

Use of predictive models in anthropometric measurements in workers standing upright

Uso de modelos predictivos en las mediciones antropométricas en trabajadores en bipedestación

Alejandro Labrador Parra¹  

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ingeniería, Escuela de Procesos Industriales, Dpto de Gerencia de Procesos, Maracay, Venezuela.

Cite as

Labrador Parra A. Use of predictive models in anthropometric measurements in Trabajadores standing upright. SAP Primary Care. 2026; 2:97. <https://doi.org/10.62486/pc202697>

Publication History

Submitted: 24-08-2025

Revised: 19-10-2025

Accepted: 20-01-2026

Published: 21-01-2026

Corresponding Author

Alejandro Labrador Parra 

ABSTRACT

This study proposes the use of predictive models as an efficient and economical alternative to anthropometric measurements in workers who stand for long periods, especially in contexts with technological and budgetary limitations. The objective of this research is to propose the use of predictive models as a viable alternative to anthropometric measurements. A quantitative, cross-sectional, and descriptive study was conducted between 2021 and 2023, using the state of Aragua and its industrial areas as the population base. Within this survey, 3,125 workers were obtained, with a sample of 185 industrial workers. The sampling for this research is simple random probability sampling stratified by age and sex. The observation technique was used through an estimation scale, anthropometric tables for measurement, and Minitab 17 software to obtain multiple linear regression models, considering variables such as height at the acromion, elbow, and eye, categorized by sex and age group. The results showed high accuracy in the predictions, with coefficients of determination (adjusted R^2) between 75,68 % and 98,73 %, and statistical significance of 95% ($p < 0,05$). The equations generated allow key measurements to be estimated from height, validated by comparison with actual data without significant differences. It is concluded that the use of predictive models is a technically and scientifically viable alternative to traditional anthropometric measurements.

Keywords: Anthropometry; Predictive Models; Prediction; Health; Work; Standing.

RESUMEN

Este estudio propone el uso de modelos predictivos como alternativa eficiente y económica para las mediciones antropométricas en trabajadores en bipedestación, especialmente en contextos con limitaciones tecnológicas y presupuestarias. El objetivo de esta investigación es proponer el uso de modelos predictivos como una alternativa viable en las mediciones antropométricas. Se realizó una investigación cuantitativa, transversal y descriptiva entre 2021 y 2023. Se tomó como base poblacional el estado Aragua y sus zonas industriales. Dentro de este sondeo se obtuvieron 3125 trabajadores, con una muestra de 185 trabajadores industriales. El muestreo de esta investigación es de tipo probabilístico aleatorio simple y estratificado por edad y sexo. Se usó la técnica de la observación a través de escala de estimaciones, el uso de tablas antropométricas para la medición y el software Minitab 17 para la obtención de los modelos de regresión lineal múltiple, considerando variables como altura al acromio, al codo y al ojo, categorizadas por sexo y grupo etario. Los resultados mostraron alta precisión en las predicciones, con coeficientes de determinación (R^2 ajustado) entre 75,68 % y 98,73 %, y significancia estadística del 95 % ($p < 0,05$). Las ecuaciones generadas permiten estimar medidas clave a partir de la altura, validándose mediante comparación con datos reales sin diferencias significativas. Se concluye que el uso de modelos predictivos constituye una alternativa técnica y científicamente viable frente a las mediciones antropométricas tradicionales.

Palabras clave: Antropometría; Modelos Predictivos; Predicción; Salud; Trabajo; Bipedestación.

