



ORIGINAL

Reliability of Hand Anthropometric Measurements in Venezuelan Workers: A Pilot Study

Confiabilidad de mediciones antropométricas de la mano en trabajadores venezolanos: un estudio piloto

Misael Ron¹  , Evelin Escalona¹  , Alexis Hermoso²  , Estela Hernández-Runque¹  

¹Programa de Doctorado de Salud Pública. Universidad de Carabobo, Venezuela.

²Programa de Salud Ocupacional. Instituto de Altos Estudios Arnoldo Gabaldón, Venezuela.

Citar como: Ron M, Escalona E, Hermoso A, Hernández-Runque E. Reliability of Hand Anthropometric Measurements in Venezuelan Workers: A Pilot Study. Health Leadership and Quality of Life. 2024; 3:358. <https://doi.org/10.56294/hl2024.358>

Enviado: 03-03-2024

Revisado: 27-07-2024

Aceptado: 06-11-2024

Publicado: 07-11-2024

Editor: PhD. Prof. Neela Satheesh 

Autor para la correspondencia: Misael Ron 

ABSTRACT

Introduction: hand anthropometry is fundamental for ergonomic design and prevention of occupational injuries. In Venezuela, there is a significant gap in specific anthropometric data for the working population, which hinders the adequate design of tools and work equipment.

Method: a quantitative, non-experimental, field pilot study with a descriptive-cross-sectional scope was conducted on 60 workers at a food company in Cagua, Venezuela. Intra- and inter-rater reliability of hand anthropometric measurements (length, width, and circumference) was evaluated using the Intraclass Correlation Coefficient (ICC). The sample size for a larger study was calculated according to the Colombian Technical Standard NTC 5654.

Results: intra-rater reliability showed excellent ICC values for circumference (0,997), width (0,980), and length (0,873). Inter-rater reliability was also excellent: length (0,997), width (0,990), and circumference (0,982). The sample size calculation determined that 184 participants are required for hand length, being the most efficient metric for larger studies.

Conclusions: the measurement methods employed demonstrated high reliability and reproducibility. Hand length emerged as the most suitable variable for anthropometric studies in the Venezuelan working population, requiring a sample of 184 participants stratified by age and gender to ensure population representativeness.

Keywords: Anthropometry; Hand; Pilot Test; Ergonomics; Occupational Health.

RESUMEN

Introducción: la antropometría de la mano es fundamental para el diseño ergonómico y la prevención de lesiones laborales. En Venezuela existe un vacío significativo de datos antropométricos específicos de la población laboral, lo que dificulta el diseño adecuado de herramientas y equipos de trabajo.

Método: se realizó un estudio piloto cuantitativo, no experimental, de campo, con alcance descriptivo-transversal en 60 trabajadores de una empresa de alimentos en Cagua, Venezuela. Se evaluó la confiabilidad intra e inter-evaluador de mediciones antropométricas de la mano (longitud, ancho y circunferencia) mediante el Coeficiente de Correlación Intraclass (ICC). El tamaño muestral para un estudio mayor se calculó según la Norma Técnica Colombiana NTC 5654.

Resultados: la confiabilidad intra-evaluador mostró valores ICC excelentes para circunferencia (0,997), ancho (0,980) y longitud (0,873). La confiabilidad inter-evaluador también fue excelente: longitud (0,997), ancho (0,990) y circunferencia (0,982). El cálculo muestral determinó que se requieren 184 participantes para la longitud de mano, siendo la métrica más eficiente para estudios mayores.

Conclusiones: los métodos de medición empleados demostraron alta confiabilidad y reproducibilidad. La longitud de la mano emergió como la variable más adecuada para estudios antropométricos en población laboral venezolana, requiriendo una muestra de 184 participantes estratificados por edad y género para garantizar representatividad poblacional.

Palabras clave: Antropometría; Mano; Prueba Piloto; Ergonomía; Salud Ocupacional.

