

## Validación de Sistema de Medición Antropométrica con Escáner 3d bajo las normas UNE-EN ISO20685 y NTC ISO10012

### Validation of the Anthropometric Measurement System with 3d Scanner under the UNE-EN ISO20685 & NTC ISO10012 standards

\*Juan Fernando Arenas Betancur, \*\*Jairo Alonso Palacio Morales, \*\*César Augusto Rodríguez Ledesma

\*Institución Universitaria Pascual Bravo (Colombia), \*\*Instituto Tecnológico Metropolitano (Colombia)

**Resumen.** El objetivo de este estudio fue analizar la posibilidad de obtener bases de datos antropométricas compatibles internacionalmente con la ayuda de un escáner corporal 3D. La muestra se compuso de 21 sujetos femeninos con edades de 18 a 30 años, y 21 sujetos masculinos entre 14 y 17 años. Para lograr el objetivo se llevó a cabo la validación de un sistema de medición con escáner 3D con base en la norma UNE-EN ISO 20685 y para el aseguramiento metroológico se siguieron los lineamientos de la NTC ISO 10012. Para la validación se llevó a cabo una prueba piloto con 42 sujetos donde se tomaron tres medidas en tres secciones corporales así, arco medial ileocrestal, perímetro abdominal, y longitud C7 - L4. Posteriormente se realizó una captura digital con un escáner 3D marca SENSE y se tomaron las mismas medidas de modo digital con el software FUSION 360 de AUTODESK. Finalmente se compararon ambos resultados para determinar si se encontraban dentro del máximo error permitido entre el valor extraído y el valor de la medición tradicional, y de este modo se pudo establecer la exactitud de las dimensiones corporales extraídas con el respectivo escáner 3D. Los resultados arrojaron una mayor incertidumbre en la medición perimetral, una incertidumbre media en la medición cintura cuello, y la menor incertidumbre de la medición se halló en la medición del arco medial ileocrestal. En conclusión, solo este cumple con la norma al estar por debajo del máximo error permitido.

**Palabras clave:** Antropometría; Metrología; Validación; Incertidumbre en la medición.

**Abstract.** The objective of this study was to analyze the possibility of obtaining internationally compatible anthropometric databases with the help of a 3D body scanner. The sample was made up of 21 female subjects between the ages of 18 and 30, and 21 male subjects between the ages of 14 and 17. To achieve the objective, the validation of a measurement system with a 3D scanner was carried out based on the UNE-EN ISO 20685 standard and for metrological assurance the guidelines of the NTC ISO10012 were followed. For validation, a pilot test was carried out with 42 subjects where three measurements were taken in three body sections as follows: medial ileocrestal arch, abdominal perimeter, and C7 - L4 length. Subsequently, a digital capture was made with a SENSE brand 3D scanner and the same measurements were taken digitally with AUTODESK's FUSION 360 software. Finally, both results were compared to determine if they were within the maximum error allowed between the extracted value and the value of the traditional measurement, and in this way, it was possible to establish the accuracy of the body dimensions extracted with the respective 3D scanner. The results showed a greater uncertainty in the perimeter measurement, a medium uncertainty in the neck-waist measurement, and the lowest measurement uncertainty was found in the measurement of the medial ileocrestal arch. In conclusion, only this complies with the standard as it is below the maximum allowed error.

**Keywords:** Anthropometry; Metrology; Validation; Measurement uncertainty.

Fecha recepción: 09-11-22. Fecha de aceptación: 09-05-23

Juan Fernando Arenas Betancur  
j.arenasbe@pascualbravo.edu.co

## Introducción

La antropometría término que proviene del griego *antropos* (hombre) y *metrikos* (medida), se ocupa del estudio cuantitativo de las dimensiones del cuerpo humano y es entendida como el tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano. Panero & Zelnik, (2000). Esta ha sido una herramienta de apoyo para disciplinas como la arquitectura, el diseño, la ergonomía y la salud entre otras. En el campo específico de las ciencias del deporte y de la educación física, la antropometría se ha utilizado para el estudio de la composición corporal y del somatotipo, permitiendo detectar indicadores antropométricos favorables en diferentes disciplinas deportivas a través del seguimiento del desarrollo físico de los deportistas.

Sin embargo, los procesos de medición y recolección de datos antropométricos de forma directa con técnicas tradicionales, requieren de personal técnico especializado como lo expresan García-Chaves, D. et al. (2023), Lozada Medina, J. et al. (2022), Marín, D. et al. (2021), González de los Reyes, Y. et al. (2020), y Maureira Cid, F. et al.

(2019), quienes señalan que dichos estudios deben realizarse por personas que estén certificadas en diferentes niveles del protocolo ISAK (Sociedad Internacional para el Avance de la Kinantropometría), donde se requieren tiempos de medición considerablemente altos, aproximadamente de 45 min a 60 min por sujeto según tabla de ventajas en Nariño Lescay, R. et al. (2016) ya que deben cumplir con el protocolo ISAK y tolerar los tiempos de espera que genera la incomodidad que siente el sujeto de estudio mientras se prepara para cada medición.

El incremento del tiempo de atención a cada sujeto de medición, conlleva un aumento en el costo del procedimiento, dando como resultado, una disminución en el número de la muestra a la hora de realizar estudios antropométricos. Además, desde el punto de vista de los instrumentos para hacer la medición, se necesita cumplir con la guía "Evaluación de datos de medición — Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" JCGM 100:2008 GUM 1995 y con la NTC 10012 las cuales garantizan que el proceso de medición metroológica cumple con estándares nacionales e internacionales y los instru-

mentos de medición se encuentren calibrados y con trazabilidad como lo hacen en Corredor Serrano, L. et al. (2022) antes de hacer las mediciones. Lo anterior se ha hecho con el fin de obtener resultados confiables para incluirse en bases de datos internacionales.