INTRODUCCIÓN

Las mediciones antropométricas desempeñan un papel fundamental en el diseño del puesto de trabajo, ya que buscan adaptar dicho diseño a las características físicas del trabajador. Este proceso considera diversos aspectos relacionados con el espacio físico, especialmente la interacción entre el operario y su entorno laboral, es decir, la relación persona-máquina dentro de un ambiente laboral determinado.⁽¹⁾ En ese sentido, las mediciones antropométricas se han centrado en medir y aplicar las estadísticas necesarias para obtener los valores promedios de las variables antropométricas. Esto conlleva, a que se tiene que disponer del tiempo para hacer las mediciones y los costos asociados que lleva el hacer ese tipo de investigaciones, por otra parte, existen hoy en día alternativas con el uso de la tecnología que permiten las mediciones de manera digital o con el uso escáneres corporales en 3D, aplicaciones móviles y uso de computadoras o sensores de profundidad. Sin embargo, estos modelos digitales son de alto costo (oscilan entre los 1000 \$- 40 000 \$),⁽²⁾ dependiendo del tipo de equipo y tecnología, esta propuesta de modelos de medición digital se hace costoso en la mayoría de los países Latinoamericanos dadas las carencias de: tecnología, presupuesto y carreras o institutos de investigaciones especializados en el área de ergonomía.⁽³⁾ Tomando en cuenta lo anterior, existen modelos predictivos que son una alternativa que permiten una reducción del tiempo y los costos asociados a las mediciones antropométricas, en estudios que requieran tomar un número importantes de mediciones antropométricas en grandes poblaciones, que se pueden reducir con los avances asociados a modelos estadísticos o la inteligencia artificial (IA). En ese sentido, en Latinoamérica se tiene pocos estudios relacionados en predicción en antropometría laboral, de los cuales podemos destacar: Redes Neuronales Artificiales Para Predecir Variables Antropométricas De Trabajadores Que Laboran En Postura Sedente;⁽⁴⁾ Predicción de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica en trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana, aplicables al diseño ergonómico;⁽⁵⁾ Estimación de medidas antropométricas de la mano para el diseño de guantes cosidos, a partir del método de relaciones de escala;⁽⁶⁾ Perfil Antropométrico Utilizando El Modelos Escala Proporcional,⁽⁷⁾ y Predicción De Dimensiones Antropométricas En Bipedestación Y Aptitud Física En Trabajadores y Trabajadoras De Mano De Obra Directa Industrial Venezolana (MODIV).⁽³⁾ El objetivo de esta investigación es proponer el uso de modelos predictivos como una alternativa viable en las mediciones antropométricas.

MÉTODO

Se procedió hacer un estudio cuantitativo, predictivo, transversal y descriptivo a una población accesible o muestreada de trabajadores de mano de obra directa industrial en bipedestación, durante el periodo (2021-2023), ubicadas en las zonas industriales del estado Aragua-Venezuela. Dentro de este sondeo se obtuvieron 3125 trabajadores que es la población que reúne las características homogéneas en cuanto genética y porcentaje de mezcla, que deben tener las mediciones antropométricas.^(8,9) Para determinar el tamaño de las muestras en estudios antropométricos, es importante que las poblaciones sean similares a la población que se está investigando. Esto implica considerar aspectos como el género, la edad, la ubicación geográfica, el nivel socioeconómico y otras características relevantes.⁽³⁾ En el caso de una población laboral en la industria, sus dimensiones antropométricas deben ser homogéneas en cuanto a sus características genéticas, las cuales suelen seguir una distribución normal o casi normal, según el teorema central. Basándose en este supuesto, el cálculo del tamaño de la muestra se realiza siguiendo las directrices de la norma técnica colombiana NTC 5654 (2008): Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos,⁽¹⁰⁾ que establece los criterios para crear una base de datos antropométricos. Además, para analizar estadísticamente los datos recopilados, se consideran valores mínimos, máximos, promedios, medianas, desviaciones estándar y percentiles 5, 50 y 95. Según esta norma, para una muestra mínima que incluya el percentil 95 y tenga una precisión relativa del 1 %, tomando en cuenta lo anterior el cálculo de la muestra fue:

$$N = ((1,96 * C_v)^2 / \alpha) * 1534^2$$

$$N = 185 \text{ trabajadores (H:131; M:54) (1)}$$

El muestreo de esta investigación es de tipo probabilístico aleatorio simple y estratificado por edad y sexo. Por otra parte, se consideraron los criterios de inclusión, que abarcan a los trabajadores de mano de obra directa en la industria, y los de exclusión, que incluyen a aquellos con discapacidad física o que presentan dificultades para realizar las mediciones antropométricas. Además, se obtuvo el consentimiento informado de los participantes o colaboradores. Se usó la técnica de la observación a través de escala de estimaciones, el uso de tablas antropométricas para la medición. Se llevó a cabo la elaboración de modelos con las técnicas predictoras que facilitaron el cálculo y la implementación de las variables de interés en el estudio. Para ello, se emplearon modelos de regresión lineal multivariada, considerando esta metodología como la propuesta principal para el análisis. El paquete estadístico utilizado fue el Minitab 17. En la metodología utilizada para realizar los cálculos de los modelos de regresión múltiple, se consideraron los supuestos estadísticos fundamentados en la hipótesis relacionada con los coeficientes de regresión β .

RESULTADOS

Ecuaciones predictoras para los trabajadores en bipedestación

Tomando en cuenta los cálculos de los modelos de regresión a través del paquete estadístico Minitab 17 se presentan las siguientes tablas: 1 y 2 de resultados de los modelos de regresión tanto para los trabajadores como las trabajadoras por grupos etarios.

La tabla 1 presenta las ecuaciones desarrolladas para predecir las medidas antropométricas de los trabajadores venezolanos, las cuales fueron clasificadas por grupo de edad. Para determinar la calidad y el alcance de cada ecuación, se utilizó el R^2 ajustado, calculado con el software Minitab-17. Se seleccionaron las ecuaciones que mostraron una mayor bondad de ajuste (valores más cercanos a 1) para la mayoría de los grupos etarios, las cuales alcanzaron valores entre 75,681% y 98,73%. Es relevante mencionar

que, para establecer las variables predictivas de estas ecuaciones, primero se utilizó el modelo de Pearson para analizar la relación entre cada variable antropométrica y su coeficiente de regresión.

Tabla 1. Ecuaciones predictoras para trabajadores en bipedestación

Grupo etario	Variable dependiente	Modelo de regresión	Error Estandar (EEE)	R2 ajustado (%)	p
20-29	Alt	$Alt = 8,8 + 0,3263 AO + 0,7780 AA$	1,5	93,86	<0,001
20-29	Alt	$Alt = 37,5 + 1,244 AC$	2,58	81,82	<0,001
20-29	AO	$AO = 31,6 + 1,541 Alt - 1,258 AC$	3,23	67,1	0,002
20-29	AC	$AC = 5,04 + 0,7244 AA$	1,1	93,83	<0,001
20-29	AA	$AA = -16,6 + 0,9269 Alt$	2,08	87,77	<0,001
30-39	Alt	$Alt = 14,98 + 0,5977 AO + 0,281 AA + 0,2505 AM$	0,87	98,33	<0,001
30-39	Alt	$Alt = 32,3 + 1,284 AC$	3,33	75,68	<0,001
30-39	AO	$AO = -22,61 + 0,9938 Alt + 0,1248 AI$	1,13	97,57	<0,001
30-39	AO	$AO = -16,57 + 1,2356 AA$	1,83	93,67	<0,001
30-39	AA	$AA = 2,31 + 0,8198 Alt$	1,35	94,33	<0,001
30-39	AC	$AC = 3,62 + 0,7338 AA$	1,93	82,29	<0,001
40-49	Alt	$Alt = 22,31 + 1,1900 AO - 0,291 AA$	1,96	93,27	<0,001
40-49	AO	$AO = -13,04 + 0,6758 Alt + 0,4004 AA$	1,48	96,17	<0,001
40-49	AO	$AO = 10,4 + 1,0404 AA$	3,3	81	<0,001
40-49	AC	$AC = 1,67 + 0,360 AO + 0,347 AA$	1,99	86,06	<0,001
40-49	AA	$AA = 1,39 + 0,8299 Alt$	2,61	85,29	<0,001

Leyenda: Alt: Altura; A.O. Altura Ojo; A. A: Altura acromio; A.C.: Altura codo; A.I. Altura Iliaca; A. D: Altura Dactylion; A.M.: Altura muñeca; L.P.: Longitud Puño; L.B.: Longitud Brazo; L.A. Minitab-17 p<0, 05.EEE: Error estándar estimado de la regresión.
Fuente: Labrador (2023). Predicción de dimensiones antropométricas en bipedestación y aptitud física De trabajadores y trabajadoras de mano de obra directa industrial venezolana.