INTRODUCCIÓN

La antropometría de la mano es fundamental en múltiples áreas como la ergonomía, la ingeniería de productos, la medicina legal y la biomecánica. Este campo de estudio se centra en la medición de las dimensiones físicas de la mano humana, y los datos obtenidos son esenciales para el diseño de herramientas, equipos y productos que se adapten adecuadamente a la morfología humana, mejorando la calidad de vida y previniendo lesiones.^(1,2)

En el ámbito de la ergonomía, contar con datos antropométricos precisos permite diseñar estaciones de trabajo, herramientas y equipos que se ajusten a las características físicas de los usuarios.⁽³⁾ Esto no solo mejora la eficiencia y comodidad, sino que también reduce el riesgo de accidentes y trastornos musculoesqueléticos.^(4,5) La ingeniería de productos se beneficia al crear objetos que sean funcionales y seguros para una amplia variedad de usuarios.⁽¹⁾

En Venezuela, la necesidad de datos antropométricos específicos de la población laboral es particularmente relevante.⁽⁵⁾ Hasta la fecha, los estudios existentes en el país se han centrado en la población general o en grupos específicos, dejando un vacío significativo en la información disponible sobre los trabajadores que utilizan sus manos intensivamente. Esta ausencia de datos es un obstáculo considerable para diseñar herramientas y equipos que sean seguros y efectivos para esta población específica.⁽¹⁾

El problema se agrava al considerar que la población laboral venezolana incluye a trabajadores en industrias como la manufactura, la construcción, la agricultura y otros sectores donde el uso intensivo de las manos es común.⁽⁵⁾ Sin datos precisos, los riesgos de lesiones laborales aumentan, afectando no solo la salud y el bienestar de los trabajadores, sino también la productividad y la economía. La ausencia de datos antropométricos específicos puede llevar a diseños inadecuados de herramientas y equipos, incrementando el riesgo de lesiones y disminuyendo la eficiencia laboral.^(6,7)

El estudio de Bayraktar y Özşahin⁽¹⁾ resalta la importancia de tener datos antropométricos actualizados y específicos para diferentes poblaciones. Enfatizan cómo las diferencias en morfología entre distintas poblaciones pueden influir en el diseño de productos y equipos. En ausencia de datos locales, se corre el riesgo de utilizar referencias inadecuadas que no reflejan las verdaderas necesidades de la población venezolana. La sistematización de datos antropométricos específicos es crucial para desarrollar herramientas y equipos que se adapten adecuadamente a las características físicas de los trabajadores.⁽³⁾

A pesar de la importancia reconocida de la antropometría de la mano en diversas áreas, en Venezuela no se han realizado estudios exhaustivos que recopilen y sistematicen datos antropométricos específicos de la población laboral.⁽⁵⁾ En tal sentido, Hertzog⁽⁸⁾ destaca la importancia de los estudios piloto en la investigación científica. Estos estudios preliminares son cruciales para identificar y corregir problemas metodológicos antes de llevar a cabo una investigación a gran escala. En el contexto de la antropometría de la mano, un estudio piloto puede ayudar a asegurar que los datos recopilados sean de alta calidad y puedan ser utilizados de manera efectiva para diseñar herramientas y equipos que mejoren la seguridad y eficiencia en el trabajo.

Ante el contexto esbozado, vale la pena citar diversos estudios relacionados con el tema, donde prevalece estudio de Ron y Escalona,⁽⁵⁾ quienes realizaron una revisión sistemática cuyo objetivo fue sintetizar la evidencia disponible a nivel mundial sobre estudios de caracterización antropométrica de la mano en poblaciones laborales entre 2009-2019. Para ello, se exploraron bases de datos bibliográficas como PubMed, Scielo, Bireme, Lilacs, así como fuentes de literatura gris como tesis y reportes técnicos.

Esta misma revisión evidenció la escasez de investigaciones en Venezuela, siendo la única referencia local fue la tesis doctoral de Burgos en 2017⁽⁸⁾, cuyo enfoque estuvo centrado en variables antropométricas generales más no específicas de la mano, midiendo únicamente longitud y anchura.