Se analizó entonces la posibilidad de realizar la medición indirecta ya que, según Costa Moreira, O. et al. (2015) no realizan la manipulación de los tejidos donde se hacen las mediciones, el proceso de medición indirecta estaba compuesto por un escáner 3D portátil, una plataforma giratoria y un software que permite crear la figura del objeto de medición y sus medidas. Este proceso permitió disminuir el tiempo de medición como lo muestran en la tabla de ventajas en Nariño et al. (2016) al utilizar este método indirecto entre ocho segundos y 10s por sujeto, ya que el objeto de medición no se sintió incomodo en el proceso y el antropometrista solo necesitaba aplicar del protocolo ISAK la cantidad de las mediciones y no la forma de realizarlas.

Este proceso de medición se realizó en un primer momento con un objeto de forma similar al cuerpo humano, un gabarit (silueta del torso humano del cual se saben sus medidas y las cuales fueron tomadas con instrumentos calibrados) para hallar las diferencias entre las medidas tomadas con el escáner 3d y las medidas, ya conocidas, del gabarit de modo que permitiera hacer un ajuste de cero en el escáner 3d y así flexibilizar dicho procedimiento generando una mayor eficiencia y eficacia en el proceso de medición antropométrica indirecta, dicho proceso se siguió de acuerdo a la norma ISO 20685 norma que intenta asegurar la comparabilidad de las medidas del cuerpo obtenidas con la ayuda de un escáner 3D.

Luego, la antropometría establece una relación entre el cuerpo humano y la metrología, ya que como se muestra en Palma Pulido, L. et al. (2021), Gonzales et al. (2020), Lagunes Carrasco, J. et al (2022), Corredor et al. (2022) y Hernández Mosqueira, C. et al. (2022) genera un vínculo directo con la metrología (La ciencia de las mediciones) porque para poder hacer las mediciones antropométricas, necesita de un cuerpo humano e instrumentos de medición con trazabilidad metrológica, por lo tanto, la antropometría como teoría científica y campo profesional, ha desarrollado una serie de procedimientos y herramientas tecnológicas cada vez más sofisticadas, con el fin de abordar con precisión su objeto de estudio fundamental, la medida del cuerpo humano.

El cuerpo humano a excepción de su esqueleto es blando y, por lo tanto, difícil de medir, Bustamante, A. (2004), y para la captura de modelos corporales a través de un escáner 3D la norma UNE-EN ISO20685 establece la máxima diferencia de medida permitida entre el valor obtenido a través de medición manual y el valor obtenido de la captura con un escáner 3D. Esta norma no se ocupa de reemplazar el instrumento análogo de medición, sino que intenta asegurar la comparabilidad de las medidas del cuerpo según lo especificado por la ISO7250-1 pero tomando medidas con la ayuda de un escáner corporal 3D en

lugar de los instrumentos antropométricos tradicionales como las cintas métricas y los calibradores.

Este artículo es resultado del proyecto “Diseño de un sistema de medición antropométrica con dispositivo semi-automático de captura de modelos corporales digitales con escáner 3D” desarrollado y financiado por la Institución Universitaria Pascual Bravo y por el Instituto Tecnológico Metropolitano (Medellín, Colombia)

En este artículo se plantea una contextualización sobre la ciencia de las mediciones y los sistemas de aseguramiento metrológico al igual que los aspectos generales que conforman la antropometría. Se presenta una revisión de las características generales de los sistemas e instrumentos de medición antropométrica, enfatizando en los más recientes métodos de medición como lo son el escáner corporal. Se da luego una contextualización de la forma de validación entre la norma NTC 10012 y la norma ISO 20685. Posteriormente se presentan los resultados que permiten determinar y concluir sobre el estado de los equipos de medición bajo las especificaciones de la ISO 20685. Para finalmente dar cuenta de los resultados de un estudio de validación donde se tomaron mediciones tanto análogas como digitales con escáner 3D en una muestra de 42 sujetos, 21 femeninos y 21 masculinos.

## Método

Para la implementación de un sistema de aseguramiento metrológico durante el estudio, se aplicó la NTC10012, donde se indica que las medidas deben realizarse con instrumentos calibrados de tal manera que la incertidumbre en la medición cumpla con la normatividad. Se aplicó igualmente la norma ISO 20685(2010), referente normativo para la antropometría cuando se busca obtener las dimensiones del cuerpo humano a través de un escáner 3D, esta norma permitió establecer la viabilidad del uso de un determinado sistema 3D en la construcción de tablas antropométricas que puedan incluirse en bases de datos internacionales como los que se describen en la ISO 15535, estableciendo si las medidas corporales obtenidas con el sistema 3D utilizado en este estudio, eran o no lo suficiente cercanas a aquellas producidas con métodos tradicionales de acuerdo a la ISO 7250.

Acorde a lo establecido en la norma ISO 20685, se llevó a cabo la validación de un sistema de medición antropométrica con escáner 3D partiendo de una prueba de calibración del respectivo escáner. Teniendo los instrumentos calibrados por parte de un laboratorio certificado y con el apoyo de una antropometrista certificada en ISAK II se tomaron tres mediciones en un objeto de prueba de forma similar a las encontradas en humanos (gabarit), y con dimensiones conocidas, así, circunferencia de sección transversal, longitud de arco y distancia entre dos puntos. Se procedió a hacer una captura con escaner 3D al objeto de prueba. Se compararon los resultados y se halló que las diferencias entre las mediciones tomadas de modo directo vs las obtenidas por medio del escaner 3D se mantenían

dentro de los márgenes establecidos por la ISO 20685.

