



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Departamento de Proyectos de Ingeniería

**Desarrollo de modelos estadísticos de  
predicción del ajuste y talla de prendas de ropa  
a partir de la percepción y características  
antropométricas del usuario**

**Tesis Doctoral**

**Autora:** Dña. Sandra Alemany Mut

**Directores:** Dr. D. Miguel Ángel Artacho Ramírez

Dr. D. Juan Carlos González

Valencia, 2023



# Resumen

Los problemas de selección de talla y ajuste en la compra online de ropa son la causa de aproximadamente el 70% de las devoluciones. Esto se debe principalmente a la falta de estandarización del tallaje y al funcionamiento deficiente de los métodos de recomendación de talla. Actualmente, el comercio online de ropa tiene mucho potencial, sin embargo, las elevadas tasas de devolución, suponen costes relevantes en logística y gestión de stocks.

En el estado del arte de esta tesis se refleja la complejidad del problema del ajuste de ropa, en el que intervienen múltiples factores tanto objetivos (tipo de tejido, patronaje, número de tallas, moda, morfotipo del usuario, medidas corporales, etc.), como subjetivos (percepción de ajuste y preferencias del usuario). Siendo el ajuste de las prendas uno de los problemas de mayor relevancia en el sector de la confección es de crucial interés avanzar en la generación de un conocimiento que permita relacionar con mayor precisión las dimensiones corporales, el ajuste de las prendas y el tallaje.

El objetivo general de esta tesis consiste en establecer los fundamentos para desarrollar un sistema de recomendación del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de medidas antropométricas del usuario y valoraciones de ajuste planteando un desarrollo metodológico que sirve de punto de partida para posteriormente escalar el proceso a cualquier tipo de prenda, estilo y sistema de tallaje de ropa. La aproximación propuesta consiste en la predicción del ajuste por zonas de la prenda a partir de medidas antropométricas del usuario y pruebas de ajuste previas utilizando el método estadístico de regresión logística multinomial. A partir de esta predicción de ajuste por zonas, y aplicando de nuevo modelos de regresión logística multinomial, se obtiene la probabilidad de ajuste de la serie de tallas de la prenda analizada.

En primer lugar, se ha determinado la fiabilidad de las medidas antropométricas obtenidas a partir de escaneados 3D del cuerpo. Para desarrollar los modelos de predicción, se ha puesto a punto un método de caracterización del ajuste de ropa mediante valoración subjetiva de usuarios y expertos. Además, se han definido los conjuntos de medidas antropométricas relacionadas con el ajuste de la prenda en cada zona. El proceso de entrenamiento de los modelos de predicción de ajuste ha permitido determinar cuáles son las medidas antropométricas más relevantes para el ajuste de cada tipo de prenda, así como las zonas de ajuste que influyen en la selección de la talla.

En la fase de validación, se ha demostrado que, con un porcentaje de acierto entre el 80-100%, los modelos de predicción de talla basados en probabilidades de ajuste obtenidas mediante regresión logística multinomial en zonas relevantes de la prenda, ofrecen mayor fiabilidad que los métodos actuales que solo consideran una variable corporal y sus intervalos. Finalmente, se ha propuesto un método para extrapolar los modelos individuales de predicción de talla a toda población objetivo, estimar la cuota de mercado potencial y optimizar la distribución de tallas de cada prenda.

# Resum

Els problemes de selecció de talla i ajust en les compres de roba en la xarxa representen aproximadament el 70% de les devolucions. Això es degut principalment a la manca d'estandardització en les talles i al funcionament deficient dels mètodes de recomanació de talles. Actualment, el comerç de roba en la xarxa té molt potencial, no obstant això, les altes taxes de devolució comporten costos rellevants en logística i gestió d'estocs.

