



# BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

---

## Facultad de Cultura Física

### Maestría en Educación Física y Deporte Escolar

#### *Construcción de Ecuaciones para estimar Segmentos Corporales*

Tesis

Para obtener el Grado de:

***Maestro en Educación Física y Deporte Escolar***

Presenta:

***Leticia Hernández Báez***

Director de tesis: MC Enrique R.P. Buendía Lozada

Asesor: Mtra. Elizabeth Suarez Castillo

Puebla, Puebla

Junio de 2016

## Agradecimientos

Primero que nada, doy Gracias a Dios por permitirme estar en esta vida, Gracias, Señor, por tanto amor y la esperanza que haces prevalecer en los corazones de las personas que amo.

Gracias por mi familia, por mi trabajo, por nuestro bienestar, por todo aquello que nos regala esos momentos de felicidad.

A las autoridades de la Facultad de Cultura Física de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla quienes me brindaron la confianza y el apoyo necesario para estudiar la Maestría.

Quiero dar las gracias a mi Madre (María de la Luz), por el apoyo que he recibido de ella en esta vida, tanto en lo personal como en mi formación profesional

A todos mis Amigos de la Primera Generación de la Maestría (Lis, Naye, Jesús, Tania, Richard, Sonia, Erwin, Mariano), que gracias al equipo que formamos, logramos llegar hasta el final del camino.

A la Maestra María Luisa, quien me ha apoyado a lo largo de este camino de enseñanza.

A Mauricio, Iván, Luis, Buendía, Andy, Cristi, Marci, Benjamín, quienes tienen mi lealtad y admiración, que a su manera han inculcado el sentido de responsabilidad, sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia,

Mil gracias.

## Dedicatoria

A Dios, por permitirme llegar a este momento en mi vida, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a apreciar lo que tengo.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañada en cada logro de estudiante y de vida.

A mi hija Jessica que ha sido el motor de mi vida desde su llegada, sus risas y ocurrencias que me dicen que la vida es una y que hay que disfrutarla

A mi padre y hermanos, que aunque no estén físicamente en este plano, se que están conmigo apoyándome en las decisiones que he tomado.

A mi hermana gracias por el apoyo desde tu trinchera.

## ÍNDICE

Capítulo I Introducción.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Problema de Investigación .....	7
1.3 Antecedentes .....	8
1.3.2 Antecedentes de la Investigación .....	9
1.4 Justificación .....	10
1.4.1 Importancia de la investigación.....	11
1.4.2 Aportes.....	11
1.5 Objetivo de la investigación .....	11
1.5.1 Objetivo General .....	11
1.5.2 Objetivos Específicos .....	11
1.6 Hipótesis .....	12
1.6.1 Hipótesis.....	12
1.6.2 Variables.....	12
1.6.3 Definiciones de trabajo .....	12
1.7 Marco Contextual.....	12
Capítulo II Marco Teórico .....	13
2.1 Marco teórico.....	13
2.2 Marco Legal.....	15
Capítulo III Diseño Metodológico.....	16
3.1 Método de Investigación.....	16
3.2 Metodología.....	16
3.3 Universo y Muestra .....	17
3.4 Instrumentos .....	17
3.5 Estadística .....	17
Capítulo IV Análisis de Resultados .....	18
4.1 Análisis de resultados .....	18
Capítulo V Conclusiones.....	22
5.1 Conclusiones .....	22
5.2 Recomendaciones .....	22
Bibliografía.....	23



## Resumen

Se presenta en esta investigación algunas ecuaciones que son una necesidad para la sociedad en general en diversas situaciones, esto debido a que la variedad de necesidades que se tienen como persona y como parte académica, así este trabajo muestra dichas ecuaciones que no tratan de resolver esta situación en un solo paso y se muestra lo difícil que supone crear estas. Se usó el lenguaje R para la estadística y para la construcción de las ecuaciones que estiman las longitudes de segmentos corporales brazo, antebrazo, pierna y muslo. Además, el ámbito de esta investigación deja vislumbrar la falta de investigación en esta área.

# Capítulo I Introducción

## 1.1 Introducción

La antropología Física es una ciencia que se ocupa del estudio de los seres humanos en sus aspectos biológicos, evolutivos y dimensiones demográficas. La identificación de una persona es de suma importancia y el elemento primordial en todos los casos médico-legales. La edad, sexo y estatura son las características principales de la mayoría individuos para su identificación. (Malli, Vyas, Gosai, & Gupta, 2015).

Así mismo en (Estimating height in bedridden patients, 2016) (Gauld, Kappers, Carlin, & Robertson, 2004) se destaca el problema de realizar mediciones y que en algunos casos no es posible realizarlas, por lo que se plantea la importancia de tener fórmulas adecuadas para la estimación de estas.

La niñez es un período de intensa actividad metabólica, con un desarrollo sostenido de la masa muscular y ósea hasta alcanzar la vida adulta. Las variaciones en estos componentes corporales dependen de la edad, sexo, grupo étnico, herencia, alimentación, actividad física, salud, ambiente físico y psicosocial. La influencia étnica sobre la composición corporal es clara. En asiáticos se ha encontrado mayor proporción de grasa corporal en relación al valor de índice de masa corporal (IMC) y grasa troncal. Se ha demostrado que los niños hispánicos en Estados Unidos de Norteamérica (USA), tienen mayor grasa corporal desde que nacen, comparados con caucásicos y afroamericanos. Existen otras ecuaciones predictivas en un grupo más pequeño de preescolares chilenos, que no han sido validadas. Hasta el momento, la ecuación más utilizada en Chile es la de Brook", que en promedio subestima la grasa corporal (GC) en niños preescolares chilenos (eutróficos, sobrepeso y obesos) en 5,9%. Las ecuaciones de regresión para grasa corporal desarrolladas en una población específica, puede adolecer de fallas sistemáticas en su capacidad predictiva en niños (Velázquez, Salazar, Vio del R, Diaz Z, & Ansiani G., 2008):