Luego de que el escáner pasara la prueba de calibración, se procedió a la validación del sistema de medición a través de una prueba piloto con 42 sujetos donde se tomaron tres medidas similares a las tomadas en el objeto de prueba, en tres secciones corporales así, arco medial ileocrestal, perímetro abdominal, y longitud C7 - L4. Posteriormente se efectuó la captura digital con un escáner 3D marca SENSE y se tomaron las mismas medidas de modo digital con el software FUSION 360 de AUTODESK. Finalmente se compararon ambos resultados para determinar si se encontraban dentro del máximo error permitido entre el valor extraído y el valor de la medición tradicional, y de este modo se pudo establecer la exactitud de las dimensiones corporales extraídas con el respectivo escáner 3D.

### Alcance

En este estudio se buscó validar el uso de un escáner 3D marca SENSE en un sistema de medición antropométrica con el que puedan obtenerse mediciones del cuerpo humano definidas en ISO 7250-1

### Términos y definiciones

Perímetro abdominal

En este estudio, sección perimetral tomada a partir de marcadores ubicados a la altura del punto más lateral del borde superior de ambas crestas iliacas.

Cresta iliaca

Borde superior del ala del ilion que se extiende hasta el margen de la pelvis mayor.

Arco medial ileocrestal

Sección comprendida entre un marcador ubicado a la altura de la cresta iliaca izquierda y el punto medio del ombligo.

Longitud vertebral

En este estudio, longitud tomada desde las vértebras cervical C7 y lumbar L4.

Punto de referencia anatómico

Punto claramente definido en el cuerpo que puede ser usado para definir medidas antropométricas.

### Selección de las medidas extraídas

Para la validación del escáner 3D, con el fin de utilizar los datos obtenidos compatibles con bases de datos internacionales, de acuerdo con ISO 7250-1 se tomaron las mismas medidas que sugiere la norma para las mediciones de prueba, para su correcta marcación se utilizaron puntos de referencia anatómicos. Ver tabla 1.

Tabla 1.

Equivalencia de medidas, fuente propia		
ISO 7250-1:2008	Mediciones de prueba	Piloto
Longitud antebrazo	Distancia entre dos puntos	Longitud vertebral C7 - L4
Arco Bitragion	Longitud de arco	Arco medial ileocrestal
Perímetro cintura	Circunferencia de sección transversal	Perímetro abdominal

### Valores estándar

El máximo error permitido entre el valor extraído y el

valor de la medición tradicional para las medidas seleccionadas se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Máximo error permitido para medidas equivalentes

Piloto	tipo de medición ISO 20685	Máxima diferencia de medidas (mm)
Longitud vertebral C7 - L4	Segmentos longitudinales	5
Arco medial ileocrestal	Pequeñas circunferencias	4
Perímetro abdominal	grandes circunferencias	9

### Procedimiento para estudio de validación

Los datos antropométricos fueron tomados por un evaluador antropométrico entrenado en la técnica de ISAK (1). Se analizaron tres medidas corporales similares a las tomadas en el objeto de prueba, se evaluó el perímetro abdominal y el arco medial ileocrestal con una cinta métrica Lufkin (sensibilidad de 0,1 cm); y la longitud vertebral (entre las vértebras cervical C7 y lumbar L4) con un equipo pie de rey marca Mitutoyo escala de 80cm y mandíbulas con una profundidad de 20 cm. Todas las medidas se tomaron por duplicado y se verificó la variabilidad entre estas con un criterio del 1% de diferencia, las mediciones que no se encontraban entre este valor se les realizó una tercera medición.,

#### Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue de 42 sujetos, 21 sujetos femeninos (edad  $24 \pm 6$ ) y 21 sujetos masculinos (edad  $15,5 \pm 1,5$ ) asegurando una confianza del 95% en los resultados. Asumiendo que las diferencias observadas entre los valores extraídos y los valores medidos sean normalmente distribuidas, el tamaño mínimo de muestra requerido para la prueba de las diferencias de una sola muestra fue estimado usando la siguiente ecuación, (ISO 20685)

$$n = \frac{s^2}{\delta^2} \times (1,96 + 1,65)^2$$

$s$  Es la desviación estándar de las diferencias entre la medida escaneada y la medida directa

$\delta$  Es la magnitud de las diferencias entre la medida escaneada y la medida directa que debe ser detectada.

1,96 es el valor crítico de z para un nivel de prueba a dos caras de 0,05

1,65 es el valor crítico para un 95% de confianza

### Procedimientos analíticos

#### Estado de los equipos

A continuación, se relaciona el estado de los instrumentos utilizados en el estudio de validación:

#### Pie de rey (Patrón):

Resolución 0,02 mm

Span: 60 cm

Incertidumbre combinada según certificado: 0,015 mm

#### Cinta Lufkin (Patrón):

Resolución 1 mm

Span: 200 cm

Incertidumbre combinada según certificado: 0,8 mm

**Escáner SENSE:**

Resolución: 0,9 mm

Span: 3 m

Incertidumbre, por determinar durante el estudio.

**Proceso de confirmación metroológica**

Para el proceso de validación de las mediciones se desarrolló la estructura esquemática de la Figura 1.