Ecuaciones predictoras para trabajadoras en bipedestación

La tabla 2 presenta modelos de regresión para las trabajadoras con un buen ajuste de bondad (98,20%-82,72%) con un modelo muy significativo (P-valor<0, 05), asimismo, EEE (error estándar estimada) nos muestra valores muy cercanos al modelo con poca dispersión en los diferentes grupos etarios.

Tabla 2. Ecuaciones predictoras para trabajadoras en bipedestación

Grupo etario	Variable dependiente	Modelo de regresión	Error Estandar (EEE)	R2 ajustado (%)	p
20-29	Alt	$Alt = 2,8 + 1,0674 AO$	1,51	94,35	<0,001
20-29	AO	$AO = -0,78 + 0,373 Alt + 0,668 AA$	0,75	98,31	<0,001
20-29	AA	$AA = 8,7 + 0,7724 Alt$	1,77	88,43	<0,001
20-29	AC	$AC = -2,7 + 0,020 Alt + 0,762 AA$	1,83	82,72	<0,001
30-39	Alt	$Alt = 23,03 + 0,629 AA + 0,516 AC$	1,59	94,47	<0,001
30-39	Alt	$Alt = 25,72 + 1,3171 AC$	2,07	91,98	<0,001
30-39	AO	$AO = -15,1 + 0,808 Alt + 0,366 AI$	1,46	96	<0,001
30-39	AO	$AO = 2,88 + 1,0818 AA$	1,4	90,94	<0,001
40-49	Alt	$Alt = 17,7 + 0,472 AO + 0,542 AA$	1,78	85,39	<0,001
40-49	Alt	$Alt = 10,1 + 1,126 AA$	1,89	87,29	<0,001
40-49	AO	$AO = -22,7 + 1,0689 Alt$	0,9	94,42	<0,001
40-49	AA	$AA = 2,21 + 0,5168 Alt + 0,4745 AC$	1,46	85,39	<0,001
40-49	AA	$AA = 9,8 + 0,7662 Alt$	1,53	80,06	<0,001
40-49	AC	$AC = 2,8 - 0,511 Alt + 1,353 AA$	1	96,6	<0,001
50-59	Alt	$Alt = 11,66 + 0,9970 AO$	1,29	94,4	<0,001
50-59	Alt	$Alt = 1,3 + 1,1873 AA$	0,84	97,54	<0,001
50-59	AO	$AO = -10,04 + 0,525 Alt + 0,559 AA$	1,05	96,23	<0,001
50-59	AO	$AO = -9,38 + 1,1827 AA$	0,72	97,41	<0,001
50-59	AA	$AA = 12,50 + 0,6158 AO + 0,287 AC$	1,06	94,4	<0,001
50-59	AA	$AA = 5,51 + 0,7998 Alt$	1,54	86,44	<0,001
50-59	AC	$AC = -14,1 + 0,875 AA$			<0,001

Leyenda: Alt: Altura; A.O. Altura Ojo; A. A: Altura acromio; A.C.: Altura codo; A.I. Altura Iliaca; A. D: Altura Dactylion; A.M.: Altura muñeca; L.P.: Longitud Puño; L.B.: Longitud Brazo; L.A. Minitab-17 p<0, 05.EEE: Error estándar estimado de la regresión.
Fuente: Labrador (2023). Predicción de dimensiones antropométricas en bipedestación y aptitud física de trabajadores y trabajadoras de mano de obra directa industrial venezolana

Combinación de los modelos predictores

A continuación, se presenta la tabla 3 con la combinación de los modelos predictivos tanto en trabajadores como en las trabajadoras, tomando en cuenta los distintos grupos etarios.