Desde esta premisa, la antropometría se define como el estudio de las dimensiones y proporciones del cuerpo humano. Este campo es crucial para varias disciplinas, incluyendo la ergonomía, el diseño industrial y la medicina, proporcionando datos esenciales que permiten la creación de productos y entornos que se ajusten adecuadamente a las características físicas de los usuarios. En el contexto de la ergonomía, la antropometría permite diseñar herramientas y espacios que maximicen la eficiencia y comodidad del usuario, reduciendo el riesgo de lesiones y mejorando el rendimiento.⁽³⁾

En este sentido, es importante conocer algunas teorías que dan cuenta de las llamadas pruebas piloto,

donde su diseño e implementación en antropometría de la mano son fundamentales para evaluar la viabilidad y la adecuación de los procedimientos antes de un estudio a gran escala. El estudio piloto debe ser diseñado como un ensayo preliminar, generalmente de naturaleza descriptiva y transversal. Este tipo de estudio permite evaluar la metodología y la logística antes de llevar a cabo un estudio a gran escala. La selección de la muestra será aleatoria o por conveniencia, asegurando representatividad en términos de edad, sexo y otras características relevantes. Un tamaño de muestra adecuado para un estudio piloto suele estar entre 20 y 50 participantes, suficiente para identificar posibles problemas metodológicos y logísticos.⁽⁹⁾

Por otro lado, los protocolos de medición deben estar estandarizados para asegurar la consistencia y la fiabilidad de los datos recogidos. Estos procedimientos incluyen definir claramente cómo debe posicionarse el sujeto durante la medición, ya sea sentado o de pie, con la mano en una posición relajada o extendida. Además, se deben especificar las técnicas exactas para tomar cada medida, utilizando puntos anatómicos específicos como referencias. Por ejemplo, el largo de la mano se mide desde la punta del dedo medio hasta el pliegue proximal de la muñeca.⁽¹⁰⁾ También es fundamental asegurar que las mediciones se realicen en condiciones ambientales controladas para minimizar las variaciones debidas a factores externos como la temperatura y la humedad.⁽³⁾

El estudio de la antropometría de mano en poblaciones laborales venezolanas permite, a su vez a la empresa estudiada, ajustarse desde el punto de vista legal a diversas normativas nacionales vigentes, donde destacan: a) La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela⁽¹¹⁾ en cuyo Art. 87 establece el derecho a trabajar en condiciones de seguridad, higiene y ambiente de trabajo adecuados. b) Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT) Artículo 59: Obliga a que el trabajo se desarrolle en condiciones adecuadas que aseguren el más alto grado de salud física y mental para los trabajadores, adaptando los métodos y sistemas utilizados a sus características y el Art. 60: Especifica que los empleadores deben adecuar los métodos de trabajo y las herramientas utilizadas a las características antropométricas de los trabajadores, indicando que se deben realizar estudios pertinentes para introducir cambios en los puestos de trabajo existentes y al implementar nuevas tecnologías.⁽¹²⁾

En este orden, el nominal (c) de la Norma Técnica para el Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado Manual de Carga (NT-03) Art 1: Establece la necesidad de regular la manipulación, levantamiento y traslado manual de cargas considerando las características del proceso de trabajo y del ambiente, con el objetivo de prevenir lesiones músculo-esqueléticas l y Art. 11, el cual resalta la obligación de adecuar las maquinarias, equipos y herramientas a las condiciones antropométricas, físicas y psicológicas de los trabajadores, con la finalidad de facilitar la manipulación, levantamiento y traslado de cargas.⁽¹³⁾

Debido a lo anteriormente expuesto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar las medidas antropométricas de la mano y establecer un proceso metodológico que garantice la obtención de datos confiables y validados en la población laboral venezolana. Para alcanzar este propósito, se planteó determinar la confiabilidad de las mediciones tanto a nivel intra-evaluador como inter-evaluador, evaluar su reproducibilidad y establecer el tamaño muestral óptimo que asegure la representatividad de los parámetros antropométricos en esta población.