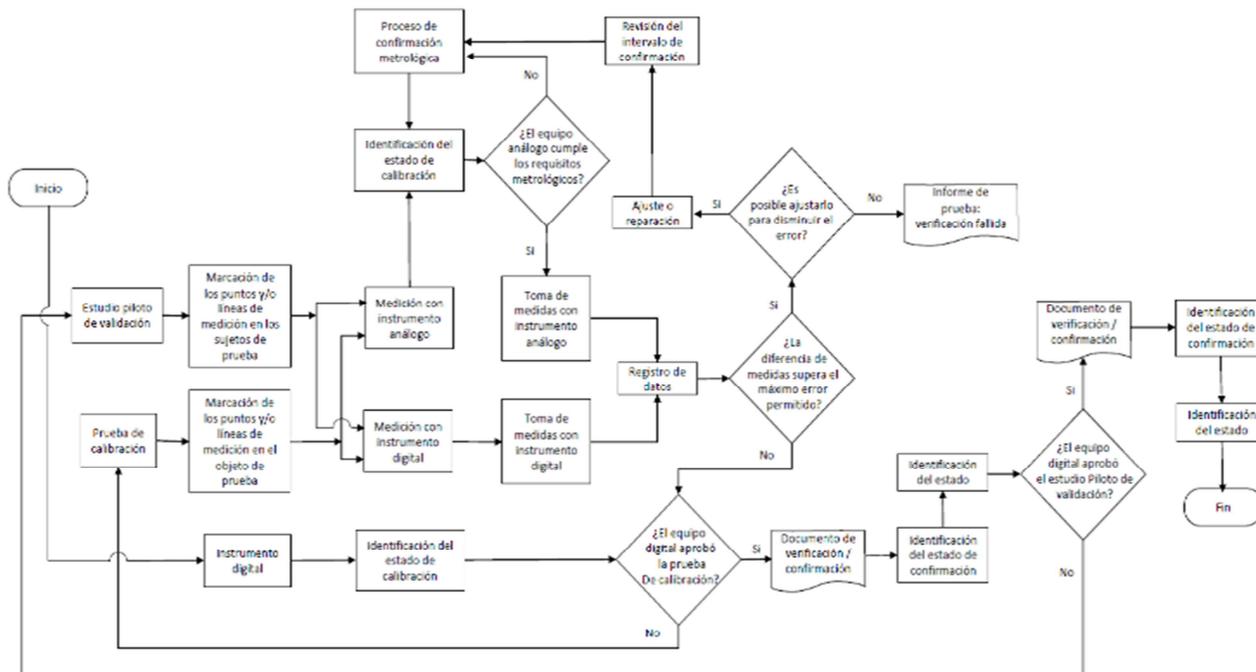


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de confirmación metroológica con base en la NTC ISO 10012

De igual forma se diseñó el formato estructural en el que se registraron las dimensiones obtenidas durante las pruebas de validación del equipo de medición antropométrica. Ver Figura 2.

Laboratorio:				
Evaluado con cinta métrica y pie de rey				
Sexo (H/M):		Fecha:		Edad:
Código asignado:				
Variable	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio
Distancia C7-L4 (cm)				
Arco medial ileocrestal (cm)				
Perímetro de abdomen (cm)				
Evaluado con escáner 3D				
Sexo (H/M):		Fecha:		Edad:
Código asignado:				
Variable	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Promedio
Distancia C7-L4 (cm)				
Arco medial ileocrestal (cm)				
Perímetro de abdomen (cm)				

Figura 2. Formato de registro de las mediciones antropométricas. Elaboración fuente propia

**Prueba Gage R&R**

Para fortalecer las competencias del personal que participó en el estudio, en la operación de los instrumentos, se llevó a cabo una prueba R&R, donde los dos antropometristas realizaron dos repeticiones y 10 muestras midiendo con la cinta Lufkin, de dicha surgieron los siguientes resultados:

Repetibilidad y Reproducibilidad (Gage RR) = 10,85%

Repetibilidad: Variación del equipo (EV) = 0,89%

Reproducibilidad: Variación entre antropometristas

(AV) = 10,82%

**Conclusiones**

Como el Gage R&R está entre el 10% y el 30%, más cercano al 10% se puede afirmar que el proceso fue prácticamente aceptable para la medición.

Como la Reproducibilidad fue mucho mayor que la Repetibilidad significó que los antropometristas necesitaron un mejor entrenamiento en cómo usar y leer el instrumento en las medidas antropométricas.

**Resultados**

En la figura 3 se muestra el gráfico obtenido luego del registro de las mediciones en los 42 sujetos, se observan las diferencias entre las mediciones tomadas con el pie de rey en color azul y las obtenidas con el escáner en color naranja, ambos en la medida cintura cuello. Así mismo se observa como el scanner 3D refleja en un alto porcentaje las mediciones que se obtuvieron con el pie de rey.

En la figura 4 con base en la ecuación de la regresión lineal se observa que el error de cero del scanner es -0,99 cm y el error de span es de +0,021 cm y un factor de correlación del 95,22%, lo que permite concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto al pie de rey fue muy pequeño y con base en la correlación se puede inferir la medición del pie de rey con el scanner 3D en la medición de la cintura cuello post masculinos.

