

# euro-hand-feet



INSTITUTO DE  
BIOMECÁNICA  
DE VALENCIA

## Informe sobre la estructura de los archivos de datos de pies y manos

Entregable:

E1.1

Paquete de trabajo:

PT1

Responsable:

IBV



GENERALITAT  
VALENCIANA

TOTS  
A UNA  
veu

IVACE  
INSTITUT VALENCIÀ DE  
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL



UNIÓ EUROPEA  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional

Una manera de hacer Europa



## ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS	5
2. MATERIAL Y MÉTODOS	6
2.1. ADQUISICIÓN DE DATOS	7
2.1.1. Datos del escáner de pies	7
2.1.2. Datos del escáner de manos	9
2.2. TRANSFERENCIA DE DATOS AL SERVIDOR	10
2.3. EXTRACCIÓN DE MEDIDAS	10
2.3.1. Medidas de pies escaneados	10
2.3.2. Medidas de manos digitalizadas	12
2.4. COMPARACIÓN ENTRE MEDIDAS TRADICIONALES Y DE ESCÁNER	14
2.4.1. Medidas de pies	14
2.4.2. Medidas de manos	15
2.5. ESTUDIO DE REPETIBILIDAD	16
2.5.1. Medidas de manos	17
2.5.2. Medidas de pies	18



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS

---

En el presente documento se explica el procedimiento que se ha llevado a cabo en el paquete de trabajo **1. Generación de tablas de datos antropométrica de pies y manos** de la segunda anualidad del proyecto Eurohandfeet.

Este paquete de trabajo incluye dos tareas **1.1.- Estudio antropométrico de pies y manos** y **1.2.- Generación de las tablas de datos de pies y manos** con las que se pretendía generar una base de datos de medidas de pies y manos de niñas y niños de la población española entre 4 y 14 años. Los objetivos parciales que se planteaban en esta fase del proyecto son los siguientes:

- La recopilación de datos de pies y manos, ajustado al diseño experimental y a los puntos de adquisición definidos en el año 2016 (proyecto EUROHANDFEET).
- Llevar un control sobre la variabilidad y fiabilidad de los datos durante la realización del estudio para tomar las medidas de corrección oportunas.
- Establecer un método de transferencia periódica de los datos con la finalidad de crear copias de seguridad de los mismos.
- Establecer y llevar a cabo un procedimiento sistemático de revisión de los datos recabados para corregir errores y desviaciones durante el proceso de adquisición en campo.
- Desarrollar las aplicaciones que permitan obtener con facilidad las medidas antropométricas de los pies y las manos digitalizadas.
- Estructurar y desarrollar la base de datos con las categorías de datos necesarias para que las medidas puedan ser agrupadas según las necesidades de los profesionales de los distintos sectores.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

---

La organización y estructura de los archivos ha sido uno de los puntos más importantes del proyecto tanto en la realización del estudio antropométrico como posteriormente en el procesado de los archivos para la extracción de medidas y posterior generación de las bases de datos.

En las fases previas al estudio de campo se desarrollaron los protocolos de medida, en concreto uno para manos y otro para pies, que han servido de referencia durante los procesos posteriores. Estos protocolos se dieron a conocer a los técnicos que iban a participar en el estudio de campo, programadores del software y técnicos de revisión de medidas. Llegar a un consenso en los protocolos es importante ya que con esto se han conseguido ventajas para el desarrollo de la base de datos:

- Anticiparse al desarrollo de aplicaciones para la extracción de medidas.
- Tener trazabilidad sobre los registros realizados a cada participante del estudio.
- Automatizar en la medida de lo posible los procesos de revisión y extracción de medidas para evitar problemas que puedan surgir por la gran cantidad de datos.
- Asegurar un nivel de calidad de los datos recabados que asegure fiabilidad en los resultados.