- a) Uso de algunas constantes propuestas para adultos, lo que influye sobre los resultados.
- b) El tamaño de la muestra es insuficiente. Un ejemplo es la ecuación de Slaughter para el grupo de niñas, que evaluó sólo a 16 niñas entre 8 y 16 años.
- c) En el caso de la ecuación de Brook, el problema reside en el tipo de muestra utilizada (niños con talla baja y obesos), la cantidad insuficiente de niños (30 niños) para el amplio rango de edad (1 a 11 años)

## 1.2 Problema de Investigación

En la ciudad de Puebla no se tienen fórmulas que hayan sido estimaciones de las mediciones que sean usadas para el caso de personas locales que no desean ser medidas directamente, o que no es posible medir directamente, o que bajo alguna otra situación no es posible realizar la medición de algún parámetro corporal.

Esto también es motivación de poder en un futuro realizar algún tipo de prótesis usando impresoras 3D.

### 1.3 Antecedentes

#### 1.3.1 Antecedentes Históricos

La antropometría es la ciencia de las mediciones de las dimensiones del cuerpo humano (Wang, Wu, Lin, Yang, & Lu, 2007) y se usa como base para clasificar el cuerpo humano (entre otros usos). Los primeros intentos de clasificación del cuerpo humano son atribuidos a Hipócrates y sus contemporáneos, una aproximación sistemática no existió hasta el siglo veinte. De estos pioneros esfuerzos en investigación, W.H. Sheldon, describió la clasificación genotípica buscando relaciones entre la física humana y la personalidad y que sigue siendo el más conocido y el más controversial. Su somatotipo tripolar fue después revisado por Heath and Carter en los 60s, dentro de un método fenotípico basado en los cálculos hechos con 10 mediciones antropométricas, que aún se usa. Una evaluación detallada del cuerpo es fundamental, aunque frecuentemente se pasa por alto el punto de vista desde el cual valoraciones subsecuentes de la imagen corporal deben seguir. Una evaluación del tamaño del cuerpo, peso, o algunos otros aspectos del cuerpo determinan la apariencia física, la imagen corporal debe ser vista como el fulcro de la influencia mutua entre uno y otro aspecto, el físico, el ejercicio y el comportamiento dietético.

La evaluación de la imagen corporal debe separar los componentes de percepción corporal y satisfacción corporal que la visten. En este sentido cada método es restringido por diferentes limitaciones (Stewart, Benson, Michanikou, Tsiota, & Narli, 2003).

#### **Orígenes de la Antropometría**

Diversos tipos de Metodología han orientado en la segunda mitad del siglo XX la medición del esquema corporal humano en diferentes poblaciones: el Estudio de Evaluación de la Salud en 1960, el Estudio Nacional de Salud y Nutrición (NHANES I y II) en 1970, el Estudio Nacional de Condición Física en niños y jóvenes (NCYFS) en 1980, el Test Europeo de Aptitud Física (EUROFIT), las Pruebas de Condición Física para la salud realizadas por American Association for Health (AAHPERD) y YMCA, el Canadian Standardized Fitness Test (CSFT), el Estudio de crecimiento de Leuven, el Estudio de longitudinal de jóvenes Belgas, los procedimientos de Medicina del Deporte, la Práctica del Médico Escolar Mexicano, el modelo biológico para diagnóstico de salud y prescripción de actividad física (Centro de Estudios do Laboratório de Aptidao Fisica de Sao Caetano do sud- CELAFICS), el Estudio de Morfología y aptitud física Peruano, el Perfil Morfológico Funcional y motor del Escolar Colombiano, Aptitud física: pruebas estandarizadas en Colombia, por Germán Jauregui Nieto y Neuredín Ordoñez, en Santafé de Bogotá en Julio de 1993, Manual de procedimiento, que estudia una muestra de 10.285 niños escolares colombianos de 7 a 14 años de edad, en ambos sexos y seleccionados en todo el país en concordancia con la división geográfica del IGAC (Instituto Agustín Codazzi), además de

los estudios que se han hecho en la Escuela Nacional del Deporte y las Escuelas Deportivas Regionales como las de Medellín y Cali.

En el Manual se obedece con especial atención al proyecto guía elaborado en el Instituto de Medicina Deportiva Ciudad de la Habana Cuba, Laboratorio de desarrollo Físico, titulado “Dimensiones antropométricas y controles de calidad” (15 de septiembre de 1987) por el Lic. Gustavo Sánchez Ramírez y el Lic. Carlos Rodríguez Alonso, cuyo objetivo primordial es el dar pautas para estandarizar medidas antropométricas y controles de calidad.

Es importante resaltar que esta fuente ofrece aportes valioso e interesantes de investigadores de la escuela americana, referenciados en el acta final de la Conferencia de Estandarización Antropométrica de Airlie, Virginia del 20 de Octubre de 1985, de allí se han tomado los indicadores que explican el enlace entre la composición corporal, salud y rendimiento físico, por esto toda investigación sobre el tema de Composición corporal está íntimamente relacionada con el rendimiento físico y el deporte. Si se quiere y tecnificar el deporte en nuestro país las instituciones gubernamentales deben preocuparse por financiar proyectos serios que permitan descubrir el talento deportivo para promover desde la infancia la formación de deportistas integrales.

Para esto se requiere la estandarización de medidas antropométricas mediante elaboración de tablas y patrones de referencia tomados en deportistas colombianos; la adopción y establecimiento de metodologías aplicables a diferentes grupos etarios y la implementación de patrones tipificados con técnicas conocidas para hacer la valoración con criterio científico.