Tabla 3. Posible combinación de uso de las ecuaciones de predicción en bipedestación		
Grupo etario	Variable predictora principal	Variables estimadas
Trabajadores 20–29	Altura (Alt)	AC, AA, AO
Trabajadores 30–39	Altura acromio (AA)	AC, Alt, AO
Trabajadores 40–49	Altura (Alt)	AA, AO, AC
Trabajadores 50–59	Altura (Alt)	AA, AO, AC
Trabajadoras 20–29	Altura (Alt)	AC, AA, AO
Trabajadoras 30–39	AA / Alt	AC, Alt, AO
Trabajadoras 40–49	Altura (Alt)	AA, AO, AC
Trabajadoras 50–59	Altura (Alt)	AA, AO, AC

Alt: altura o talla; AO: altura ocular; AA: altura al acromio; AC: altura al codo; AI: altura ilíaca
AM: altura muñeca
Fuente: Labrador (2023). Predicción de dimensiones antropométricas en bipedestación y aptitud física De trabajadores y trabajadoras de mano de obra directa industrial venezolana.

DISCUSIÓN

Dentro de los modelos predictivos obtenidos en los trabajadores, se detectó una fuerte correlación entre la estatura (talla) y las alturas al orbitale (ojo), al acromio (hombro) y al codo. De estas, la estatura y la altura al acromio (hombro) demostraron ser las variables más eficaces para predecir otras dimensiones. Asimismo, se observó una relación notable con la altura del codo en los tres primeros grupos de edad. Estos resultados coinciden con la investigación de Ardila et al.⁽¹¹⁾ quienes también concluyeron que existen vínculos entre la talla y la altura del codo, así como entre la altura orbital y la del acromio, destacando esta última (hombro) como una sólida variable predictora. En el caso de las trabajadoras, se encontró que las ecuaciones de predicción utilizan las mismas variables predictoras (específicamente la altura o talla y la altura al acromio) que las observadas en los trabajadores, y las ecuaciones resultantes son también consistentes. A partir de esto, se puede inferir que la muestra (n=185) utilizada en el estudio cumple con el requisito de homogeneidad. Esta homogeneidad se fundamenta en que dicho grupo es altamente representativo de la población de la Región Central de Venezuela.⁽⁸⁾ Tomando en cuenta lo anterior, la utilidad de estos modelos es de tener unas pocas medidas y el resto obtenerlas de los modelos predictivos, en ese sentido, se toma como ejemplo en el caso de los trabajadores para el grupo etario de 20-29 años, la altura como variables predictora o independiente tal como se observa en los siguientes modelos: Con la altura o talla (Alt) se puede obtener la altura al acromio (A.A): $A.A = 8,7 + 0,7724 \text{ Alt}$ (2) Luego se puede utilizar la siguiente modelo, dado a que se tiene la altura al acromio (A.A), de esa manera puede calcular otra dimensión antropométrica, como es por ejemplo altura al codo (A.C): $AC = 5,04 + 0,7244 A.A.$, con la altura al codo (A.C) y la altura o talla (Alt), se puede obtener la altura al orbital (A.O.): $A.O. = -0,78 + 0,373 \text{ Alt.} + 0,668 A.A$. Visto el uso de los modelos, se demuestra su utilidad. En importante resaltar que, para validar las ecuaciones o modelos predictivos se modelaron comparando con valores reales medidos directamente al trabajador vs los obtenidos a través de los modelos predictivos, para ello se aplicó el estadístico t-student, que dio como resultado que no presentaban diferencias significativas, por lo que son excelentes aproximaciones en cuanto a la predicción de variables antropométricas para los trabajadores venezolanos en bipedestación. Finalmente, esto demuestra que, con solo tener la altura o talla, que es la medición más fácil de obtener, se pueden conseguir a través de los modelos predictivos otras variables que quizás dada su ubicación en el cuerpo retarda y dificulta su medición como, por ejemplo: la altura al ojo, al acromio o hombro y la altura al codo, reduciendo el tiempo de la medición. Esta estrategia es especialmente valiosa en estudios con poblaciones grandes, ya que busca reducir el número total de mediciones. Al hacerlo, se optimiza el proceso, ahorrando significativamente tiempo en la investigación y reduciendo los costos asociados a la recolección de datos.