L'estat de l'art en aquesta tesi reflecteix la complexitat del problema de l'ajust de la roba, que implica múltiples factors, tant objectius (tipus de teixit, patró, nombre de talles, tendències de moda, tipus de cos de l'usuari, mesures corporals, etc.) com subjectius (percepció de l'ajust per part de l'usuari i preferències). Ja que l'ajust de les peces de vestir és un dels problemes més importants en la indústria de la moda, és crucial avançar en la generació de coneixement que permeti establir una relació més precisa entre les dimensions del cos, l'ajust de la roba i les talles.

L'objectiu general d'aquesta tesi és establir els fonaments per al desenvolupament d'un sistema de recomanació de l'ajust i la talla de peces de roba basat en les mesures antropomètriques de l'usuari. Això implica un desenvolupament metodològic que serveix com a punt de partida per a posteriorment escalar el procés a qualsevol tipus de peça de roba, estil i sistema de mides. L'aproximació proposada consisteix en predir l'ajust per zones de la peça de roba basat en les mesures antropomètriques de l'usuari i proves prèvies d'ajust mitjançant el mètode estadístic de la regressió logística multinomial. A partir d'aquesta predicció d'ajust per zones, i aplicant novament models de regressió logística multinomial, s'obté la probabilitat d'ajust per a la gamma de talles de la peça de roba analitzada.

S'ha determinat la fiabilitat de les mesures antropomètriques obtingudes a partir d'escaneigs 3D del cos. Per desenvolupar els models de predicció, s'ha posat a punt un mètode per caracteritzar l'ajust de la roba mitjançant avaluacions subjectives dels usuaris i experts. A més, s'han definit conjunts de mesures antropomètriques relacionades amb l'ajust de la peça a cada zona. El procés de formació dels models de predicció de l'ajust ha permès determinar les mesures antropomètriques més rellevants per a l'ajust de cada tipus de peça, així com les zones d'ajust que influeixen en la selecció de la talla.

En la fase de validació, s'ha demostrat que, amb un percentatge d'encert entre el 80-100%, els models de predicció de talla basats en les probabilitats d'ajust obtingudes mitjançant la regressió logística multinomial en zones rellevants de la peça de roba ofereixen una major fiabilitat que els mètodes actuals que només consideren una variable corporal i els seus intervals. Finalment, s'ha proposat un mètode per extrapol·lar els models individuals de predicció de talla a tota la població objectiu, estimar la quota de mercat potencial i optimitzar la distribució de talles per a cada peça.

# Abstract

The problems of size selection and fit in online clothing purchases account for approximately 70% of returns. This is primarily due to the lack of standardization in sizing and the inefficient performance of current size recommendation methods. Currently, online clothing retail has a lot of potential; however, the high product return rates result in significant costs in logistics and stock management.

The state of the art in this thesis reflects the complexity of the clothing fit problem, which involves multiple factors, both objective (fabric type, pattern, number of sizes, fashion trends, user body type, body measurements, etc.) and subjective (user's perception of fit and preferences). Since garment fit is one of the most significant issues in the fashion industry, it is crucial to advance in generating knowledge that allows for a more precise relationship between body dimensions, garment fit, and sizing.

The general objective of this thesis is to establish the foundations for developing a recommendation system for clothing fit and size based on user anthropometric measurements and fit evaluations. This involves a methodological development that serves as a starting point for subsequently scaling the process to any type of garment, style, and sizing system. The proposed approach consists of predicting the fit by garment zones based on user anthropometric measurements and previous fit trials using the statistical method of multinomial logistic regression. From this prediction of fit by zones, and by once again applying multinomial logistic regression models, the probability of fit for the range of sizes of the analyzed garment is obtained.

The reliability of anthropometric measurements obtained from 3D body scans has been determined. To develop the prediction models, a method for characterizing garment fit through subjective assessments by users and experts has been refined. In addition, sets of anthropometric measurements related to garment fit in each zone have been defined. The training process of the fit prediction models has enabled determining the most relevant anthropometric measurements for the fit of each type of garment, as well as the fit zones that influence size selection.