Los aspectos generales que han permitido lograr estos objetivos son los siguientes:

- El proceso de formación y entrenamiento de los técnicos de medida. Su finalidad es que los técnicos conozcan suficientemente la anatomía del cuerpo y el uso de los instrumentos de medida y sus particularidades, pero además también sirve para consensuar criterios en el protocolo de medición entre el equipo de técnicos.
- La clasificación de los datos de cada participante por colegio y fecha de medida. Facilita el proceso de revisión de medidas posterior a la adquisición, en el que se detectan y corrigen errores de registro que no da tiempo a subsanar durante la toma de medidas en campo.
- La codificación de usuarios: EHFxxxx (Ej: EHF0001----EHF9999). Sirve para alinear los datos procedentes de los diversos sistemas de registro utilizados en la sesión de medida. Por otro lado, hace que el proceso de toma de datos sea anónimo desde el primer momento y, puesto que la codificación es secuencial, permite llevar un recuento del número total de personas medidas durante el estudio de campo.
- El uso de una única unidad de medida. Todas las medidas de longitud anotadas en la hoja de registro, así como aquellas obtenidas a partir de los escaneados de pies y manos, se han registrado en milímetros, de forma que la correspondencia entre dimensiones sea directa y significativa. En el caso de algunas medidas de manos tomadas con instrumentos tradicionales, la medición era anotada como el valor de una etiqueta asignada a cada paso del instrumento. Posteriormente estas etiquetas se transformaron al valor verdadero de la medida, siempre en milímetros, a través de una recodificación de variables.

## 2.1. ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos durante la sesión de medida constaba de cinco fases:

1. Toma de datos demográficos y de caracterización del usuario.
2. Medición del pie con instrumentos tradicionales.
3. Escaneado del pie.
4. Medición de la mano con instrumentos tradicionales.
5. Digitalización de la mano.

Los protocolos de medición con instrumentos tradicionales de pies y manos se encuentran detallados en el entregable **E3.1 Protocolo de adquisición antropométrica de pies y manos** de la anterior anualidad del proyecto, donde pueden ser consultadas las medidas que se tomaban y las particularidades del procedimiento de medida.

A continuación, se describe con detalle el procesado de los datos adquiridos con el escáner de pies y de las imágenes de las manos, así como el posterior montaje de la base de datos antropométricos del estudio.

### 2.1.1. Datos del escáner de pies

El escáner de pies utilizado en el estudio se gestiona mediante el programa INFOOT. Este programa almacena automáticamente los pies escaneados en una ruta local del ordenador con el que se utiliza el escáner, dentro de una carpeta individual creada para cada nuevo registro. La codificación de registros que genera este programa es propia, pero se vincula al código de sujeto del proyecto (Ej: EHF0427) a través de la ficha de nuevo registro que se rellena cada vez que se escanea a un nuevo participante.

Para tener trazabilidad sobre el código automático asignado por el programa INFOOT y el código de sujeto del proyecto, no sólo se tiene la ficha de nuevo registro del programa, sino que también se anotaba el código automático en la hoja de registro de cada participante.

En el momento de escanear el pie del participante se hacía una revisión de la posición de los marcadores físicos adquiridos por el escáner. En caso de que el técnico observase que la posición de dichos marcadores en el escáner no era correcta, se realizaba una edición de los puntos antes de pedir al participante que se quitara los marcadores físicos.

New ✕

Foot ID  Birth year

First name  Height  (cm)

Last name  Weight  (kg)

Free field

Sports  Scan posture

Country  Ethnicity

Threshold  Bare or Socks

Gender

Search result: 0 Hit(s)