MÉTODO

Este estudio cuantitativo siguió un diseño no experimental, de campo, con alcance descriptivo-transversal, enfocado en la población trabajadora de una empresa de alimentos ubicada en Cagua, estado Aragua, Venezuela. La muestra, calculada según los criterios de Viechtbauer et al.⁽¹⁴⁾, se estableció en 60 individuos, con una distribución por género de 67 % hombres y 33 % mujeres, estratificada por grupos etarios: 32,5 % (20-29 años), 35,0 % (30-39 años), 23,1 % (40-49 años) y 9,4 % (50-59 años), siguiendo la metodología de Burgos y Escalona.⁽⁸⁾

Los criterios de inclusión establecidos fueron: trabajadores adultos comprendidos entre 20 y 59 años; hombres y mujeres; trabajadores sin condiciones médicas preexistentes que afecten significativamente la fuerza de la mano o la función músculo esquelética; trabajadores de diversas ocupaciones que requieran el uso regular de la fuerza de la mano; mínimo de 6 meses en el puesto actual; participación voluntaria con la firma del consentimiento informado; y disponibilidad para asistir a sesiones de medición repetidas en diferentes días.

Las mediciones se realizaron siguiendo un protocolo estandarizado.⁽¹⁰⁾ Los participantes fueron evaluados en posición sedente, con el antebrazo apoyado sobre una superficie plana, el codo flexionado a 90 grados y la mano extendida horizontalmente. Para las mediciones generales de la mano, los dedos se mantuvieron en aducción (juntos), mientras que para las mediciones individuales se solicitó la abducción (separados).

Se utilizó un calibrador vernier digital (precisión $\pm 0,01$ mm) para las mediciones lineales y una cinta métrica flexible para las circunferencias. Los puntos anatómicos de referencia fueron marcados previamente con un lápiz demográfico para garantizar la consistencia de las mediciones. Cada dimensión fue medida tres veces por el mismo evaluador, con un intervalo de 2 minutos entre mediciones, registrando el valor promedio. Para el análisis inter-evaluador, un segundo examinador realizó el mismo procedimiento de forma independiente, sin conocer los resultados previos.

Las mediciones se efectuaron en condiciones ambientales controladas. Los datos fueron registrados inmediatamente en formularios estandarizados y posteriormente transferidos a una base de datos digital para su análisis.

Los evaluadores recibieron entrenamiento en el uso correcto de los instrumentos de medición, prácticas de medición estandarizadas y evaluaciones periódicas para mantener un alto nivel de competencia y precisión en la recolección de datos.⁽¹⁵⁾

Pruebas De Fiabilidad

Para evaluar la consistencia y reproducibilidad de las mediciones antropométricas de la mano (longitud, ancho y circunferencia), se calcularon los coeficientes de correlación Intraclase (ICC) bajo dos modelos: intra-evaluador (ICC (3,1)) e inter-evaluador (ICC (2,1)). El ICC (3,1) se utilizó para determinar la confiabilidad dentro de un mismo evaluador a través de mediciones repetidas, mientras que el ICC (2,1) evaluó la consistencia entre dos evaluadores independientes. Estas métricas son ampliamente aceptadas en estudios de confiabilidad y reproducibilidad, ya que permiten descomponer la varianza atribuible a diferentes fuentes y cuantificar la consistencia general.^(16,17)

Para evaluar la consistencia intra-evaluador, se realizaron tres mediciones consecutivas de cada dimensión por un único evaluador, utilizando el modelo de efectos mixtos (ICC (3,1)). Este modelo considera las personas como una población fija y las mediciones como específicas al evaluador, excluyendo la varianza atribuida a la interacción entre ambos.⁽¹⁷⁾ Por otro lado, el análisis inter-evaluador se realizó midiendo cada dimensión en cada participante por al menos dos evaluadores diferentes, aplicando el modelo de efectos aleatorios (ICC (2,1)). Este modelo permite generalizar los resultados a una población más amplia de evaluadores y participantes, considerando las varianzas entre evaluadores y participantes como componentes principales.⁽¹⁶⁾

Además, se generaron intervalos de confianza al 95 % y pruebas F para evaluar la significancia estadística de los resultados ($p < 0,05$).