In the validation phase, it has been demonstrated that, with an accuracy rate between 80-100%, size prediction models based on fit probabilities obtained through multinomial logistic regression in relevant garment zones offer greater reliability than current methods that only consider a single body variable and its intervals. Finally, a method has been proposed to extrapolate individual size prediction models to the entire target population, estimate the potential market share, and optimize the distribution of sizes for each garment.



A Fernando y Martina  
A mi madre y a la memoria de mi padre



*“No podemos esperar conocer la naturaleza mediante hipótesis vagas y arbitrarias, sino por el estudio reflexivo de los fenómenos, por la comparación que haremos de los unos con los otros, por el arte de reducir, en la medida de lo posible, un gran número de fenómenos a uno solo que puede ser mirado como su principio”*

Jean le Rond d’Alembert

Discurso preliminar a la Enciclopedia (1751)



# Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a la dirección del IBV la oportunidad de realizar esta tesis doctoral y la confianza para liderar el Área de Aplicación de Conocimiento de Antropometría que he tratado de impulsar y desarrollar en paralelo al desarrollo de esta tesis. A los miembros de este grupo, tengo que reconocerles el apoyo recibido en los últimos meses. Aprovechar esta oportunidad para agradecerlas también la dedicación, la motivación y el entusiasmo que nos permite posicionarnos como referentes en este campo de investigación.

La realización de esta tesis ha sido un largo camino tratando de conciliar su avance con la familia y el trabajo. Afortunadamente he contado con mucha ayuda y colaboración y la de mis dos directores de tesis ha sido fundamental para conseguir este objetivo. Miguel Ángel Artacho, la orientación, recomendaciones y supervisión que ha realizado de mi trabajo durante todo el desarrollo de la tesis ha sido muy valiosa. Juan Carlos González, con él he compartido proyectos de investigación durante casi 20 años y fue quién me propuso este tema de tesis. También he contado con el apoyo de mi responsable Carlos Soler que siempre me ha transmitido plena confianza en el trabajo que he desarrollado. Ha sido de gran ayuda para conciliar la actividad en el IBV y el proyecto de tesis.

Esta tesis no hubiera sido posible sin la ayuda de dos personas que han participado directamente en este trabajo. Beatriz Nácher, experta en antropometría y patronaje, su ayuda ha sido clave en el desarrollo metodológico y experimental. Alvaro Page, catedrático de física aplicada, propuso un planteamiento muy novedoso para abordar el problema de ajuste y tallaje de ropa. Además, quiero mencionar también a Alfredo Ballester, con quien he compartido muchas conversaciones relacionadas con el tema principal de esta investigación, que me han servido mucho como inspiración. Y a Clara Solves, siempre puedo contar contigo cuando necesito un respiro.

Durante la realización de esta tesis he iniciado una colaboración con tres investigadoras expertas en el diseño y ajuste de productos de uso humano: Kathleen M. Robinette, Daisy Veitch y Karen Bredenkam. Fruto de esta colaboración, hemos propuesto una metodología de desarrollo y validación que estamos desarrollando en un libro que esperamos se publique muy pronto. He aprendido mucho durante esta colaboración y parte de este aprendizaje lo he reflejado en esta tesis.

Finalmente quiero dar las gracias a mi familia. A mis padres, por su esfuerzo constante que realizaron para que pudiera llevar adelante mis estudios. A mi hermana por la confianza y seguridad en mi capacidad.

Y mi mayor agradecimiento es para Fernando y Martina. Fernando dedicando durante años una parte importante de su tiempo para que pudiera avanzar en esta tesis y apoyándome en los momentos de desánimo. Siempre ha confiado en mí. A Martina por el tiempo que no hemos podido compartir, ha sido lo más difícil, pero estoy segura que también puede ser un buen aprendizaje de vida.