Foot ID	Name	Free field	Birth year	Height	Weight	Gender	Sports

Figura 1. Pantalla de registro de un nuevo sujeto en INFOOT

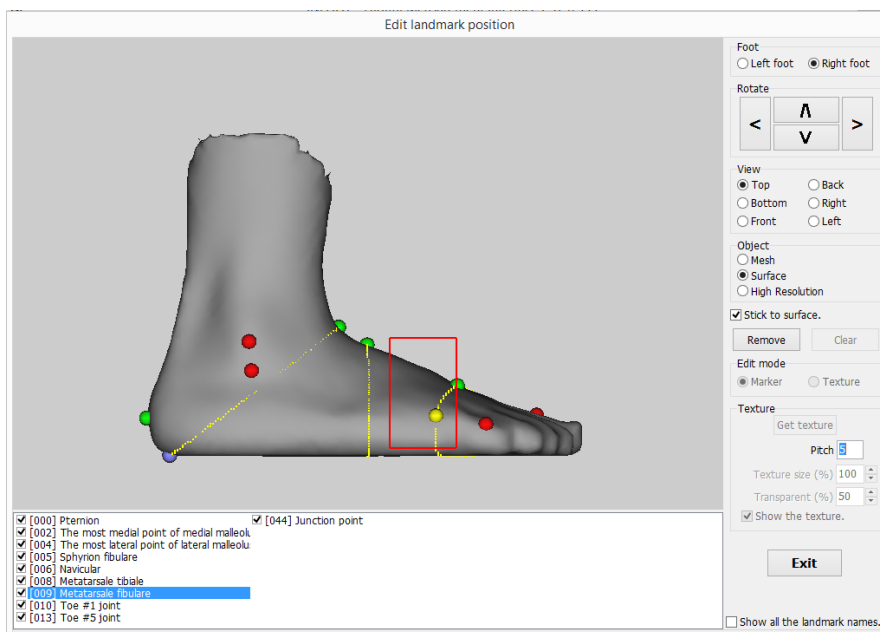


Figura 2. Pantalla de revisión de marcadores del pie en INFOOT

El programa Infotool crea una carpeta individual para cada nuevo registro nombrada con el código automático, que contiene un fichero en formato FBD por cada pie escaneado, ya sea derecho o izquierdo, así como de las distintas repeticiones que se hayan hecho de cada persona.



Por otro lado, los datos que identifican cada registro del escáner y sus medidas, incluidos el código automático y el código del proyecto, se actualizan automáticamente en dos ficheros de donde toma la información el programa INFOOT: **foot\_size.dbf** y **id.dbf**.

### 2.1.2. Datos del escáner de manos

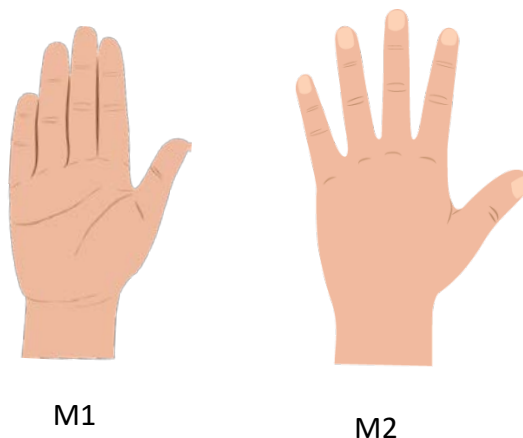
En este apartado se detalla el proceso seguido durante el estudio de campo para obtener los datos de manos que permitirán extraer las medidas antropométricas de los sujetos. En este caso, el proceso realizado es similar al de pies, pero se utilizaron aplicaciones desarrolladas específicamente para el procesado de este tipo de datos, por lo tanto, en este apartado se describen las particularidades de la adquisición.

El programa que gestiona el escáner de manos almacena los registros en la unidad local del ordenador, dentro de la ruta que se le indique al programa.

Para la extracción posterior de medidas de manos a partir de la imagen digitalizada son necesarias dos tomas de la misma mano en dos posturas diferentes. La identificación de cada fichero asociado a las dos posturas es la siguiente:

**EHFxxxx\_M1.bmp** fichero de la mano tomada sobre el cristal del escáner, con los cuatro dedos juntos y el pulgar separado,

**EHFxxxx\_M2.bmp** para el fichero de la mano tomada sobre el cristal del escáner, con todos los dedos separados lo máximo posible.