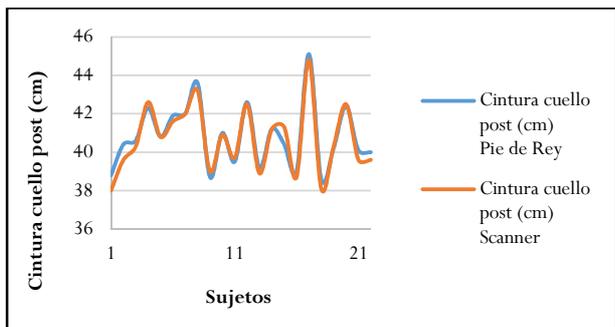


Figura 3. Gráfico comparativo cintura cuello post. masculino con pie de rey y scanner 3D Elaboración fuente propia

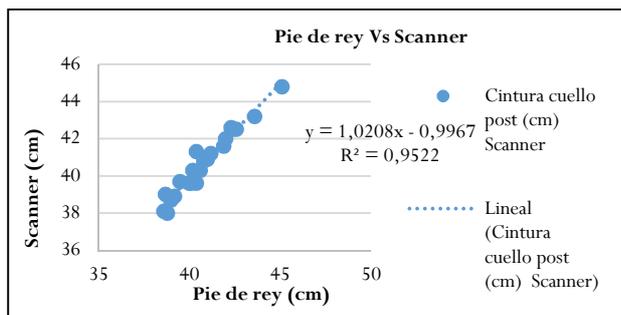


Figura 4. Gráfico comparativo cintura cuello post pie de rey vs scanner. Elaboración fuente propia

La figura 5 muestra que las mediciones obtenidas con el scanner 3D fueron ligeramente superiores a las hechas con la cinta lufkin y en la figura 6 se observa con base en la ecuación de la regresión lineal un error de cero de +3,01 cm y un error de span de -0,87 cm y un factor de correlación de 79,88%, lo que permitió concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto a la cinta lufkin presentó un error significativo y su correlación empezó a mostrar que no se puede inferir la medición de la cinta lufkin con el scanner 3D en la medición del Arco medial ileocrestal masculinos.

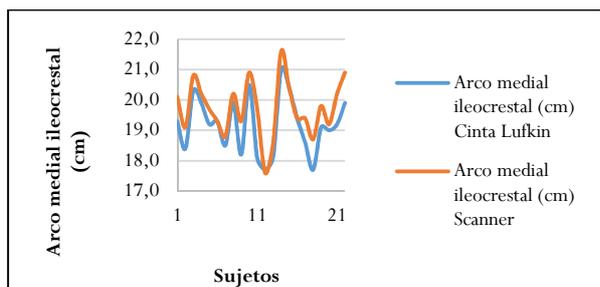


Figura 5. Gráfico comparativo medición Arco medial ileocrestal masculino con cinta lufkin y scanner 3D Elaboración fuente propia

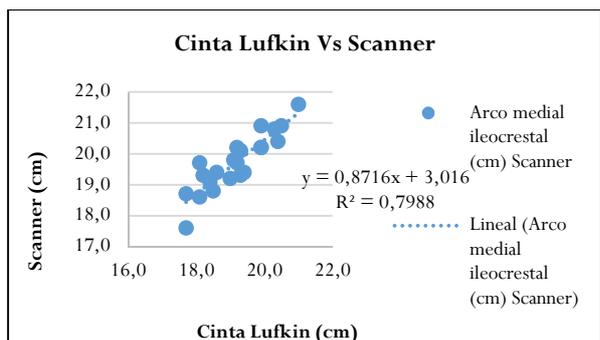


Figura 6. Gráfico comparativo medición Arco medial ileocrestal de cinta Lufkin vs scanner 3D. Elaboración fuente propia

La figura 7 muestra que las mediciones hechas con el scanner 3D fueron ligeramente inferiores a las hechas con la cinta lufkin y en la figura 8 se observa con base en la ecuación de la regresión lineal un error de cero de +3,3087 cm y un error de span de -0,99 cm y un factor de correlación de 92,97%, lo que permitió concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto a la cinta lufkin presentó un error significativo y su correlación permite que se pueda inferir la medición con el scanner 3D en la medición del perímetro del abdomen masculinos.

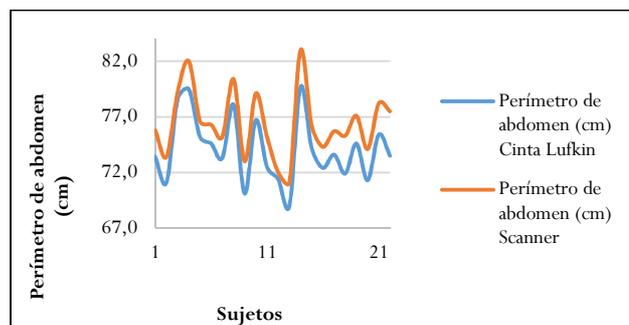


Figura 7. Gráfico comparativo perímetro de abdomen masculino con cinta Lufkin y escáner 3d. Elaboración fuente propia

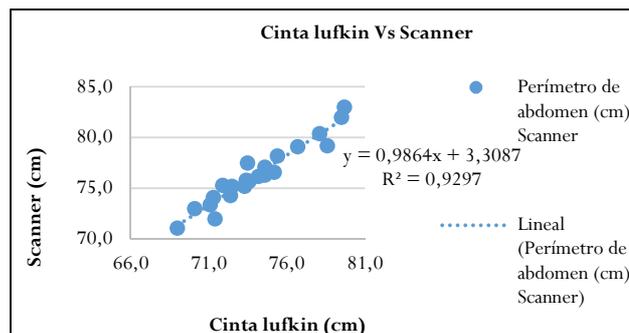


Figura 8. Gráfico comparativo medición perímetro de abdomen de cinta Lufkin vs scanner 3D. Elaboración fuente propia

Con base en las diferentes regresiones lineales se hizo una corrección de cero de 0,2 cm en los valores medidos con el scanner 3D, para hacer las incertidumbres combinadas en el proceso de medición.