Como ya se ha indicado, en nuestro país no existe una estandarización de los instrumentos en cuanto obtención de medidas antropométricas. Por consiguiente, de acuerdo con el material consultado y por experiencia personal en mediciones efectuadas, se pretende que el presente manual sea útil para el trabajo antropométrico y contribuya a propósito de aplicar técnicas estandarizadas en las mediciones y eficiencia en la ejecución de controles de calidad en los procesos. (Manual de Antropometría, 2004)

### **1.3.2 Antecedentes de la Investigación**

La imagen corporal puede ser afectada en televisión por ejemplo en los ejes vertical y horizontal. Al menos 21 conjuntos diferentes de dibujos y fotografías pueden ser usados como plantillas comparativas. Mucho de lo anterior envuelve la clasificación individual del punto de vista actual y de lo ideal de un arreglo de dichas plantillas. Otros intentos fueron traslapar elipsoides, comprometiendo la validez; un modelo más realístico fue el de Gruber y colaboradores quienes modelaron las imágenes de gordura y de musculatura vía un método computacional usando la línea basada en dibujos sobre imágenes fotográficas reales. Otros métodos han sido desarrollados, pero no son accesibles (Stewart, Benson, Michanikou, Tsiota, & Narli, 2003).

Como menciona (Wang, Wu, Lin, Yang, & Lu, 2007) método de recopilación de datos antropométricos se realizó con un scanner de cuerpo completo tridimensional, que es muy

rápido y con aproximación efectiva, con el problema de identificación de marcas sobre el cuerpo.

En (Bastos Moreira, 2008) se considera el software que se tiene que comprar Adobe Photoshop ® 8, considerando que se tienen que ajustar las ecuaciones de regresión para el caso de niños y niñas mexicanas, esto para el caso de querer validar sus resultados y poder aplicarlos.

Las mediciones antropométricas en imagen también se particularizan en segmentos corporales como los pies, como se describe en (Cobb, ATC, James, Hjertstedt, MAT, & Kruk, 2011) y (Buendía Lozada, 2011) en otro punto de vista del pie.

Hay múltiples proyectos que usan la antropometría digital por investigadores de diferentes áreas y para diferentes usos, como son: 1. Estudio en profundidad de la figura osteoporótica con aplicaciones en diseño de vestido para fomentar estilos de vida activo. 2: Evaluación del cambio corporal a través de un programa controlado de pérdida de peso con aplicaciones para el ajuste mejorado del vestido. 3. Evaluación del tratamiento del cáncer de seno relacionando los efectos de la asimetría de la forma corporal y el movimiento restringido del hombro. 4. Ajuste mejorado y diseño de un líquido de refresco de prendas para mantener la temperatura corporal saludable. 5. Una intervención de satisfacción corporal para jóvenes de 18 y 19 años usando un escáner corporal tridimensional para mujeres jóvenes con IMC (índice de masa corporal) saludable (LaBat, Ryan, & M.S., 2009).

El escaneo fotónico tridimensional de cuerpo completo ha surgido como una técnica nueva para la imagen de la forma corporal externa, con mayor potencial de beneficio para la investigación en obesidad y el monitoreo y evaluación clínica de pacientes. La opción digital provee la facilidad de dar seguimientos longitudinales (Wells, Ruto, & Treleaven, 2008).

#### 1.4 Justificación

Tradicionalmente los datos antropométricos se han obtenido por el uso de instrumentos de medición directa, tales como plicómetros y cintas métricas. Sin embargo, la precisión y consistencia de las mediciones manuales directas tienden a ser afectadas por errores humanos y las variaciones temáticas. También los procedimientos de medición son tediosos y consumidores de tiempo (Wang, Wu, Lin, Yang, & Lu, 2007).

Los instrumentos y los investigadores deben desplazarse grandes distancias, con posibilidad de no cumplir con calibrar los instrumentos (entre otros), para verificar la estandarización de las mediciones, la cantidad y el espacio requerido por los instrumentos para realizar las mediciones por muestreo aleatorio (que significa tiempo, distancia, transporte, entre otros) en caso de investigaciones con inferencias. No poder recuperar los instrumentos en caso de accidente implica no disponibilidad en el territorio mexicano de dichos instrumentos.

La validación de ecuaciones o la construcción de estas para resolver distintos tipos de problemas no son comunes en nuestra localidad, por lo que crea una necesidad social para resolver y atender.

#### 1.4.1 Importancia de la investigación

La importancia que tiene la toma de peso y estatura y la relación que existe entre ambos, sirve para:

- Evaluación del crecimiento en los niños y jóvenes.
- Evaluación del estado nutricional.
- Evaluación del estado de salud.
- Evaluación del estado físico, para una competencia.
- Para presencia física estética.
- Para posible uso en el control de desarrollo o crecimiento de las personas.
- Para en el futuro poder realizar prótesis usando impresión 3D.

#### 1.4.2 Aportes

Esta investigación propone el uso de ecuaciones para estimar conjuntamente mediciones de brazo, antebrazo, pierna y muslo, que es algo que no se tiene disponible para la población local, y que podrá ayudar en el futuro a resolver distintos problemas planteados en medicina, en la construcción de prótesis, en la realización de mediciones indirectas para el caso de personas en las que no se puedan hacer o realizar estas de manera directa.

### 1.5 Objetivo de la investigación

#### 1.5.1 Objetivo General

Construir ecuaciones que estimen las longitudes de brazo, antebrazo, muslo y pierna.

#### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Construir la ecuación para estimar la longitud del brazo conociendo la longitud del antebrazo.
- Construir la ecuación para estimar la longitud del antebrazo conociendo la longitud del brazo.
- Construir la ecuación para estimar la longitud del muslo conociendo la longitud de la pierna.
- Construir la ecuación para estimar la longitud de la pierna conociendo la longitud del muslo.