*Figura 3. Posturas de escaneo de la mano*

Todas las imágenes tienen una resolución de 300ppp y se guardan en formato BMP para tener la máxima calidad y tratar de minimizar los errores que pueda provocar la falta de resolución en las imágenes o que no afecte a la segmentación de la imagen en dos zonas de separación entre el fondo y la forma de la mano.

Antes de comenzar con el estudio de campo fue necesario calibrar el equipo para tener controlados todos los parámetros necesarios que permitieran la extracción de medida posterior. La **calibración del escáner** que se va a utilizar para la adquisición. Sirve para corregir los errores que produce la óptica del equipo en la imagen, tanto en el plano del cristal donde se apoya la mano como unos milímetros por encima de éste, puesto que la figura de la mano registrada en la imagen no es una proyección ortogonal de la mano real, sino que está afectada por las distorsiones del sistema óptico. La altura a la que se determinan las anchuras de cada dedo se han determinado de manera experimental, midiendo los valores de esta altura en una muestra de manos suficiente, y relacionándola con medidas de la mano que no están afectadas por la distancia de los puntos de medida hasta el cristal de apoyo.

El resultado de la calibración es un fichero “calib.yml”, como hemos dicho, específico del escáner utilizado en la adquisición. Este fichero se debe incorporar en la carpeta desde la que trabaja la siguiente aplicación del proceso.

## 2.2. TRANSFERENCIA DE DATOS AL SERVIDOR

Al finalizar cada jornada de mediciones en un centro escolar se recopilaban los datos del escáner de pies, incluyendo los dos ficheros .dbf con la información de caracterización de escaneados, así como las imágenes de las manos digitalizadas durante la jornada. Toda la información se organizaba dentro de una carpeta nombrada con la fecha del día.

Para transferir los datos registrados diariamente al espacio dispuesto en un servidor del IBV para el proyecto, se utilizaba un protocolo FTP vía internet al finalizar la jornada de mediciones. En el servidor la carpeta con los datos de la jornada se guarda dentro de la correspondiente carpeta del colegio.

## 2.3. EXTRACCIÓN DE MEDIDAS

### 2.3.1. Medidas de pies escaneados

Ocasionalmente el programa Infoot produce leves alteraciones en la reconstrucción del escaneado tridimensional, generando ruido o artefactos locales que desvirtúan la forma real del pie o las medidas antropométricas.

Los datos organizados en el servidor fueron procesados en el IBV para revisar y corregir la nube de puntos del pie con el objetivo de eliminar estos artefactos y reconstruir la forma del pie en aquellas secciones que localmente presentaban alguna alteración.