# INDICE

<b>Capítulo 1. Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1    Planteamiento del problema. ....	7
El comercio online de ropa. ....	7
Soluciones actuales. ....	12
1.2    Cuestión a investigar. ....	13
<b>Capítulo 2. Estado del arte .....</b>	<b>19</b>
2.1    Diseño y fabricación de las prendas de ropa. ....	20
2.1.1    Fase 1: Investigación y planificación de las líneas.....	21
2.1.2    Fase 2: Diseño conceptual de las líneas. ....	22
2.1.3    Fase 3: Diseño de detalle.....	23
2.1.4    Fase 4: Comercialización. ....	31
2.1.5    Fase 5: Pre-producción.....	31
2.1.6    Fase 6: Optimización de la producción. ....	33
2.1.7    Etiquetado de la talla. ....	33
2.2    Antropometría. Estudio de la forma y dimensiones del cuerpo humano.....	34
2.2.1    Métodos de caracterización antropométrica. ....	40
2.2.2    Normativa aplicada a la caracterización antropométrica.....	53
2.2.3    Errores en las mediciones antropométricas. ....	56
2.2.4    Estudios antropométricos poblacionales .....	70
2.2.5    Estudio de la diversidad antropométrica. Aspectos multidimensionales. ....	73
2.2.6    Antropometría aplicada al sector confección. ....	81
2.3    El ajuste de las prendas de ropa.....	88
2.3.1    Medida objetiva del ajuste.....	89
2.3.2    Evaluación subjetiva del ajuste. ....	91
2.3.3    Métodos para modelizar la recomendación de talla .....	93
2.4    Revisión de sistemas de ayuda a la sección de talla de ropa. ....	100
2.4.1    Tablas de tallas. ....	100
2.4.2    Nuevos sistemas de ayuda a la sección de talla.....	100

2.5.	Conclusiones del estado del arte.....	102
2.5.1	Conclusiones sobre el proceso actual de desarrollo de prendas (ajuste y tallaje). 102	
2.5.2	Conclusiones sobre aspectos metodológicos.....	103
2.5.3	Conclusiones sobre las soluciones de recomendación de talla actuales. 104	
<b>Capítulo 3.</b>	<b>Objetivos e hipótesis .....</b>	<b>105</b>
3.1	Objetivos.....	105
3.2	Hipótesis.....	106
<b>Capítulo 4.</b>	<b>Material y métodos .....</b>	<b>109</b>
4.1	Metodología.....	109
4.2.1	Medios utilizados en la caracterización antropométrica.....	113
4.2.2	Medios utilizados en la valoración del ajuste de prendas de ropa .....	115
4.2.3	Material complementario.....	116
4.3	Descripción de los protocolos.....	117
4.3.1	Protocolo de escaneo corporal 3D y procesado para extraer las medidas antropométricas .....	117
4.3.2	Protocolo de valoración subjetiva del ajuste .....	123
4.3.2.1	Procesado de la encuesta de percepción subjetiva. ....	125
4.4	Descripción del estudio de repetibilidad de las medidas antropométricas..	126
4.4.1	Selección de la muestra del estudio de fiabilidad.....	126
4.4.2	Descripción de la sesión del estudio de repetibilidad.....	127
4.5	Descripción del estudio piloto de valoración del ajuste.....	127
4.5.1	Descripción de las prendas de ropa del estudio piloto.....	127
4.5.2	Selección de las usuarias del estudio piloto.....	128
4.6	Estudio experimental completo .....	128
4.6.1	Descripción de las prendas de ropa del estudio experimental completo	128
4.6.1.1	Selección de las usuarias del estudio experimental completo .....	129
4.6.2	Descripción de la sesión de medida del estudio experimental.....	130
4.7	Análisis estadístico y tratamiento de datos .....	131
4.7.1	Análisis de la fiabilidad de las medidas antropométricas digitales.....	131
4.7.2	Cálculo de los modelos estadísticos de predicción.....	132