La interpretación de los valores del CCI siguió la escala de Landis y Koch.⁽¹⁸⁾

Valor de ICC	Nivel de Acuerdo
< 0,00	Pobre
0,00 - 0,20	Ligero
0,21 - 0,40	Aceptable
0,41 - 0,60	Moderado
0,61 - 0,80	Sustancial
0,81 - 1,00	Excelente

Para estimar el tamaño muestral requerido en una investigación de mayor envergadura, se aplicó el procedimiento descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 5654⁽¹⁹⁾, reconocida por su efectividad en estudios antropométricos. El método considera la interacción entre el coeficiente de variación (CV) y el nivel de confianza para asegurar resultados estadísticamente representativos. Como variable de referencia se utilizó la medición inicial de fuerza de la mano derecha del evaluador A, seleccionada por su capacidad para caracterizar la población objetivo y su variabilidad óptima para la aplicación de esta metodología, particularmente apropiada para variables antropométricas que siguen una distribución normal.

El método define la fórmula para estimar el tamaño de muestra (n) como:

$$n = \left(\frac{Z \cdot CV}{a} \right)^2$$

Dónde:

Z: Valor crítico asociado al nivel de confianza (por ejemplo, $Z=1,96$ para un nivel de confianza del 95 %).

CV: Coeficiente de variación, calculado como la relación entre la desviación estándar (σ) y la media (μ).

a : Precisión relativa o error admisible, definido en este caso como 5 % ($\alpha=0,05$).

El análisis estadístico se realizó mediante SPSS versión 26, incluyendo medidas de tendencia central, dispersión y pruebas F para evaluar la variabilidad. El estudio se condujo bajo los lineamientos éticos establecidos en el Código de Bioética de Fonacit,⁽²⁰⁾ garantizando la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 3 mediciones de longitud, ancho y circunferencia de la mano, por dos evaluadores en 60 sujetos sanos, para la mano derecha por ser la mano dominante predominante en la muestra (88,33 %), resultando 1080 mediciones en total. El promedio de la edad de los sujetos del estudio fue de 34,6 años, con una desviación estándar de $\pm 10,8$ años. La distribución de género de los sujetos fue de 20 mujeres y 40 hombres.

Confiabilidad intra-evaluador

La consistencia intra-evaluador, evaluada mediante el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC), permite determinar el grado de estabilidad de las mediciones repetidas realizadas por un único evaluador. Este análisis forma parte de una prueba piloto cuyo objetivo es validar los métodos de medición empleados para evaluar tres variables clave de la mano derecha: longitud, ancho y circunferencia. Los resultados de esta validación serán determinantes para su implementación en estudios mayores. Los resultados obtenidos a partir del análisis de las mediciones repetidas se presentan en la tabla 2.

Métrica	ICC (3,1)	ICC (3,k)	Límite Inferior 95 % CI	Límite Superior 95 % CI	Valor F	p-valor
Longitud	0,873	0,954	0,813	0,917	21,575	<0,001
Ancho	0,980	0,993	0,969	0,987	146,479	<0,001
Circunferencia	0,997	0,999	0,995	0,998	864,862	<0,001

De acuerdo a esto, la circunferencia destaca como la métrica más confiable, con un ICC (3,1) de 0,997 y un ICC (3,k) de 0,999. Estos valores reflejan una confiabilidad casi perfecta tanto en las mediciones individuales como en las promediadas. Los intervalos de confianza estrechos (0,995–0,998) refuerzan la estabilidad de las mediciones e indican que el método utilizado para realizar las mediciones en las tres variables es robusto y se pueden usar para estudios mayores.