#### Incertidumbre en la medición masculina

Scanner 3D (Test):

Incetidumbre Tipo A Cintura cuello post (Scanner vs Pie de Rey) = 3,8 mm

Incetidumbre Tipo A Arco medial ileocrestal (Cinta Lufkin Vs Scanner) = 3,6 mm

Incetidumbre Tipo A Perímetro de abdomen (Cinta Lufkin Vs Scanner) = 7,9 mm

#### Incetidumbre combinada en la medición de Cintura cuello post (Scanner vs Pie de Rey)

$$\mu_c = \sqrt{\mu_{pie\ de\ rey}^2 + \mu_{scanner}^2} = 2,5\ mm$$

Ecuación 1

#### Incetidumbre combinada en la medición de Arco medial ileocrestal (Cinta Lufkin Vs Scanner)

$$\mu_c = \sqrt[3]{\mu_{\text{pie de rey}}^2 + \mu_{\text{cinta lufkin}}^2} = 3,7 \text{ mm}$$

Ecuación 2

**Incertidumbre combinada en la medición de Perímetro de abdomen (Cinta Lufkin Vs Scanner)**

$$\mu_c = \sqrt[3]{\mu_{\text{pie de rey}}^2 + \mu_{\text{cinta lufkin}}^2} = 7,9 \text{ mm}$$

Ecuación 3

**Conclusiones de las incertidumbres combinadas de la medición**

La ecuación 1 cumple con la norma ISO 20685 y está por debajo 5,3 mm, lo que significa que la diferencia entre el scanner 3D y el pie de rey es mínima.

La ecuación 2 se pasa de la norma +0,7 mm, que en la medición antropométrica no es muy significativa, lo que permite concluir que para medir el Arco medial ileocrestal con la cinta es muy recomendable antes hacer muchas mediciones hasta que la prueba Gage R&R muestre que no influyen en la medición.

La ecuación 3 se pasa de la norma +1,9 mm, que en la medición antropométrica es significativa, lo que permite inferir que para medir el Perímetro de abdomen con la cinta es muy recomendable antes hacer muchas mediciones hasta que la prueba Gage R&R muestre que no influyen en la medición.

La figura 9 muestra que el scanner 3D no refleja en un alto porcentaje las mediciones que se hacen con el pie de rey y en la figura 10 con base en la ecuación de la regresión lineal se observa que el error de cero del scanner es + 8,12 cm y el error de span es de -0,815 cm y un factor de correlación del 81,45%, lo que permite concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto al pie de rey es significativo y con base en la correlación no se puede inferir la medición del pie de rey con el scanner 3D en la medición de la cintura cuello post femeninos.

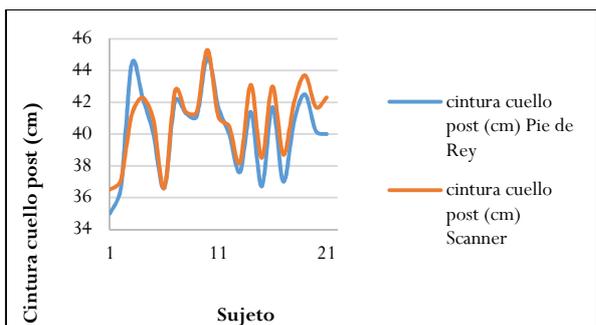


Figura 9. Gráfico comparativo cintura cuello post. Femenino con pie de rey y escáner 3D. Elaboración fuente propia

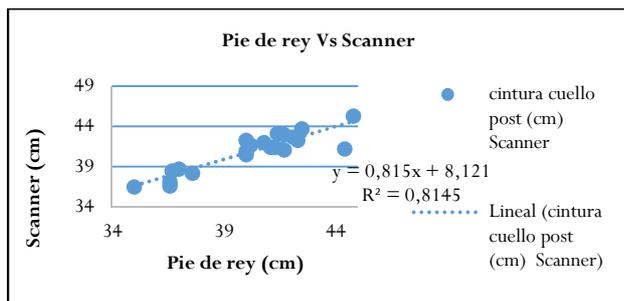


Figura 10. Gráfico comparativo cintura cuello post pie de rey vs scanner. Elaboración fuente propia

La figura 11 muestra que las mediciones hechas con el scanner 3D son ligeramente superiores a las hechas con la cinta lufkin y en la figura 12 se observa con base en la ecuación de la regresión lineal un error de cero de + 0,18 cm y un error de span de 0,0 cm y un factor de correlación de 96,36%, lo que permite concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto a la cinta lufkin presenta un error despreciable y su correlación muestra que se puede inferir la medición de la cinta lufkin con el scanner 3D en la medición del Arco medial ileocrestal femenino.

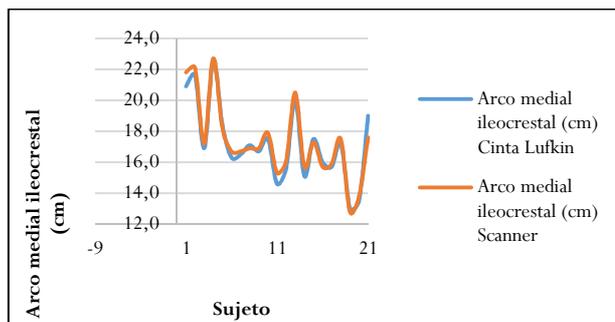


Figura 11. Gráfico comparativo medición Arco medial ileocrestal femenino con cinta Lufkin y escáner 3d. Elaboración fuente propia