CONCLUSIONES

Se concluye que el uso de modelos predictivos constituye una alternativa técnica y científicamente viable frente a las mediciones antropométricas tradicionales, tomando en cuenta que se proponen modelos por sexo y edad. Los resultados demuestran que estos modelos permiten obtener estimaciones precisas con un margen de error mínimo, optimizando los tiempos de recolección de datos sin comprometer la confiabilidad de los indicadores evaluados.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún conflicto de interés.

FINANCIAMIENTO

No se obtuvo financiación para el desarrollo de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los trabajadores de las empresas involucradas en las mediciones antropométricas en bipedestación en las zonas Industriales del estado Aragua-Venezuela

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Alejandro Labrador Parra.

Curación de datos: Alejandro Labrador Parra.

Análisis formal: Alejandro Labrador Parra.

Investigación: Alejandro Labrador Parra.

Metodología: Alejandro Labrador Parra.

Administración del proyecto: Alejandro Labrador Parra.

Recursos: Alejandro Labrador Parra.

Supervisión: Alejandro Labrador Parra.

Validación: Alejandro Labrador Parra.

Visualización: Alejandro Labrador Parra.

Redacción – borrador original: Alejandro Labrador Parra.

Redacción – revisión y edición: Alejandro Labrador Parra.

REFERENCIAS

1. Mondelo P, Torada E, Bombardo P. Ergonomía 1. 3a ed. México: Alfaomega Grupo Editor; 2000.
2. Artec Europe. Blog precio de escáner. Luxembourg; 2025. <https://www.artec3d.com/es/prices>
3. Labrador A. Predicción de dimensiones antropométricas en bipedestación y aptitud física en trabajadores y trabajadoras de mano de obra directa industrial venezolana (MODIV) [tesis doctoral]. Maracay: Universidad de Carabobo; 2023.
4. Burgos F, Escalona E. Redes neuronales artificiales para predecir variables antropométricas de trabajadores que laboran en postura sedente. Ing Soc UC. 10(2):108-123.
5. Burgos F. Predicción de dimensiones antropométricas y capacidad aeróbica en trabajadores de mano de obra directa industrial venezolana, aplicables al diseño ergonómico [tesis doctoral]. Valencia: Universidad de Carabobo; 2017.
6. Rincon-Becerra O, Garcia-Acosta G. Estimation of anthropometric hand measurements using the ratio scaling method for the design of sewn gloves. Dyna Rev Fac Nac Minas. 2020;87(215):146-155. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.87984>
7. Escobar C. Perfil antropométrico utilizando el modelo escala proporcional. Rev Acad Chil. 2020;2(2):96-111. <https://share.google/2qKfMLYsNJOi98113>
8. Rodríguez-Larralde A, Castro D, González M, Morales J. Frecuencia génica y porcentaje de mezcla en diferentes áreas geográficas de Venezuela, de acuerdo a los grupos Rh y ABO. Interciencia. 2001;26(1):8-12. <https://www.analesdenutricion.org.ve/publicaciones/384.pdf>
9. Labrador A. Caracterización de una población de trabajadores de mano de obra directa industrial para estudios antropométricos. Rev Conexiones UG. 2023;1(2):1-9. <https://doi.org/10.53591/conug.v1i2.299>
10. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos. Colombia: ICONTEC; 2016. NTC 5654. <https://tienda.icontec.org/gp-requisitos-generales-para-el-establecimiento-de-una-base-de-datos-antropometricos-ntc5654-2016.html>
11. Ardila L, Castro G, Sarmiento V. Caracterización antropométrica en trabajadores de estiba de la plaza mercado de la ciudad de Valledupar. Rev Col Reh. 2015;2(14):66-74. <https://revistas.ecr.edu.co/index.php/RCR/article/view/10>