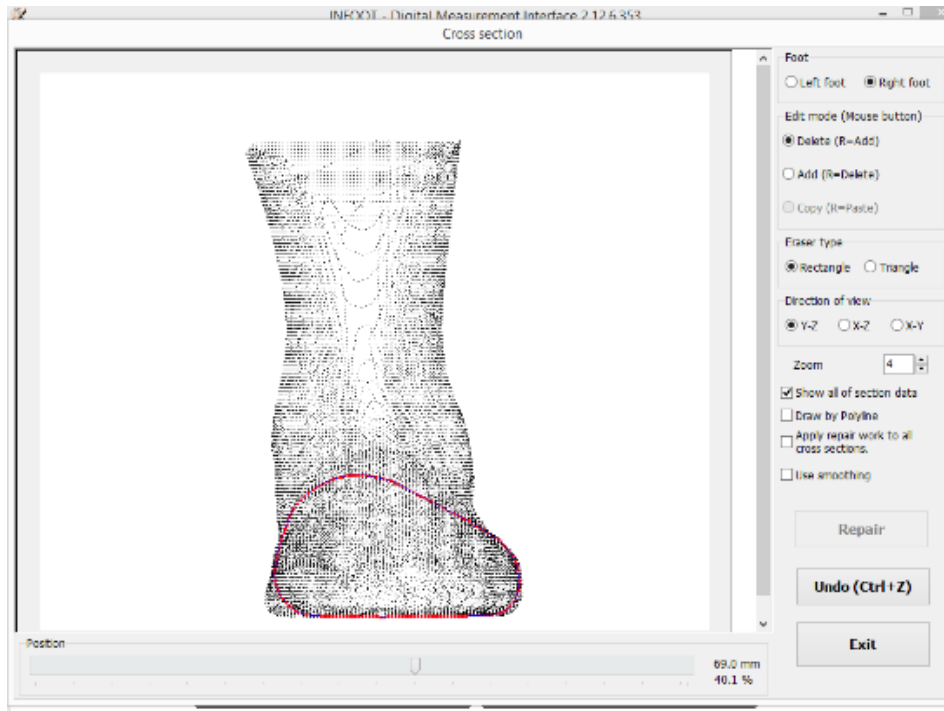


Figura 4. Pantalla de visualización de la nube de puntos del pie escaneado.

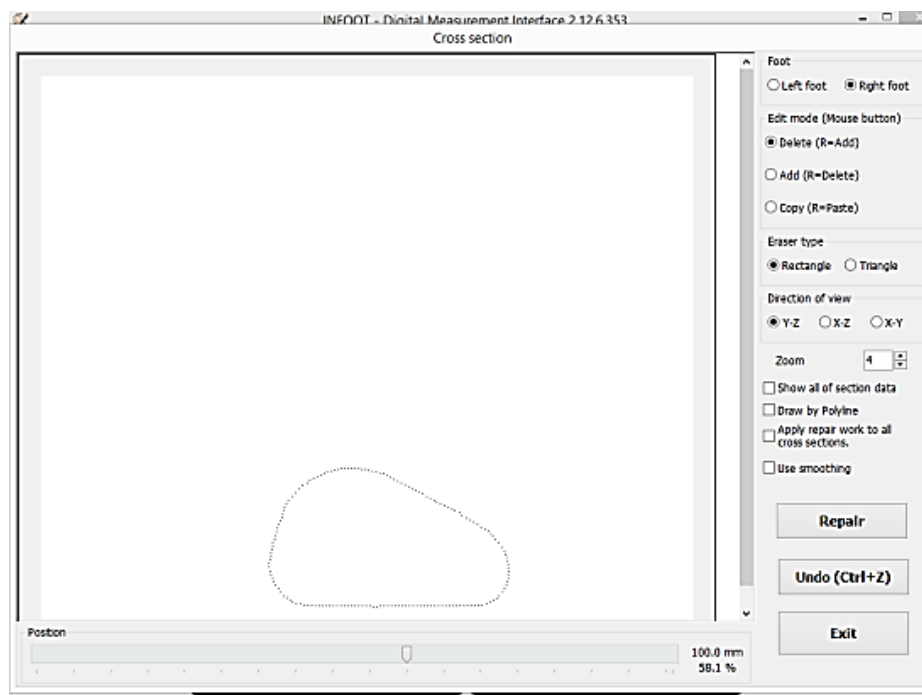


Figura 5. Pantalla de edición de la nube de puntos de un pie escaneado.

Una vez que tanto la nube de puntos, como las posibles desviaciones de los marcadores anatómicos de los pies fueron corregidas y validadas, se realiza la exportación de dos tipos de datos:

1. Coordenadas de los puntos de la nube que describe la forma del pie y la posición de los puntos anatómicos característicos. Se almacenan en dos ficheros CSV.
2. Base de datos con las medidas de todos los pies del estudio codificados con el código automático y el código de sujeto. Se utilizó la aplicación **DB Controller** para exportar la base de datos en formato CSV.

A través del código de sujeto se realizó la alineación de las medidas del escáner con los datos tomados en la hoja de registro, utilizando para esto el programa Excel.

De esta forma se obtiene una base de datos en Excel con las medidas de los pies (obtenidas con instrumentos tradicionales y obtenidas del escáner) y la caracterización de cada sujeto participante en el estudio. Esta es la base de datos que se utilizó para realizar la segmentación de la muestra por género, edad y longitud del pie para elaborar las tablas de medidas antropométricas que serán de utilidad para los diseñadores.