4.7.2.1	Perfil antropométrico de las usuarias. ....	132
4.7.2.2	Estudio de las medidas antropométricas relevantes en la valoración del ajuste por zonas. ....	132
4.7.2.3	Obtención de los modelos de regresión logística multinomial para la predicción del ajuste por zonas y recomendación de la talla. ....	133
4.7.2.4	Preferencia del sujeto versus evaluación de experto. ....	136
4.8	Validación de los modelos de predicción de ajuste y talla. ....	137
4.8.1	Diseño experimental de validación. ....	137
4.8.1.1	Implementación software de los modelos de predicción. ....	137
4.8.1.2	Selección de la muestra de validación. ....	138
4.8.1.3	Descripción del ensayo de validación. ....	138
4.8.1.4	Estudio de la fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste. ....	139
4.8.1.5	Comparación con otros métodos de recomendación de talla. ....	140
<b>Capítulo 5.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>143</b>
5.1	Estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas digitales. ....	144
5.1.1	Descripción de la muestra del estudio de fiabilidad. ....	144
5.1.2	Resultados de fiabilidad de las medidas antropométricas. ....	144
5.2	Resultados de la validación metodológica (estudio piloto). ....	146
5.2.1	Descripción de la muestra del estudio piloto. ....	146
5.2.2	Efecto del valorador (experto y usuario). ....	146
5.2.3	Evaluación de aspectos metodológicos relevantes. ....	154
5.2.3.1.	Concepto de ajuste. ....	154
5.2.3.2.	Caracterización de las prendas. ....	154
5.2.3.3.	Encuestas y análisis estadístico. ....	155
5.3	Cálculo de los modelos de predicción de ajuste y talla. Estudio experimental completo. ....	155
5.3.1	Descripción de la muestra del estudio experimental completo. ....	156
5.3.2	Reducción de las variables antropométricas. ....	157
5.3.2.1.	Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la falda. ....	158
5.3.2.2.	Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón recto. ....	160

5.3.2.3.	Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón estrecho.....	164
5.3.2.4.	Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la chaqueta.....	166
5.3.3	Cálculo de los modelos de predicción del ajuste por zonas (H4.1) .....	171
5.3.3.1	Predicción del ajuste por zonas. Experta versus usuaria. ....	171
5.3.3.1	Predicción del ajuste por zonas de la falda.....	173
5.3.3.2	Predicción del ajuste por zonas del pantalón recto.....	178
5.3.3.3	Predicción del ajuste por zonas del pantalón estrecho .....	185
5.3.3.4	Predicción del ajuste por zonas de la chaqueta. ....	191
5.3.4	Cálculo de los modelos de predicción de talla (H4.2).....	197
5.3.4.1	Predicción de la talla de la falda.....	199
5.3.4.2	Predicción de la talla del pantalón recto.....	200
5.3.4.3	Predicción de la talla del pantalón estrecho. ....	202
5.3.4.4	Predicción de la talla de la chaqueta.....	204
5.3.5	Resultados del ajuste general de las prendas .....	205
5.4	Validación de los modelos de predicción de talla.....	209
5.4.1	Resultados del estudio de valoración del ajuste con usuarias.....	209
5.4.1.1	Resultados de la valoración del ajuste de la falda. ....	209
5.4.1.2	Resultados de la valoración del ajuste del pantalón recto. ....	210
5.4.1.3	Resultados de la valoración del ajuste del pantalón estrecho. ....	212
5.4.1.4	Resultados de la valoración del ajuste de la chaqueta. ....	214
5.4.2	Resultados de la validación de los modelos de predicción.....	216
5.4.2.1	Validación de los modelos de predicción de talla de la falda.....	220
5.4.2.2	Validación modelos de predicción del ajuste por zonas de la falda. ..	223
5.4.2.3	Validación de los modelos de predicción de talla del pantalón recto.	226
5.4.2.4	Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas del pantalón recto .....	230
5.4.2.5	Validación modelos de predicción de talla del pantalón estrecho. ....	233
5.4.2.6	Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas del pantalón estrecho.....	236