El ancho también muestra una excelente consistencia intra-evaluador, con un ICC (3,1) de 0,980 y un ICC (3,k) de 0,993. Aunque ligeramente inferior a la circunferencia, los valores obtenidos indican que las mediciones de ancho son altamente confiables. Los intervalos de confianza (0,969–0,987) son estrechos, lo que asegura estabilidad en las mediciones individuales y promedio. El alto valor del F estadístico (146,479, $p < 0,001$) respalda la significancia de la consistencia observada.

La longitud, aunque menos consistente que las otras métricas, presenta un ICC (3,1) de 0,873 y un ICC (3,k) de 0,954. Estos valores son indicativos de una consistencia excelente según los estándares de interpretación del ICC ($ICC > 0,90$). Sin embargo, la longitud presenta una mayor variabilidad en comparación con el ancho y la circunferencia, lo que podría deberse a factores anatómicos. Los intervalos de confianza (0,813–0,917) son más amplios que en las otras métricas.

En las tres variables medidas, el ICC (3,k) de promedios es consistentemente superior al ICC individual, lo que indica que el promedio de las mediciones reduce el error aleatorio y mejora la confiabilidad. Esto es particularmente relevante para la longitud, donde el incremento en consistencia es notable.

Confiabilidad Inter-evaluador

En estudios antropométricos, evaluar la consistencia de las mediciones entre diferentes evaluadores es esencial para garantizar la reproducibilidad de los datos y la validez de los métodos utilizados. El coeficiente de correlación intraclase (ICC) es un indicador ampliamente aceptado para evaluar la confiabilidad inter-evaluador. Este análisis, realizado en el contexto de una prueba piloto, incluyó tres variables clave de la mano: longitud, ancho y circunferencia.

Métrica	ICC (2,1)	ICC (2,k)	Límite Inferior 95 % CI	Límite Superior 95 % CI	Valor F	p-valor
Longitud	0,997	0,999	0,995	0,998	727,475	<0,001
Ancho	0,99	0,995	0,984	0,994	208,756	<0,001
Circunferencia	0,982	0,991	0,97	0,989	111,668	<0,001

En la tabla 3 se muestra los resultados del análisis inter-evaluador para las mediciones de longitud, ancho y

circunferencia de la mano derecha y de acuerdo a los resultados se evidencian altos niveles de confiabilidad. La longitud presentó un ICC (2,1)=0,997 y un ICC (2,k)=0,999, lo que indica una confiabilidad casi perfecta tanto en mediciones individuales como en mediciones promediadas. Los intervalos de confianza (0,995–0,998) bastante reducidos refuerza la estabilidad de los datos entre los evaluadores. El valor del F estadístico (727,475, $p<0,001$) respalda la consistencia observada, confirmando así que las diferencias entre evaluadores son insignificantes. Esto posiciona a la longitud como una métrica sólida y reproducible para estudios que requieran múltiples evaluadores.

El ancho mostró igualmente una excelente confiabilidad inter-evaluador, con un ICC (2,1)=0,990 y un ICC (2,k)=0,995. Aunque ligeramente inferior a la longitud, los intervalos de confianza son consistentes, lo que asegura estabilidad en las mediciones. El valor del F estadístico (208,756 $p<0,001$) confirma la alta significancia estadística de los resultados. Esto indica que el método utilizado para medir el ancho es confiable y adecuado para su implementación en estudios de mayor envergadura.

En este mismo orden de ideas, la circunferencia presentó un ICC (2,1)=0,982 y un ICC (2,k)=0,991, lo que también indica una buena confiabilidad tanto para datos individuales como para los promediados. Los intervalos de confianza (0,970–0,989) son algo más amplios, reflejando una mayor variabilidad relativa entre evaluadores, sin embargo, el valor del F estadístico respalda la solidez del método, validando la circunferencia como una métrica confiable en un contexto inter-evaluador.