### 2.3.2. Medidas de manos digitalizadas

Para la extracción de medidas de las manos a partir de las imágenes digitalizadas se ha desarrollado una aplicación específica de funcionamiento semi-automático que se desarrolla en dos fases. Por comodidad y para controlar el gran número de ficheros BMP generados en el estudio, las imágenes se han agrupado en lotes parciales. Las dos fases del proceso que se describe a continuación se llevaron a cabo para cada uno de los lotes de imágenes, hasta completar el procesado de todas las imágenes del estudio.

#### 1. Medición automática de las manos.

En esta primera fase se utilizó una aplicación creada para el proyecto que identifica automáticamente los puntos característicos de la mano sobre las imágenes en ambas posturas y calcula el valor de las medidas definidas en el protocolo del estudio.

El control de lotes de imágenes con las que trabaja la aplicación se llevó a cabo a partir del fichero "imageList.csv", que contiene en cada línea la ruta donde están almacenadas las imágenes de cada sujeto, el nombre de ambas y su resolución.:

El programa realiza la segmentación de la mano, que consiste en eliminar automáticamente el fondo de la imagen de color azul sólido y separarla igualmente del antebrazo, utilizando la banda elástica negra de la muñeca. Esta banda elástica fue colocada a todos los participantes en el estudio, en previsión del método que se había planificado utilizar para aislar la mano del brazo. Se tomó la precaución de colocarla en la línea donde finaliza la mano, que coincide con la arruga de la muñeca más cercana a la palma de la mano.

Mediante algoritmos de cálculo se obtienen las coordenadas de los puntos característicos sobre esta imagen segmentada. La Figura 6 muestra un ejemplo del resultado de puntos obtenidos sobre la mano con dedos separados.





Figura 6. Imagen normalizada de la mano

Como resultado del proceso citado se generan los siguientes archivos:

1. **Measures.csv**, es una base de datos que contiene la ruta de almacenamiento, el nombre de la imagen procesada y las medidas obtenidas para esa imagen, de todas las imágenes procesadas. En caso de haber ocurrido un error con dicha imagen, las casillas de medidas para el sujeto y la mano correspondiente aparecen vacías.
2. Un **fichero YML por sujeto**, con la información encriptada de los puntos característicos y las medidas de cada sujeto. Son los ficheros fundamentales para pasar a la siguiente fase del proceso.
3. Fichero **“log.txt”** con un listado de todos los errores encontrados durante la ejecución del proceso de dicho lote de imágenes. Es preciso revisar este fichero antes de pasar a la siguiente fase, para corregir los fallos que no dependen de las aplicaciones de medición.

## 2. Revisión y edición de puntos característicos de las manos.

Para corregir las ligeras desviaciones locales que puedan surgir en la detección automática de puntos característicos se desarrolló para el proyecto una aplicación adicional que permite revisar y editar su posición directamente sobre la imagen con la intervención de un técnico experto y conocedor de los criterios de localización de dichos puntos característicos.

Esta aplicación lee la información de cada sujeto de su fichero YML y permite visualizar y cambiar la posición de los puntos característicos sobre la imagen de la mano.

Una vez esta posición ha sido corregida y/o validada, las medidas de la mano del sujeto se actualizan en el fichero Measures.csv, cambiando el estado de dicho registro de negativo a positivo en los campos REVISADO y EDITADO cuando estas operaciones han sido realizadas. Del mismo modo, las dos imágenes BMP y el fichero YML de cada sujeto se actualizan con la posición revisada de los puntos característicos de la mano y se sustituyen en la carpeta “out”.

Puesto que la extracción automática de medidas y la edición de los puntos característicos de las manos se realiza por lotes, finalmente obtenemos un fichero measures.CSV por cada lote. Para montar la base de datos definitiva se han de fusionar los distintos ficheros CSV con las medidas de cada lote.