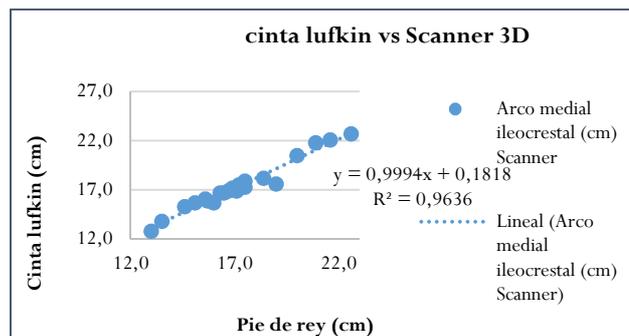


Figura 12. Gráfico comparativo medición Arco medial ileocrestal de cinta Lufkin vs scanner 3D. Elaboración fuente propia

La figura 13 muestra que las mediciones hechas con el scanner 3D son ligeramente superiores a las hechas con la cinta lufkin y en la figura 14 se observa con base en la ecuación de la regresión lineal un error de cero de +5,75 cm y un error de span de -0,01 cm y un factor de correlación de 94,35%, lo que permite concluir que el error de la medición del scanner 3D con respecto a la cinta lufkin presenta un error significativo y su correlación permite que se puede inferir la medición con el scanner 3D en la medición del perímetro del abdomen femenino.

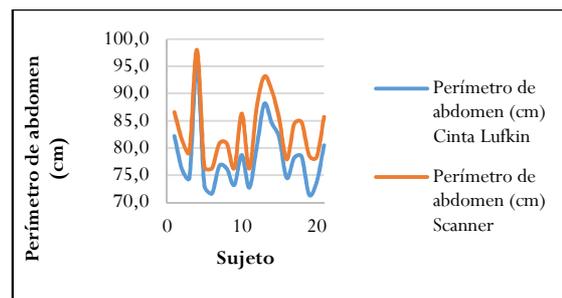


Figura 13. Gráfico comparativo perímetro de abdomen femenino con cinta Lufkin y escáner 3D. Elaboración fuente propia

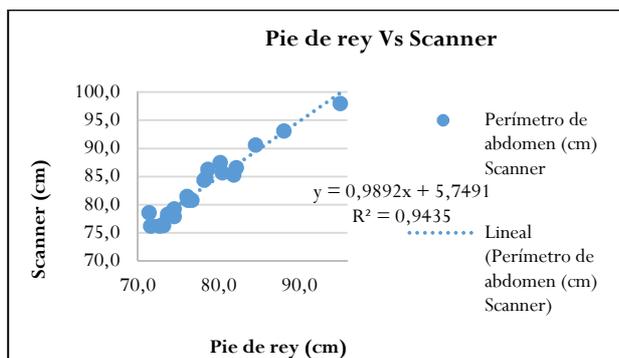


Figura 14. Gráfico comparativo medición perímetro de abdomen de cinta Lufkin vs scanner 3D. Elaboración fuente propia

Con base en las diferentes regresiones lineales se hace una corrección de cero de 0,47 cm en los valores medidos con el scanner 3D, para hacer las incertidumbres combinadas en el proceso de medición.

### ***Incertidumbre en la medición femenino***

*Scanner 3D (Test):*

Incertidumbre Tipo A Cintura cuello post (Scanner vs Pie de Rey) = 9,1 mm

Incertidumbre Tipo A Arco medial ileocrestal (Cinta Lufkin Vs Scanner) = 3,0 mm

Incertidumbre Tipo A Perímetro de abdomen (Cinta Lufkin Vs Scanner) = 13,9 mm

### ***Incertidumbre combinada en la medición de Cintura cuello post (Scanner vs Pie de Rey)***

$$\mu_c = \sqrt[3]{\mu_{\text{pie de rey}}^2 + \mu_{\text{scanner}}^2} = 9,1 \text{ mm}$$

Ecuación 4

### ***Incertidumbre combinada en la medición de Arco medial ileocrestal (Cinta Lufkin Vs Scanner)***

$$\mu_c = \sqrt[3]{\mu_{\text{pie de rey}}^2 + \mu_{\text{cinta lufkin}}^2} = 3,1 \text{ mm}$$

Ecuación 5

### ***Incertidumbre combinada en la medición de Perímetro de abdomen (Cinta Lufkin Vs Scanner)***

$$\mu_c = \sqrt[3]{\mu_{\text{pie de rey}}^2 + \mu_{\text{cinta lufkin}}^2} = 13,9 \text{ mm}$$

Ecuación 6

### ***Conclusiones de las incertidumbres combinadas de la medición***

La ecuación 4 cumple con la norma ISO20685 y está por encima 0,1 mm, que en la medición antropométrica no es muy significativa, lo que permite inferir que para medir la Cintura cuello post con el pie de rey es muy recomendable antes hacer muchas mediciones hasta que la prueba Gage R&R muestre que no influyen en la medición.

La ecuación 5 se pasa de la norma +0,1 mm, que en la medición antropométrica no es muy significativa, lo que conlleva a concluir que medir el Arco medial ileocrestal con la cinta es muy recomendable antes hacer muchas mediciones hasta que la prueba Gage R&R muestre que no influyen en la medición.

La ecuación 6 se pasa de la norma +7,9 mm, que en la medición antropométrica es significativa, lo que conlleva que medir el Perímetro de abdomen con la cinta es muy recomendable antes hacer muchas mediciones hasta que la prueba Gage R&R muestre que no influyen en la medición.

En conclusión, el estudio buscó analizar si era posible obtener bases de datos antropométricas compatibles internacionalmente utilizando un escáner corporal 3D. Se llevó a cabo una validación del sistema de medición con el escáner 3D y se siguieron los lineamientos metrologógicos adecuados para garantizar la precisión de los resultados. Se realizó una prueba piloto con 42 sujetos, donde se compararon las medidas obtenidas con el escáner 3D y las medidas tradicionales para determinar la exactitud del escáner. Los resultados mostraron que la incertidumbre en las medidas perimetrales fue mayor, mientras que la medición del arco medial ileocrestal tuvo la menor incertidumbre y cumplió con la norma establecida. En conclusión, el escáner 3D marca SENSE puede ser utilizado para obtener medidas antropométricas precisas en el campo de las ciencias del deporte y la educación física, siempre y cuando se realice una validación adecuada y se cumplan los lineamientos metrologógicos correspondientes.