En comparación, la longitud muestra los valores más altos de confiabilidad inter-evaluadores, seguida por el ancho y, finalmente, por la circunferencia. Estas diferencias podrían atribuirse a las características intrínsecas de cada métrica y la facilidad para estandarizar el procedimiento de medición. Aunque las tres métricas son altamente confiables, los resultados indican que la longitud es la métrica más adecuada para su uso en estudios que requieran alta reproducibilidad.

Calculo muestral y estratificación

El tamaño de muestra es un elemento crítico en el diseño de estudios antropométricos, ya que influye directamente en la precisión y validez de los resultados. En esta investigación se calcularon los tamaños de muestra necesarios para medir con un margen de error admisible del 1 % tres variables clave de la mano derecha: longitud, ancho y circunferencia. Los resultados mostrados en la tabla 4 reflejan las diferencias en la variabilidad inherente a cada métrica y las implicaciones de esta variabilidad en los requerimientos de muestra.

Variable	Media (mm)	Desviación Estándar (mm)	Margen de Error (1 %) (mm)	Tamaño de Muestra
Longitud	184,38	12,75	1,84	184
Ancho	81,27	21,22	0,81	2 619
Circunferencia	207,18	17,12	2,07	262

Los resultados muestran que la longitud, con una media de 184,38 mm y una desviación estándar de 12,75 mm requiere un tamaño de muestra de 184 participantes, destacándose como la métrica más eficiente y estable. Por otro lado, el ancho, con una media de 81,27 mm y una desviación estándar de 21,22 mm, necesita un tamaño de muestra de 2 619 participantes para alcanzar el mismo nivel de precisión, reflejando una alta variabilidad que puede atribuirse a la heterogeneidad anatómica o la complejidad del método de medición. Finalmente, la circunferencia, con una media de 207,18 mm y una desviación estándar de 17,12 mm, requiere un tamaño de muestra intermedio de 262 participantes.

Ahora bien, en base en los resultados obtenidos, la longitud se muestra como la métrica más adecuada para estudios antropométricos de la mano humana en poblaciones laborales venezolanas debido a su balance entre consistencia y eficiencia. El análisis del coeficiente de correlación intraclase (IC) respalda esta elección: la longitud mostró una confiabilidad intra-evaluador alta (ICC(3,1)=0,873 y una consistencia inter-evaluador casi perfecta (ICC(2,1)=0,997). Esta última métrica es especialmente relevante en estudios que involucren múltiples operadores, donde la reproducibilidad entre evaluadores es crítica (Shrout & Fleiss, 1979; Koo & Li, 2016). Además, el menor tamaño de muestra requerido para alcanzar un margen de error del 1 % destaca la eficiencia de la longitud frente al ancho y la circunferencia, optimizando recursos sin comprometer la precisión.

Para garantizar que la muestra sea representativa de la población, el tamaño calculado para la longitud de la mano ($n=184$) se distribuyó proporcionalmente según los grupos de edad y género recomendados por Labrador (2023)⁽²¹⁾ para la población trabajadora industrial en Venezuela. Este método asegura que la composición de la muestra refleje de manera adecuada las características demográficas de la población objetivo, logrando una distribución balanceada en términos de género y rangos etarios. Los resultados finales de la estratificación se

presentan en la tabla 5.

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total
20-29	22	9	31
30-39	36	12	48
40-49	56	11	67
50-59	33	5	38
Totales	147	37	184