5.4.2.7	Validación de los modelos de predicción de talla de la chaqueta.....	239
5.4.2.8	Validación modelos de predicción del ajuste por zonas de la chaqueta. 243	
5.4.4	Aplicación de los resultados al cálculo de cuotas de mercado basadas en el ajuste de la prenda.....	249
5.4.4.1.	Cuota de mercado de la serie de tallas de la falda.....	249
5.4.4.2.	Cuota de mercado de la serie de tallas del pantalón recto.....	250
5.4.4.3.	Cuota de mercado de la serie de tallas del pantalón estrecho. ....	251
5.4.4.4.	Cuota de mercado de la serie de tallas de la chaqueta.....	253
<b>Capítulo 6. Discusión</b> .....		255
6.1	Aportación global de la tesis. ....	255
6.2	Estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas.....	256
6.3	Fiabilidad de los modelos de predicción de talla mediante RLM. ....	260
6.3.1	Metodología de valoración del ajuste de prendas para el entrenamiento de modelos de predicción de ajuste. ....	260
6.3.2	Fiabilidad de los modelos de predicción de talla mediante RLM. ....	261
6.4	Caracterización del ajuste de las prendas por zonas.....	271
6.5	Información adicional de la predicción del ajuste por zonas.....	273
6.6	Medidas antropométricas clave por prenda. ....	276
6.7	Extensión de los modelos de predicción de ajuste al cálculo de cuotas de mercado.....	279
6.8	Limitaciones del estudio.....	282
<b>Capítulo 7. Conclusiones</b> .....		285
<b>Capítulo 8. Trabajos futuros</b> .....		287
8.1	Nuevos sistemas de escaneado corporal 3D en el hogar. ....	287
8.2	Escalabilidad de los métodos de recomendación .....	288
8.3	Mejora del control del ajuste de las prendas en el proceso de desarrollo: ‘Fit Standard’.....	291
8.4	Mejora del proceso de desarrollo de prendas incorporando datos del consumidor: retroalimentación.....	292
<b>Bibliografía</b> .....		293
Anexo I. Definición de las medidas antropométricas .....		325

Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa. ....	345
Anexo III. Material suplementario. Resultados del estudio de reducción de las variables antropométricas. ....	357
A 3.1 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la falda.....	358
A 3.2 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón recto.....	363
A 3.3 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón estrecho. ....	381
A 3.4 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la chaqueta. ....	394
<b>Publicaciones relacionadas con la tesis.....</b>	<b>413</b>

# Capítulo 1

## Introducción

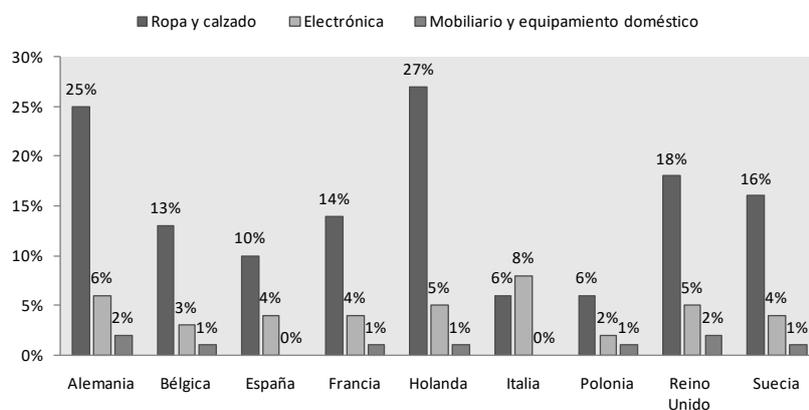
### 1.1 Planteamiento del problema.

#### *El comercio online de ropa.*

La última encuesta realizada por Eurostat a más de 150.000 hogares en Europa sobre hábitos de compra online revela que la ropa y el producto deportivo son los bienes de consumo que más se han comprado online en Europa en 2017 (64 %), seguido de viajes y alquileres vacacionales (53%) (Eurostat, 2017). En una encuesta más reciente realizada en 2022 la compra de ropa online se ha reducido respecto a otros productos y supone el 42% de las compras (Eurostat, 2022).