La información demográfica y las medidas de las manos tomadas con instrumentos manuales se añaden a continuación utilizando el código de sujeto como criterio para la alineación de tablas de datos. A partir de este momento ya es posible realizar una agrupación de la muestra por criterios de sexo, edad y perímetro de la mano, requisito necesario para generar las tablas antropométricas que serán de utilidad para los diseñadores y fabricantes de productos infantiles.

## 2.4. COMPARACIÓN ENTRE MEDIDAS TRADICIONALES Y DE ESCÁNER

### 2.4.1. Medidas de pies

Para establecer una relación entre las medidas del escáner y las tomadas con instrumentos tradicionales en el estudio de campo se ha medido con instrumentos tradicionales una parte de la muestra total del estudio. La siguiente tabla muestra el número de niños y niñas medidos con este propósito.

GRUPO DE EDAD (años)	OBJETIVO DEL ESTUDIO (error 3mm I.C. 95%)	PIE ESCANEADO		MEDIDAS TRADICIONALES	
		NIÑAS	NIÑOS	NIÑAS	NIÑOS
4	40	41	44	8	5
5	40	47	50	7	7
6	40	54	43	4	5
7	40	47	45	4	6
8	40	46	45	6	4
9	40	42	41	6	4
10	40	46	50	3	14
11	40	45	48	6	5
12	40	46	43	19	18
13	40	48	46	18	16
14	40	61	58	11	17
<b>TOTAL por género</b>	<b>440</b>	<b>523</b>	<b>513</b>	<b>92</b>	<b>101</b>

Tabla 1. Usuarios a los cuales se les ha medido el pie de forma tradicional y con escáner por grupo de edad

Los valores medios de la diferencia entre medidas del escáner y medidas tomadas con instrumentos tradicionales se muestran en la Tabla 2.

MEDIDA	DIFERENCIA ENTRE ESCANER Y MEDIDAS TRADICIONALES
Longitud del pie	2,1
Distancia talón-primer meta	2,9
Anchura de metas	2,3
Perímetro de metas	2,5
Altura primer meta	1,7
Altura maléolo externo	2,6
Anchura de maléolos	1,1
Anchura del talón	2,9

Tabla 2. Diferencias entre medidas de escáner y las tradicionales

### 2.4.2. Medidas de manos

Los escáneres planos son unos dispositivos capaces de adquirir una imagen mediante un barrido secuencial. Este tipo de adquisición presenta el inconveniente de tener una distorsión considerablemente alta, sobre todo en el eje de barrido del sensor (a partir de ahora: dirección horizontal). Para solventar este problema se implementó el algoritmo propuesto en el artículo *On Single-Scanline Camera Calibration* de Horaud et al. (1993). En el presente documento se va a explicar el procedimiento seguido para verificar la exactitud de las medidas después de aplicar el proceso de calibración de Horaud et al.

Para comprobar la precisión del algoritmo de calibración se utilizó un patrón como el que se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Adquisición con el escáner de imagen del patrón de verificación (posición horizontal)

El patrón consiste en un conjunto alineado de puntos con una distancia de 134 mm de extremo a extremo. Una vez realizado el proceso de calibración se procedió a escanear este patrón a diferentes alturas desde el plano del cristal del escáner, y con diferentes

orientaciones ya que la distorsión en el eje vertical no era la misma que el eje horizontal. A continuación, se buscaron y midieron los puntos extremos del patrón obteniendo los siguientes resultados:

Z* (mm)	Dirección	Distancia entre extremos (mm)	Error relativo (%)
0	Horizontal	134,016	0,0119
0	Vertical	135,639	1,2231
7	Horizontal	134,499	0,3723
7	Vertical	135,633	1,2186
10	Horizontal	134,685	0,5111
10	Vertical	135,724	1,2865
15	Horizontal	134,567	0,4231
15	Vertical	135,805	1,3470

\*Z: Altura del patrón plano medida desde el cristal del escáner.