## 1.6 Hipótesis

### 1.6.1 Hipótesis

Si realizo mediciones directas de longitud sobre los segmentos brazo y antebrazo de niños y niñas se podrán construir ecuaciones que estimen estas medidas.

### 1.6.2 Variables

Variable dependiente: Ecuaciones de estimación de longitudes de brazo y antebrazo.

Variable independiente: Mediciones directas de los segmentos brazo y antebrazo de niños y niñas.

### 1.6.3 Definiciones de trabajo

Landmark: puntos de referencia para realizar las mediciones en el cuerpo humano.

## 1.7 Marco Contextual

La escuela donde se desarrolló esta investigación se ubica en la unidad habitacional Mateo de Regil al sur de la Ciudad de Puebla, la escuela es de orden oficial y se trabajan con los seis grados cada grado con dos grupos que son de 1ro a 6to. Cuenta con 12 aulas cada una de ellas consta de 40 alumnos aproximadamente.

Dicha institución cuenta con dos áreas verdes, una de ellas se destinada a el deporte de Futbol y la otra área es un área común donde se realizan diferentes tipos de actividades

## Capítulo II Marco Teórico

### 2.1 Marco teórico

#### **Características Evolutivas Del Niño**

De acuerdo con Chinchilla y Zagalaz (2002), conocer el desarrollo del niño, va a ser de gran importancia a la hora de diseñar las actividades, por ello, a continuación, se describen los aspectos importantes referentes al Desarrollo del Niño durante la etapa de la Primaria (de 6 a 12 años). Para ello, se irá viendo cuál es la evolución en cada uno de los ciclos, así como en los distintos planos del mismo: biológicos, afectivo y cognitivos o intelectual.

#### **Desarrollo Biológico Motriz**

Durante este periodo el niño modifica sustancialmente su estructura; los principales cambios morfológicos que podemos enumerar son:

- Crecimiento de las piernas.
- Mejora del Equilibrio y la Coordinación.
- Aparece el sentido del Ritmo y del Espacio.
- Mejora de la velocidad segmentaria de movimiento.
- Se produce una independencia funcional de los segmentos corporales.
- El crecimiento se produce más en anchura que en altura, lo cual va a hacer que el cuerpo del niño está más proporcionado.
- Se perfeccionan logros motores.
- Aparecen los principios signos de maduración sexual.
- Cambio importante en la estructura morfológica del niño, pasado de una estructura morfológica de niño a la adolescente.
- Aparecen conductas contradictorias: travesura-relajamiento, voluntad-pereza, interés-apatía, etc.
- Independencia prácticamente total de brazo, pierna y tronco.

#### **Desarrollo Afectivo y Social**

Durante este periodo surgen las siguientes características socio-afectivas, en orden cronológico:

- El niño tiene una gran necesidad de seguridad, a menudo que ve amenazadas la personalidad (debido a fracasos en la escuela o por defectos de su comportamiento) y la capacidad social (debido a las críticas de los demás).
- Se producen una búsqueda de modelos a imitar que se prolongarán durante toda la enseñanza primaria, y donde la figura del profesor adquiere gran relevancia.
- Comienzan a parecer las primeras relaciones entre iguales, así como las primeras formaciones de grupos de amiguitos, aunque no suelen ser duraderos.
- Aparece el sentido de la competencia.
- Se desarrolla el afán de aventura y gusto por el disfrute del prestigio social.
- Aparecen nuevas morales, que conducen a transformaciones en la concepción de la regla.
- Consolida su identidad.
- Muestra actitudes y comportamientos de participación, de respecto recíproco y tolerancia.
- Establece lazos de amistad entre sus iguales intentando agradar a sus compañeros.

- Va forjando su auto-concepto y su autoestima.

## **Desarrollo Intelectual**

Acudimos a la transición del pensamiento preoperacional a la etapa de las operaciones concretas lógico-concretas. Las características del pensamiento preoperacional más importantes son:

- Realismo: El niño entiende la realidad en un solo plano, confundiendo a veces las aportaciones internas y externas.
- Animismo: El niño suele concebir como vivas todas las cosas, aunque este concepto evoluciona con la edad.
- Artificialismo: El niño piensa que las cosas están hechas por alguien o algo.
- Egocentrismo: El niño se considera como el centro de todo lo que le rodea.
- Focalización de la Atención: el niño suele centrar la atención de un solo rasgo de un objeto en perjuicio de los más importantes.
- Posteriormente alcanzan la plenitud de las operaciones concretas, las características de la lógica concreta son:
- Noción de Conversación: el niño admite la conservación de la cantidad total a pesar de la distinta configuración.
- La Seriación: El niño es capaz de seguir una estrategia sistemática y operativa al ordenar un conjunto de objetivos por el tamaño o la longitud.
- La Clasificación: Es capaz de trabajar simultáneamente en términos del todo y sus partes comprendiendo las relaciones de inclusión.
- El Número: Comprende el concepto de número, puede construir una serie común de reglas que hagan posible un juego más o menos estructurado.

Se produce la transición de la lógica manipulativa-concreta de las Operaciones Formales que se desarrollan durante la adolescencia. A continuación, se indica las características de las Operaciones Formales:

- Distinción entre lo real y lo posible: Gradualmente se va dando un papel predominante de lo posible sobre lo real, pudiendo potenciar su capacidad de imaginar y crear diferentes tipos de organizaciones a las que conoce.
- Pensamiento Hipotético Deductivo: El niño está preparado para moverse con mayor soltura dentro de los conceptos abstractos.
- Pensamiento Formal y Preposicional: Es capaz de tomar los resultados de las operaciones concretas moldeándolas y estableciendo vinculaciones lógicas entre ellas.