### **Referencias**

- Bustamante, A. (2004). Ergonomía, antropometría e indeterminación. *Anuario de psicología*(35), n°4, 439-460. ISSN 0066-5126
- Corredor-Serrano, L. F., García-Chavez, D. C., & Arboleda-Franco, S. A. (2022). Composición corporal y somatotipo en jugadores de baloncesto universitario colombiano por posición de juego (Body composition and somatotype in Colombian college basketball players by playing position). *Retos*(45), pp.364–372. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.85979>
- Costa Moreira, O., Alonso-Aubin, Diego A., Patrocinio de Oliveira, Claudia E., Candia-Luján, R. & de Paz, José A. (2015). Métodos de evaluación de la composición corporal: una revisión actualizada de descripción, aplicación, ventajas y desventajas. *Archivos de Medicina del Deporte*(32), pp.387-394.
- García-Chaves, D. C., Corredor-Serrano, L. F., & Diaz Millan, S. (2023). Relación entre la fuerza explosiva, composición corporal, somatotipo y algunos parámetros de desempeño físico en jugadores de rugby sevens (Relationship between explosive strength, body composition, somatotype and some physical performance parameters in rugby sevens players). *Retos*(47), pp.103–109. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.95549>
- González de los Reyes, Y., Gálvez Pardo, A. Y., & Mendoza Romero, D. (2020). Comparación antropométrica, fuerza explosiva y agilidad en jugadoras jóvenes de baloncesto de Bogotá- Colombia (Anthropometric comparison, explosive strength, and agility in young

- basketball players from Bogotá- Colombia). *Retos*(38), pp.406–410.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.71967>
- Hernández-Mosqueira, C., Castillo-Quezada, H., Peña-Troncoso, S., Hermosilla-Palma, F., Pavez-Adasme, G., Fernandes Da Silva, S., Caniuqueo-Vargas, A., Cresp-Barria, M., Velasquez-Gonzalez, H., & Fernandes Filho, J. (2022). Perfil Antropométrico de Futbolistas profesionales de acuerdo a la posición ocupada en el Campo de Juego (Anthropometric profile of professional football players according to the position occupied in the playing field). *Retos*(44), pp.702–708.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90770>
- International Organization of Standardization. (2010). 3-D Scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases. (ISO Standard 20685:2010(E))
- International Organization of Standardization. (2003). Sistemas de gestión de las mediciones — Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición. (ISO 10012).
- International Organization of Standardization. (2017). Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. (ISO 7250-1).
- International Organization of Standardization. (2013). Requisitos generales para el establecimiento de bases de datos antropométricos. (ISO 15535).
- Joint Committee for Guides in Metrology. (2008). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. (JCGM 100:2008 GUM 1995).
- Lagunes-Carrasco, J. O., García, L. E. C., López-García, R., Legaz-Arrese, A., Navarro-Orocio, R. & Ramírez-López, E. (2022). Un modelo de tres compartimentos de composición corporal para validar una ecuación antropométrica para estimar la grasa en jugadores de fútbol americano (A three-compartment model of body composition for validating an anthropometric equation to estimate fatness in football players). *Retos*(46), pp.404–410.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v46.93737>
- Lozada-Medina, J. L., Santos-Quiroz, Y. F., Cortina Nuñez, M. de J., Hoyos-Espitia, C. A. & Pupo Sfeir, L. E. (2022). Relación de las características antropométricas con la velocidad del balón en el fútbol (Relationship of Anthropometric Variables with speed ball in soccer). *Retos*(43), pp.826–835.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.88462>
- Marín, D. M., Toro Román, V., Pérez, F. J. G., Ibañez, J. C., Pay, A. S., & Alcaraz, B. J. S. (2021). Análisis antropométrico y de somatotipo en jugadores de pádel en función de su nivel de juego (Anthropometric and somatotype analysis between padel players according to their level of play). *Retos*(41), pp.285–290.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.84155>
- Maureira Cid, F., Bravo Rojas, P., Aguilera Godoy, N., Bahamondes Acevedo, V., & Véliz Véliz, C. (2019). Relación de la composición corporal, las cualidades físicas y funciones cognitivas en estudiantes de educación física (Relation between body composition, physical qualities, and cognitive function in students of physical education). *Retos*(36), pp.103–106.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.67496>
- Nariño Lescay, R., Alonso Becerra, A., & Hernández González, A. (2016). Antropometría. Análisis comparativo de las tecnologías para la captación de las dimensiones antropométricas. *Revista EIA*, 13(26), julio-diciembre, pp.47-59.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v13i26.799>
- Palma Pulido, L. H., Méndez Díaz, C. H., Cespedes Manrique, A., Castro Mejía, J. A., Viveros Restrepo, A., Garzón, K. A., Arroyave Aristizabal, A., Cardona, W. A. & Restrepo Ríos, Álvaro J. (2021). Asociación entre la composición corporal y la condición física en estudiantes de grado sexto, pertenecientes a la institución educativa moderna de Tuluá, Colombia año 2019 (Association between body composition and the physical condition in sixth grade st.). *Retos*(39), pp.539–546.  
<https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.77988>
- Panero, J., Zelnik, M. (2000). Las dimensiones humanas en los espacios interiores. México: GG.