*Tabla 3. Error relativo asociado a cada dirección de escaneado a distintas distancias del plano del cristal del escáner.*

Se obtuvo un error relativo medio próximo a **0.3%** en la dirección horizontal y de **1.2%** en la dirección vertical. En vista de los errores relativos calculados para el patrón de verificación, y asumiendo que no habrá ningún punto de medida de la mano a más de 10mm sobre el cristal del escáner, se han calculado los errores relativos medios para grandes distancias en ambas direcciones de la mano, que se muestran en la Tabla 4.

Medida	Valor real (mm)	Error relativo	Error máximo calculado (mm)
<b>Longitud de la mano</b> (Percentil 95 - Población masculina 14 años – Pheasant 1988)	200	1,2%	2,4
<b>Anchura de la mano en el pulgar</b> (Percentil 95 - Población masculina 14 años – DIN 81 1981)	109	0,3%	0,327

*Tabla 4. Error máximo calculado para las mayores dimensiones de la mano en cada dirección.*

## 2.5. ESTUDIO DE REPETIBILIDAD

Se llevó a cabo un estudio de repetibilidad con el objetivo de valorar objetivamente la calidad de las medidas tomadas en el estudio antropométrico en aquellas medidas que presentan fuentes de error con mayor variabilidad, como son las medidas tomadas con instrumentos tradicionales. El procedimiento que se ha seguido pretende estudiar la variabilidad del sistema de medida en relación con la variabilidad natural de las medidas, para así tener una estimación de la repetibilidad del sistema de medida en su conjunto.



Puesto que un estudio de repetibilidad implica hacer varias repeticiones de la sesión de medida a un grupo de sujetos de ensayo, es conveniente que los sujetos presenten un alto grado de colaboración. Como no es de esperar que los niños en los colegios tengan disponibilidad para implicarse a este nivel, el estudio de repetibilidad se llevó a cabo entre los propios técnicos de medida. De esta forma, cada técnico de medida tomó las medidas de manos y pies con instrumentos tradicionales al resto de técnicos del equipo. Las sesiones de medida se repitieron tres días diferentes y en cada sesión se hicieron tres repeticiones de cada medida, igual que en las sesiones del estudio de campo.

Para el cálculo de la repetibilidad se ha utilizado una función de cálculo del ICC (*Intraclass Correlation Coeficient*), programada en código Matlab con base en un artículo sobre la materia (Weir, 2005)<sup>1</sup>. Esta función toma como entrada la matriz de datos a analizar, donde las columnas representan los técnicos de medida y las filas, los sujetos de medida. No obstante, ésta ofrece tres tipos de cálculo en función de la interpretación que se hace de los datos (según la consideración de factor aleatorio, según el número de repeticiones, etc.)

### 2.5.1. Medidas de manos

ATRIBUTO	VALOR ICC
Perímetro mano palma	0,9979
Anchura mano pulgar	0,9950
Profundidad puño	0,9627
Anchura puño	0,9784
Profundidad mano	0,9795
Espesor mano pulgar	0,9870
Alcance máximo mano	0,9969

Tabla 5. Atributos de tres repeticiones por sesión

ATRIBUTO	VALOR ICC
Diámetro paso mano	0,9772
Diámetro pulgar	0,9878
Diámetro índice	0,9631
Diámetro corazón	0,9718
Diámetro meñique	0,9869

Tabla 6. Atributos de una repetición por sesión

---

<sup>1</sup> Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *Journal of strength and conditioning research*, 19(1), 231.

## 2.5.2. Medidas de pies

ATRIBUTO	VALOR ICC
Longitud pie	0,9995
Distancia talón-1º meta	0,9911
Distancia talón 5º-meta	0,9956
Anchura metas	0,9974
Perímetro metas	0,9862
Altura primer meta	0,9707
Altura maléolo externo	0,9545
Perímetro maléolos	0,9980
Anchura maléolos	0,9946
Anchura talón	0,9975

*Tabla 7. Atributos de tres repeticiones por sesión*