## **Somatoscopia**

Definición:

Es el estudio o medición del cuerpo humano.

Tiene otros sinónimos:

Somatometría.- De soma= cuerpo y metros= medida (medición del cuerpo).

Antropometría.- De antropos= hombres y metros =medida (medida del hombre).

Existen reglas de tipo internacional para efectuar las evaluaciones físicas, como el de la AAHPR (American Alliance for Health, Physician, Education and Recreation).

La medición se puede realizar con:

- Un equipo mínimo.
- Un equipo sofisticado.

El equipo mínimo debe tener:

- Báscula.
- Altímetro
- Plicometría
- Goniómetro
- Cinta métrica
- Antropómetro
- Cronometro

El equipo sofisticado puede tener:

- Bicicleta, caminadoras, escaladoras ergométricas.
- Electrocardiógrafo, pulsómetro.
- Gasómetro.
- Lactómetro
- Tensiómetro.
- Equipo de laboratorio clínico.

El resultado de la medición, nos revela:

- Estado Físico.
- Aptitudes.
- Limitaciones.
- Tipo de prescripción de ejercicio físico.

Debemos tener en cuenta:

- Edad
- Sexo
- Actividad física previa o no actividad física.

## 2.2 Marco Legal

Se usó la Declaración de Helsinki de 2013 para la realización de esta investigación ya que involucra la medición directa en niños y niñas.

## Capítulo III Diseño Metodológico

### 3.1 Método de Investigación

Experimental, transversal.

### 3.2 Metodología

Las mediciones que se harán son las siguientes:

- Estatura.
- Peso.
- Porcentaje de grasa corporal.
- Fuerza
- Potencia
- Resistencia
- Flexibilidad.
- Estatura:

La medición se hará con el altímetro que tiene la báscula, si no se tiene se usa una cinta métrica pegada a la pared.

La persona a medir, se coloca de espalda, descalza y con la vista al frente, con la regla que tiene los altímetros o con una regla que se coloca en posición perpendicular sobre la cabeza se hace la medición.

Agregando a la medición anterior se pueden hacer otras mediciones antropométricas, usando cualquier tipo de antropómetro, ya sea el compás o la regla, con lo que se tomarán los diámetros biacromial(hombros) y bicrestal(pelvis). Se hace la advertencia que estos diámetros pueden tener una variación o error dependiendo de la cantidad de grasa subcutánea que tenga cada persona.

#### Peso

Existen dos métodos de medición.

- Directo por medio de una báscula.
- Indirecto por medio de hidrometría.

Método directo; este método es el más usado, en nuestro país con básculas de diferentes tipos de ellas, de pie (fijas) y móviles. Las primeras son más exactas y las segundas no lo son tanto porque pierden calibración al estarse moviendo, todas tienen variación en kilogramos y sus fracciones. La medida de peso debe hacerse con la menor cantidad de ropa posible.

Método indirecto; se realiza por hidrometría, este consiste en llenar una tina con agua hasta el ras, luego se introduce a la persona a la tina y se mide la cantidad de agua que se desplazó fuera de la tina, la cantidad de litros y su fracción es igual a su peso en kilogramos.

### 3.3 Universo y Muestra

El universo para la presente investigación se enmarca en los alumnos de la Escuela Primaria “Educación Federal”, en Mateo de Regil del municipio de Puebla.

La selección de la muestra se llevó a cabo solo por los niños que presentaron permisos firmados por el padre o tutor.

Quedando una relación de 44 niñas y niños, se destacan 24 niñas y 20 niños entre los grados de 4°, 5° y 6° años.

### 3.4 Instrumentos

- 120 hojas de permiso.
- Cámara digital marca Canon.
- Un tripe marca Canon.
- Cinta adhesiva.
- Tapete 90 X 100 cm.
- Una Caja de 24.5 de largo (objeto de referencia).
- Computadora Mini Laptop Compaq.

### 3.5 Estadística

Para todos los casos de la construcción de las ecuaciones de esta investigación se usó R: A Language and Environment for Statistical Computing 2016, y para el caso de la captura de las mediciones directas se usó Excel de Microsoft.

De R: A Language and Environment for Statistical Computing se usaron las funciones:

- Lm para modelar linealmente los datos de mediciones directas. Se puede acceder a una instrucción del uso de esta función en <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/stats/html/lm.html> que es equivalente a (Buendia Lozada, y otros, 2016) en el tema Análisis de Regresión Lineal.  
Bajo el modelo  $y=a+bx$  de la ecuación lineal, con parámetros  $a$  y  $b$ .

