x	x
Ubicación del somatotipo en somatocarta	x	x

## Ecuaciones Nutricionales

### Gasto Energético Basal (GEB)

*FAO/OMS/ONU*

#### Hombres

(79)

$$Edad \leq 30: 15.3 \times masa\ corporal + 679$$

(80)

$$Edad \leq 60: 11.6 \times masa\ corporal + 879$$

(81)

$$Edad \geq 60: 13.5 \times masa\ corporal + 487$$

#### Mujeres

(82)

$$Edad \leq 30: 14.7 \times masa\ corporal + 496$$

(83)

$$Edad \leq 60: 8.7 \times masa\ corporal + 829$$

(84)

$$Edad \geq 60: 10.5 \times masa\ corporal + 596$$

[8]

*Harris-Benedict*

#### Hombres

(85)

$$66.47 + (13.75 \times masa\ corporal) + (5 \times estatura) - (6.776 \times edad)$$



## Mujeres

(86)

$$(66.5 + (9.56 \times \textit{masa corporal}) + (1.85 \times \textit{estatura}) - (4.68 \times \textit{edad}))$$

[8]

## Mifflin St. Jeor

### Hombres

(87)

$$(9.99 \times \textit{masa corporal}) + (6.25 \times \textit{estatura}) - (4.92 \times \textit{edad}) + 5$$

### Mujeres

(88)

$$(9.99 \times \textit{masa corporal}) + (6.25 \times \textit{estatura}) - (4.92 \times \textit{edad}) - 161$$

[8]

## Efecto Termogénico de los Alimentos (ETA)

(89)

$$GEB \times 0.10$$

## Gasto Energético Total (GET)

(90)

$$GEB + FA + ETA$$

## Formula Dieto sintética

La Fórmula Dietética Institucional es la representación de los distintos componentes nutricionales de la alimentación de un grupo de individuos que hace referencia a las necesidades energéticas del cuerpo humano, indispensable para el mantenimiento de la salud.[13]

### *Porcentaje calórico(%Kcal)*

Expresa el porcentaje con el que cada uno de los principios alimenticios cubre con el GET. En condiciones normales para un adulto, se distribuye en:

- 50 a 60 % Hidratos de Carbono
- 10 a 15% de proteínas
- 30 a 35% de grasas.

### *Porciones recomendadas*

#### **Kcal parciales**

(91)

$$Kcal \times GET$$

#### **Gramos**

(92)

$$\frac{Kcal}{gramos} \times Kcal\ parciales$$

Los valores de Kcal/gramos son los mostrados en Tabla 8.

[14]

## Índices

En esta sección son presentados los índices nutrimentales y antropométricos considerados para la muestra de resultados en SICMA.

### Factor de Actividad Física (AF)

#### *FAO/OMS (1985)*

En la Tabla 6 indica el dato referente al factor de actividad física de acuerdo a la actividad o actividades físicas realizadas.

*Tabla 6 Factor de Actividad Física FAO/OMS*

<b>Muy ligera</b>	<b>1.2</b>
Sentado, tumbado, poco o nada ejercicio	
<b>Ligera</b>	<b>1.375</b>
De pie, conducir, planchar, caminar. Deporte 1-3 veces/semana	
<b>Moderada</b>	<b>1.55</b>
Limpiar, caminar, rápido, cargar peso. Deporte 3-5 veces/semana	
<b>Activa</b>	<b>1.725</b>
Construcción, subir escaleras. Deporte 6-7 veces/ semana	
<b>Muy activa</b>	<b>1.9</b>
Trabajos de fuerza, correr. Deporte 2 horas/día.	

### ***Por porcentaje***

En la Tabla 7 indica el dato referente al factor de actividad física representado en porcentaje de acuerdo a la actividad o actividades físicas realizadas.

*Tabla 7 Factor de Actividad Física por porcentaje*

<b>Tipo de actividad física</b>	<b>% del geb</b>
En cama	10
sedentaria	10-20
moderada	20-30
intensa	30-40

### **Valores de energía del metabolismo de los alimentos**

Si se conoce la composición de un alimento, en términos de los hidratos de carbono, proteínas y grasas, estos valores se pueden utilizar para estimar su valor calórico, en la Tabla 8 se muestran la relación existente entre kcal x gr por cada componente.

*Tabla 8 Valores promedio de energía del metabolismo de los alimentos*

	<b>Kcal x gr</b>
Carbohidratos	4
proteínas	4
Grasas	9

Fuente: [14]

## Índice de Masa Corporal (IMC)

En la Tabla 9 se muestran los criterios de la SEEDO para la clasificación del peso según el IMC para adultos consideran las edades de 18 a 65 años.

*Tabla 9 Criterios de la SEEDO para la clasificación del peso según el IMC*

<b>Categoría</b>	<b>Intervalo de IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Peso insuficiente</b>	< 18,5
<b>Normopeso</b>	18,5-24,9
<b>Sobrepeso grado I</b>	25,0-26,9
<b>Sobrepeso grado II (preobesidad)</b>	27,0-29,9
<b>Obesidad grado I</b>	30,0-34,9
<b>Obesidad grado II</b>	35,0-39,9
<b>Obesidad grado III (mórbida)</b>	40,0-49,9
<b>Obesidad grado IV (extrema)</b>	> 50

Fuente: [4]

## Complexión corporal.

### *Mediante circunferencia de muñeca (cm)*

La circunferencia de la muñeca permite determinar la complexión individual, en la Tabla 10 donde de acuerdo a los valores resultantes de esta relación se obtienen tres categorías de complexión.

*Tabla 10 Complexión según la circunferencia de muñeca (cm)*

<b>Complexión</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
Pequeña	$\geq 11$	$\geq 10.4$
Mediana	10.1 – 10.9	9.6 – 10.3
Grande	$\leq 10.1$	$\leq 9.6$

Fuente: [8]

### ***Mediante la relación talla-circunferencia de muñeca.***

La relación entre la talla y la circunferencia de la muñeca permite determinar la complexión individual, en la Tabla 11 donde de acuerdo a los valores resultantes de esta relación se obtienen tres categorías de complexión.

*Tabla 11 Complexión según la relación talla (cm)/circunferencia de muñeca (cm)*

<b>Complexión</b>	<b>Masculino</b>	<b>Femenino</b>
Pequeña	> 10.1	> 10.9
Mediana	9.6 – 10	9.9 – 10.9
Grande	< 9.6	≤ 9.9

Fuente: [4]

### **Clasificación de somatotipo en somatocarta**

De acuerdo con su posición en Somatocarta

**CENTRAL:** Ningún componente difiere por más de una unidad entre los otros dos.

**MORFO BALANCEADO:** Un componente dominante por más de un punto y los otros dos no difieren por más de medio punto.

**MORFO MORFO:** Dos componentes dominantes que no difieren entre sí por más de medio punto, anotando primero el mayor de ellos, y un tercer componente con más de un punto de diferencia con el segundo componente.

**MORFO MORFICO:** los tres componentes difieren por más de un punto entre sí, siendo MORFO el mayor de ellos.