En España, según la encuesta sobre equipamiento y uso de las tecnologías de la información y comunicación en los hogares de 2018 del INE, 18,5 millones de españoles compraron algo a través de internet en los últimos doce meses. En concreto, 10,5 millones de personas (el 56.5%) compraron ropa o material deportivo.

Sin embargo, la venta online de ropa cuenta también con la tasa más elevada de devoluciones (PostNord, 2016). De media en Europa el índice de devoluciones de compra de ropa online es del 25%, siendo los países con mayor tasa de devoluciones Holanda (27%) y Alemania (25%) (PostNord, 2015) (Figura 1). En EEUU, el índice de devoluciones de ropa se sitúa en un nivel parecido, alrededor de un 23% (Cilley, 2016).



Fuente: Adaptado de PostNord, (2015)

**Figura 1. Tasa de devoluciones de compras online por categoría de producto y país.**

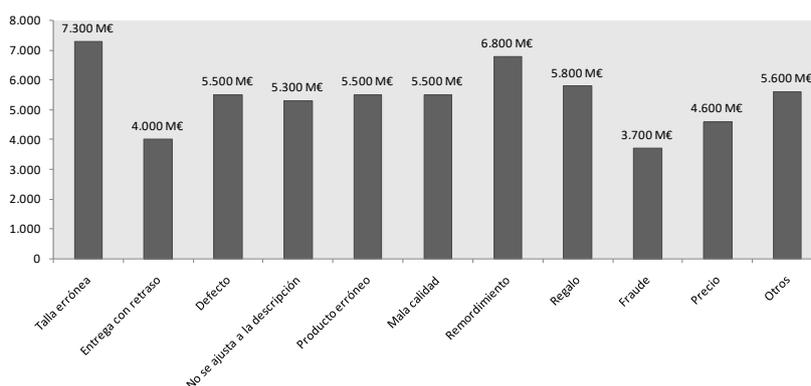
Las elevadas tasas de devoluciones de ropa suponen un problema de rentabilidad importante para el comercio online y forman parte de lo que se conoce en el sector del comercio como ‘Ghost Economy’ que representan costes ocultos que repercuten de forma muy significativa en la rentabilidad de esta actividad. Los costes ocultos identificados por IHL Group en el mercado de venta online de ropa son principalmente tres: el exceso de stock (27%), la falta de stock (36%) y las devoluciones (37%) (IHL Group, 2015).

Profundizando en detalle sobre cuáles son los motivos principales de devolución en la compra online de ropa, todos los estudios sitúan la incorrecta selección de talla o un ajuste inadecuado de la prenda como el motivo más importante (IHL Group, 2015; Cilley, 2016; Morganti et al., 2014). En 2015, alrededor de 54.000 M€ provenientes de la ropa y calzado vendidos en el mundo se devolvió por una incorrecta selección de talla, de los cuales, 7.300 M€ correspondieron a venta online (IHL Group, 2015) (Figura 2).

En una publicación reciente sobre recomendación de talla realizada por la empresa Zalando (Nestler et al., 2021a) se hace referencia a que las tasas de devolución más altas corresponden a la venta online de ropa con entre un 25-40% de tasas de devolución generales pudiendo alcanzar hasta el 75% en determinadas marcas. En este estudio también se identifica como motivo principal de las devoluciones los problemas con la talla y el ajuste deficiente. En porcentajes similares, entre el 30-40%, están los datos de devoluciones de ropa del sector moda referenciados en una publicación de Asos sobre recomendación de talla (Dogani et al., 2019).