# Capítulo IV Análisis de Resultados

## 4.1 Análisis de resultados

Las mediciones se muestran a continuación

Fecha		Año		BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA MAESTRÍA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR FACULTAD DE CULTURA FÍSICA Hoja de registro caracterización de pruebas Antropométricas																																
Sexo		derecho														izquierdo																				
Sujeto	Sexo	biacromial	a1	a2	a3	b1	b2	b3	m1	m2	m3	p1	p2	p3	pliegue	la	lb	lm	lp	a1	a2	a3	b1	b2	b3	m1	m2	m3	p1	p2	p3	la	lb	lm	lp	
1	F	32.8	27.8	25.7	23.2	23.8	22.2	17	50.2	46	36.4	32.2	31	21.2	24	29	23.2	43.6	32.6	27	24.5	23	20.8	20.2	15.1	49	42.5	35.5	30.8	30.4	20.5	26	25	41	32	
2	F	30	23.5	21.8	21	21.2	19.2	16	39	33.5	35.2	31.2	28.2	28.5	19	26.6	22.8	45	31.8	23	21.5	20.8	20.9	19.2	15.7	35.5	49.7	42	30.7	30.4	20.6	26	23	42	31	
3	F	29.5	27.2	25.6	22.8	22.3	20.5	14.8	53.2	45.4	38.8	31.2	28.2	28.5	23	26.5	23.8	39.9	29.3	26.5	25	22	21	19.3	13.5	48	43	35.4	30.5	28.8	17.6	25.5	21.5	39.4	28.6	
4	F	36	25.5	23.3	22	22.6	20.5	16	50.5	43	35.5	30.5	31	23	21	27.8	25.0	44.8	35.8	24	22.1	21.6	21.5	19	15.4	50	41.5	34.5	30.4	30	21.5	27.5	24.8	43	33	
5	M	35.4	27.5	25.2	23.4	23.2	21	16	48.5	42.5	35.5	31.3	32	22	19	28	23.7	38	32.9	27.5	25.3	23	22.7	21	16	45.5	40	39	31.3	31.5	21.8	27.3	24.5	41	31.5	
6	M	35.8	22	19.5	15.9	25.2	23	21.5	52.4	45.5	35	32.5	30.2	22	21	27	23.3	40.8	35.5	22	18.4	14.7	24.5	22.5	21.3	48.2	43.5	34.7	31.5	33.5	21	27.5	25	39.8	33	
7	F	30.5	26.3	23.5	21.5	21.3	19	15.3	50.5	44	34.6	31	31.6	21.1	21	25.6	25	45	30.5	25	22	20	20.5	18.2	14.5	46	41	33	30.5	30	20	27	23.4	41.5	29	
8	F	37.3	28.1	25.2	22.3	23.3	21.8	17	54	48	37.5	31.6	21.4	24	21	27.9	23.4	46.8	34.2	27.6	24	22	22.6	19.8	15.5	49.5	43.2	36.4	31.2	31.7	20.3	28.2	25	44	32.5	
9	F	33.4	31	27.5	25.5	24.4	22.7	17	55.5	48.8	38.5	32	32.9	32.2	24	27	24.5	43.5	30	29.9	26.6	24	22.5	20.3	16	51	44.1	38.3	33	31.5	22.4	27	23	44	29.5	
10	F	26.5	29.2	25.6	22.9	23.4	21.4	16.1	52	46	37.2	32	32.8	20.6	21	28	24.9	45.2	30.4	28	24	23	22.9	20	15	51	43.5	37	31.5	32	19.8	27.5	23.5	46.5	31	
11	F	30.5	23.3	21.6	19.2	19.5	17.5	14	48	41.2	31	28.2	26.7	18.8	21	26.7	23	45.4	31.2	22	21.5	19.3	19	16	13	43	40	30.3	27.5	24.9	17.5	26.5	22.4	44.8	29.9	
12	F	28	22.6		19	19.2	19.6	17	14.7	44	38.4	35	30.7	27	14.7	23	27	21.2	40.3	30.5	21	19.7	18.5	19	17.3	13.5	37.5	34.7	29.5	25.7	26.4	18.8	26	21.5	40	28.5
13	F	34	26.5	23.8	23.4	24	21.2	16.2	51	42	33.5	30	30.5	20.5	21	25.5	26	41.8	32.2	25.7	24.6	22.7	23.1	21.5	15.4	51.1	41	33.5	30.5	36.7	20.5	26.8	24.5	44.9	32.4	

Fecha		Año		BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA MAESTRÍA EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR FACULTAD DE CULTURA FÍSICA Hoja de registro caracterización de pruebas Antropométricas																																
Sexo		derecho														izquierdo																				
Sujeto	Sexo	biacromial	a1	a2	a3	b1	b2	b3	m1	m2	m3	p1	p2	p3	pliegue	la	lb	lm	lp	a1	a2	a3	b1	b2	b3	m1	m2	m3	p1	p2	p3	la	lb	lm	lp	
1	M	28.9	22.8	21.8	21	20.5	20	15	42	36	32.5	29.5	28.9	20.4	21	26.2	27.9	44.9	33.1	22	22	21	19.5	17.8	13.8	38	34	31	27.8	28.4	19	26	22.2	41	31.5	
2	M	28.1	24.5	22.3	22.3	21.5	19.5	15.2	46.5	44.9	33.2	29.5	28.7	19.2	22	25.4	22.9	38.6	30.4	24	22.7	21.8	20.1	19	14.2	44	39.9	33	29.1	27	18.3	25	21.4	39.5	30.3	
3	M	35.5	27.5		26	24.4	29.9	23.9	17.2	55	48	40.5	34.6	33.7	23.3	26	27	25.1	32	33.3	28.4	25.5	25.5	29	21	16.4	52.8	48	39.7	34.7	34.5	23	27	25.2	44	30.5
4	F	31	20	19.8	19	19.3	17	14	41	19.5	26.5	19.6	27.2	19	15	24.4	20	38.2	28.3	20.5	19	18	20	40.5	13.8	41.1	38.2	31	27.2	26.9	19.8	22.9	20.5	38.4	30.2	
5	F	32	21.7		19	19.5	20	17.9	14.5	45.5	37.2	30.5	26.7	28.3	20	15	23.8	19.7	32.3	24.9	21	21.9	18.8	18.8	17.5	13.4	41.5	37.4	30.3	28.3	26	19.3	21.9	18.5	32.5	24.5
6	F	27.5	24.5	21.3	20.3	22.5	18.5	14.5	40.5	35.5	30.3	26	25.8	18.2	27	27.3	23.8	38.6	29.9	23	20.5	19.7	18.7	17.1	13.4	40	34	29.5	25.4	26	17	26.4	21.5	39.8	31	
7	F	33.7	25.4	22.5	20	21.9	19.2	14.8	53.2	40	56	30.7	31.3	21.3	26	28	22.8	43.3	29.9	24.4	21.4	19.5	20.5	18.5	14	50	45	35.5	28.5	30.5	19.3	28.5	21.6	47	29.6	
8	F	33.6	26.8	23.5	22	21.8	20	15.5	51	43.6	34.8	30.2	30.8	20.4	23	28.6	23.5	41.3	34.3	27	23	21	21	19.7	14.5	50.8	42.6	34.5	30	29.6	19.5	27.5	24	43.5	32	
9	F	35.7	26.5	23.6	22.6	22.3	21.3	16.3	52.8	46.5	36.1	31	30.2	22.1	20	27.5	22.1	46.9	32.2	26.5	24	21.9	19.6	15.5	49	40.2	35.6	31.3	31	31	22	27	20.5	42	32	
10	F	32.1	30.9	26.7	25.2	24.2	23.4	17.3	53.6	48.3	38.9	34	34.2	34.5	26	29	21.9	40	29.9	28.3	25	24.2	23.1	20.8	15.8	53.3	45.8	38.4	32.3	34.2	22	24.5	22	42	27.5	