CONCLUSIONES

- Los resultados de esta prueba piloto validan los métodos empleados para medir la longitud, el ancho y la circunferencia de la mano derecha. La alta consistencia observada respalda su implementación en estudios mayores donde múltiples evaluadores estén involucrados. Además, por su alta precisión debe considerarse en aplicaciones críticas como estudios ergonómicos o diseños biomecánicos.
- La circunferencia mostró la mayor consistencia intra-evaluador, con un ICC (3,1)=0,997, lo que la posiciona como la métrica más confiable dentro de un mismo evaluador.
- La longitud demostró la mayor confiabilidad inter-evaluador, con un ICC (2,1)=0,997, siendo altamente reproducible entre diferentes evaluadores.
- La longitud, con un tamaño de muestra requerido de n=184 para un margen de error del 1 %, es la variable más adecuada para estudios mayores debido a su balance entre consistencia, reproducibilidad y eficiencia metodológica.
- La muestra calculada para la longitud fue estratificada proporcionalmente por edad y género, asegurando representatividad y validez externa para la población trabajadora industrial venezolana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bayraktar NK, Özşahin E. Anthropometric measurement of the hand. *East J Med.* 2018;23(4):298-301. doi:10.5505/ejm.2018.03164
2. Ron M. Impacto de la sociedad de consumo en la antropometría de las poblaciones y la importancia de su análisis en la prevención de riesgos laborales. *Educ Salud Bol Cient Inst Cienc Salud Univ Autón Estado Hidalgo.* 2022;10(20):38-41.
3. Pheasant S, Haslegrave CM. *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work.* 3rd ed. Boca Raton: CRC Press; 2005.
4. Zhuang Z, Bradtmiller B. Head-and-face anthropometric survey of U.S. respirator users. *J Occup Environ Hyg.* 2005;2(11):567-576. doi:10.1080/15459620500324727
5. Ron M, Escalona E. Revisión sistemática sobre metodologías en estudios de antropometría y fuerza de mano en trabajadores. *Salud Trab.* 2021;29(2):128-145.
6. Ron M, Sánchez LV, Hernández Runque EM, Escalona E. Lesiones por accidentes de mano en trabajadores de una empresa embotelladora venezolana 2014 - 2019. *Rev Cuban Salud Trabajo [Internet].* 2021
7. Ron M. Datos ausentes, trabajadores vulnerables: escasez de información sobre fuerza prensil de mano en trabajadores venezolanos [Editorial]. *Salud Trab.* 2023;31(2):149-150.
8. Burgos F, Escalona E. 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.
9. Hertzog MA. Considerations in determining sample size for pilot studies. *Res Nurs Health.* 2008;31(2):180-191. doi:10.1002/nur.20247
10. Gordon CC, Bradtmiller B, Clauser CE, McConville JT, Tebbetts I, Walker RA. 1988 Anthropometric Survey of U.S. Army Personnel: Methods and Summary Statistics. Natick (MA): United States Army Natick Research,

Development, and Engineering Center; 1989.

11. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 36.860, (30 de diciembre de 1999).

12. Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 38.236, (26 de julio de 2005).

13. Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laborales. Norma Técnica para el Control en la Manipulación, Levantamiento y Traslado Manual de Carga (NT-03-2016). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 40.973, (24 de agosto de 2016).

14. Viechtbauer W, Smits L, Kotz D, Budé L, Spigt M, Serroyen J, et al. A simple formula for the calculation of sample size in pilot studies. *J Clin Epidemiol*. 2015;68(11):1375-9. doi: 10.1016/j.jclinepi.2015.04.014

15. Kroemer KHE. *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. 2nd ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall; 2001.

16. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86(2):420-8. doi: 10.1037/0033-2909.86.2.420

17. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med*. 2016;15(2):155-63.

18. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33(1):159-74.

19. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). NTC 5654: Requisitos generales para el establecimiento de una base de datos antropométricos. Bogotá: ICONTEC; 2008.

20. Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Código de Bioética del Investigador. Caracas: FONACIT; 2008

21. Labrador A. Caracterización de una población de trabajadores de mano de obra directa industrial para estudios antropométricos. *Conexiones UG*. 2023;1(2):13-21.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Curación de datos: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Análisis formal: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Investigación: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Metodología: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Administración del proyecto: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Recursos: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Software: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Supervisión: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Validación: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Visualización: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Redacción - borrador original: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.

Redacción - revisión y edición: Misael Ron, Evelin Escalona, Alexis Hermoso, Estela Hernández-Runque.