- a1 circunferencia alta de antebrazo
- a2 circunferencia media de antebrazo
- a3 circunferencia baja de antebrazo
- b1 circunferencia de brazo alta
- b2 circunferencia de brazo media
- b3 circunferencia de brazo baja
- m1 circunferencia de muslo alta
- m2 circunferencia de muslo media
- m3 circunferencia de muslo baja
- p1 circunferencia de pierna alta
- p2 circunferencia de pierna media
- p3 circunferencia de pierna baja
- la longitud antebrazo
- lb longitud de brazo
- lm longitud de muslo
- lp longitud de pierna

$$Mm_i = L_i C_i (0.8K * C_i - 3.85 * 10^{-4} D_i - 1.1425 * 10^{-4})$$

Donde

Mm<sub>i</sub> = es el peso muscular del i-esimo segmento corporal en kg.  
 L<sub>i</sub> = es la longitud del i-esimo segmento corporal en cm.  
 C<sub>i</sub> = es la circunferencia media del i-esimo segmento en cm.  
 D<sub>i</sub> = es el espesor medio del pliegue del i-esimosegmento corporal medido con el plicometro en mm.  
 K = es el coeficiente tomado de la tabla 1

Segmento corporal	Hombres	Mujeres
Pierna	5.85*10 <sup>-5</sup>	6.58*10 <sup>-5</sup>
Muslo	6.64*10 <sup>-5</sup>	6.48*10 <sup>-5</sup>
Antebrazo	6.26*10 <sup>-5</sup>	6.43*10 <sup>-5</sup>
Brazo	9.97*10 <sup>-5</sup>	9.49*10 <sup>-5</sup>

## Lado Derecho

Tomando como referencia la tabla 1, se tiene:

la	longitud antebrazo
lb	longitud de brazo
lm	longitud de muslo
lp	longitud de pierna

Tabla 1 Clave de nomenclatura de las variables donde d=derecho e i=izquierdo

La ilustración 1 muestra la forma de construcción de la ecuación para la estimación de la longitud del antebrazo derecho conociendo la longitud del brazo.

```
> fit<-lm( dla[which(Sexo=="F")]~dlb[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = dla[which(Sexo == "F")] ~ dlb[which(Sexo == "F")],
    data = dd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.26866 -1.07060 -0.02179  1.01231  2.21442

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    18.6401     4.2993   4.336 0.000511 ***
dlb[which(Sexo == "F")]  0.3511     0.1850   1.898 0.075903 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.334 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1838,    Adjusted R-squared:  0.1327
F-statistic: 3.602 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0759
```

*Ilustración 1 R para construir la ecuación*

```
> fit<-lm( dlb[which(Sexo=="F")]~dla[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = dlb[which(Sexo == "F")] ~ dla[which(Sexo == "F")],
    data = dd)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.094 -1.110 -0.316  1.004  3.491

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)     9.1630     7.3944   1.239  0.2331
dla[which(Sexo == "F")]  0.5234     0.2758   1.898  0.0759 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.629 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.1838,    Adjusted R-squared:  0.1327
F-statistic: 3.602 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0759
```

*Ilustración 2 Usando R para estimar dlb conociendo dla*

```
> fit<-lm( dlm[which(Sexo=="F")]~dlp[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = dlm[which(Sexo == "F")] ~ dlp[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.5920 -1.7444 -0.5299  2.2214  3.5132
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)         8.9079     8.0695   1.104 0.285964
dlp[which(Sexo == "F")]  1.0783     0.2596   4.154 0.000747 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 2.637 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5189,    Adjusted R-squared:  0.4888
F-statistic: 17.25 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0007473
```

*Ilustración 3 Usando R para estimar dlm conociendo dlp*

```
> fit<-lm( dlp[which(Sexo=="F")]~dlm[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = dlp[which(Sexo == "F")] ~ dlm[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.9766 -1.2719 -0.5033  0.9199  3.8001
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)         10.6262     4.9210   2.159 0.046351 *
dlm[which(Sexo == "F")]  0.4812     0.1158   4.154 0.000747 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.761 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5189,    Adjusted R-squared:  0.4888
F-statistic: 17.25 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.0007473
```

*Ilustración 4 Usando R para estimar dlp conociendo dlm*

## Izquierdo

```
> fit<-lm( ila[which(Sexo=="F")]~ilb[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = ila[which(Sexo == "F")] ~ ilb[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.0476 -0.6515  0.2686  0.4518  2.8533
```

```
Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)         11.9185     4.0350   2.954 0.00934 **
ilb[which(Sexo == "F")]  0.6356     0.1783   3.565 0.00258 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.314 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4427,    Adjusted R-squared:  0.4079
F-statistic: 12.71 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.002583
```

*Ilustración 5 Usando R para estimar ila conociendo ilb*

```
> fit<-lm( ilb[which(Sexo=="F")]~ila[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = ilb[which(Sexo == "F")] ~ ila[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.5813 -0.7977  0.1724  0.6488  2.6152
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)      4.2746     5.1411   0.831  0.41795
ila[which(Sexo == "F")]  0.6965     0.1954   3.565  0.00258 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.376 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4427,    Adjusted R-squared:  0.4079
F-statistic: 12.71 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.002583
```

*Ilustración 6 Usando R para estimar ilb conociendo ila*

```
> fit<-lm( ilm[which(Sexo=="F")]~ilp[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = ilm[which(Sexo == "F")] ~ ilp[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.0522 -1.6888 -0.2826  2.1459  5.5870
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)     13.2010     9.5502   1.382  0.18588
ilp[which(Sexo == "F")]  0.9531     0.3151   3.024  0.00806 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 2.769 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3637,    Adjusted R-squared:  0.324
F-statistic: 9.147 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.008059
```

*Ilustración 7 Usando R para estimar ilm conociendo ilp*

```
> fit<-lm( ilp[which(Sexo=="F")]~ilm[which(Sexo=="F")], data=dd)
> summary(fit)
```

```
Call:
lm(formula = ilp[which(Sexo == "F")] ~ ilm[which(Sexo == "F")],
    data = dd)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.72697 -1.30569  0.06914  1.46905  2.39140
```

```
Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)     14.1986     5.3179   2.670  0.01677 *
ilm[which(Sexo == "F")]  0.3816     0.1262   3.024  0.00806 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.752 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.3637,    Adjusted R-squared:  0.324
F-statistic: 9.147 on 1 and 16 DF,  p-value: 0.008059
```

*Ilustración 8 Usando R para estimar ilp conociendo ilm*

## Capítulo V Conclusiones

### 5.1 Conclusiones

Así se tienen las ecuaciones de acuerdo a las ilustraciones 1 a la 8 en la tabla 2.

*Tabla 2 Ecuaciones para estimar la longitud de los segmentos que muestra la descripción*

Descripción de la estimación	Ecuación para estimar	R <sup>2</sup>
Longitudes del lado derecho		
Antebrazo	$dla=dlb*0.3511+18.6401$	0.1327
Brazo	$dlb=dla*0.5234+9.1630$	0.1327
Muslo	$dIm=dlp*1.0783+8.9079$	0.4888
Pierna	$dlp=dIm*0.4812+10.6262$	0.4888
Longitudes del lado izquierdo		
Antebrazo	$Ila=ilb*0.6356+11.9185$	0.4079
Brazo	$Ilb=ila*0.6965+4.2746$	0.4079
Muslo	$IIm=ilp*0.9531+13.2010$	0.324
Pierna	$Ilp=IIm*0.3816+14.1986$	0.324

Por lo que se cumplen los objetivos, general y específicos propuestos en la investigación.

### 5.2 Recomendaciones

Realizar esta misma investigación separado por genero las ecuaciones de estimación.

Aumentar la muestra para la construcción de las ecuaciones de estimación.

Reducir el error en la construcción de las ecuaciones de estimación de mediciones que se propongan.

Realizar otras investigaciones para construir nuevas ecuaciones o validar ecuaciones existentes.

Disminuir el error de todo tipo en las mediciones directas e indirectas para buscar el bienestar y el apoyo a las personas en donde se aplicarán las estimaciones de mediciones para que los resultados sean de calidad.

## Bibliografía

- Bastos Moreira, S. (2008). The validity of the photoshop 8 program usage to obtain anthropometric measurements. *Fitness & performance EISSN 1676-5133*, 158-161.
- Buendía Lozada, E. R. (2011). The HC instrument reproducibility. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1-13.
- Buendia Lozada, E. R., Aguilar Enriquez, R. I., Flores Chico, B., López de la Rosa, L. E., Caballero Gómez, M., & Maldonado Maldonado, E. (2016). *Matemática Aplicada*. Puebla, México: Fomento Editorial, BUAP.
- Cobb, S. C., ATC, James, R. C., Hjertstedt, M., MAT, & Kruk, J. (2011). A digital photographic measurement method for quantifying foot posture: validity, reliability, and descriptive data. *Journal of Athletic Training*, 20-30.
- Estimating height in bedridden patients*. (18 de Junio de 2016). Obtenido de <http://www.rxkinetics.com/>:  
[http://www.rxkinetics.com/height\\_estimate.html](http://www.rxkinetics.com/height_estimate.html)
- Gauld, L. M., Kappers, J., Carlin, J. B., & Robertson, C. F. (2004). Height prediction from ulna length. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 475-480.
- LaBat, K. L., Ryan, K. S., & M.S. (2009). Design and Medicine collaborate using digital anthropometry. *Australasian Medical Journal*, 92 -96.
- Malli, M. S., Vyas, B. M., Gosai, P., & Gupta, S. (2015). Estimation of height of the person by using arm span and hand length measurements. *GUJARAT MEDICAL JOURNAL*, 105-107.
- Stewart, A. D., Benson, P. J., Michanikou, E. G., Tsiota, D. G., & Narli, M. K. (2003). Body image perception, satisfaction and somatotype in male and female athletes and non-athletes: results using a novel morphing technique. *Journal of sports sciences*, 815-823.
- Wang, M.-J. J., Wu, W.-Y., Lin, K.-C., Yang, S., & Lu, J.-M. (2007). Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109-115.
- Wells, J., Ruto, A., & Treleaven, P. (2008). Whole-body three-dimensional photonic scanning: a new technique for obesity research and clinical practice. *International Journal of Obesity*, 232-238.