La dificultad en la selección de talla ha sido una de las barreras para el crecimiento de la venta online de ropa y muchas empresas han apostado por una política de devoluciones gratuitas para mitigar este problema. Esto ha sido una forma de trasladar el probador a de la tienda a casa. Los consumidores compran el mismo producto en varias tallas para

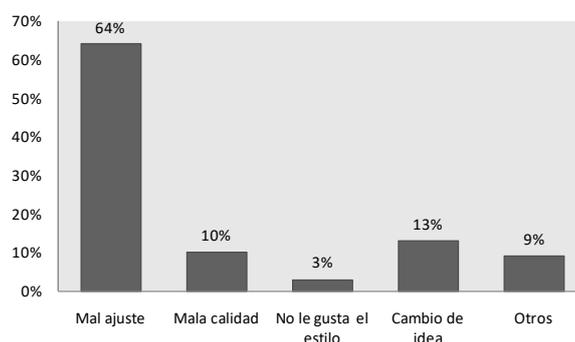
quedarse solo con una y devolver el resto (Morganti et al., 2014), generando un coste importante a las empresas no solo en transporte y logística sino también en gestión de stock circulante. Las prendas de ropa compradas al final de una temporada que sean devueltas al inicio de la siguiente ya no tienen posibilidad de venta.



**Figura 2. Valor de la ropa devuelta en compras online a nivel mundial por motivo de devolución. Valores en millones de euros. Fuente: Adaptado de Franklin (2015)**

Los problemas con la talla y el ajuste de la ropa son la causa de aproximadamente el 70% de las devoluciones de ropa (Cilley, 2016; Gould-Thorpe, 2012), debido principalmente a la falta de estandarización del tallaje (Laitala et al., 2011) y a la deficiencia de las recomendaciones para seleccionar talla que ofrecen los portales de venta online de ropa.

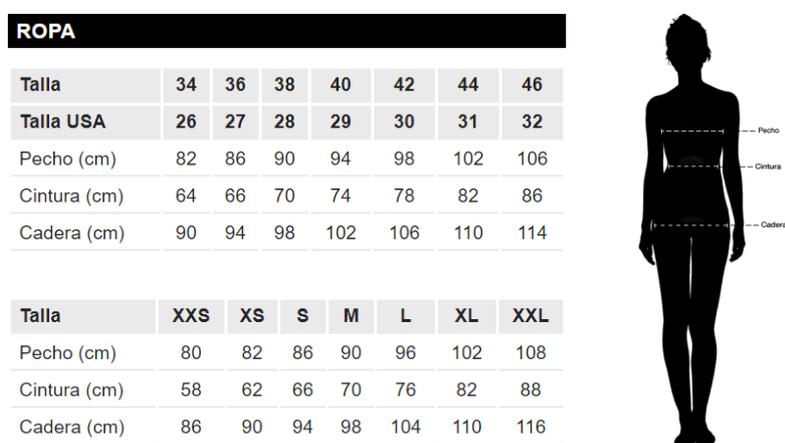
En un estudio realizado en EEUU por la empresa Body Labs a 1.130 personas sobre los hábitos de compra de ropa y calzado (Cilley, 2016), se comprobó que un tercio de los participantes (34%) no estaban satisfechos con el ajuste proporcionado por los sistemas de tallaje actuales. Los participantes reportaron que devolvían el 23% de las compras, siendo el motivo principal (64%) la existencia de problemas con el ajuste de la prenda (Figura 3).



**Figura 3. Motivo de devolución de ropa comprada online en EEUU. Fuente: Adaptado de Body x Labs (Cilley, 2016).**

El 57% de los encuestados aseguraron que solo compran online marcas que conocen previamente y sobre las que tienen experiencia sobre la estabilidad del tallaje y cómo les ajustan sus prendas. Esto limita la oferta que pueden comprar los consumidores online y la posibilidad de descubrir nuevas tiendas y marcas mediante este canal.

En esta encuesta también se ha demostrado la ineficiencia de las tablas de tallas que se utilizan actualmente en las tiendas online para guiar al comprador sobre qué talla de prenda elegir (Figura 4). El 44% de los participantes que declaran utilizar con frecuencia estas tablas han devuelto el 25% de las compras de ropa que realizan, siendo el 66% de las veces debido a un problema de ajuste de la prenda.

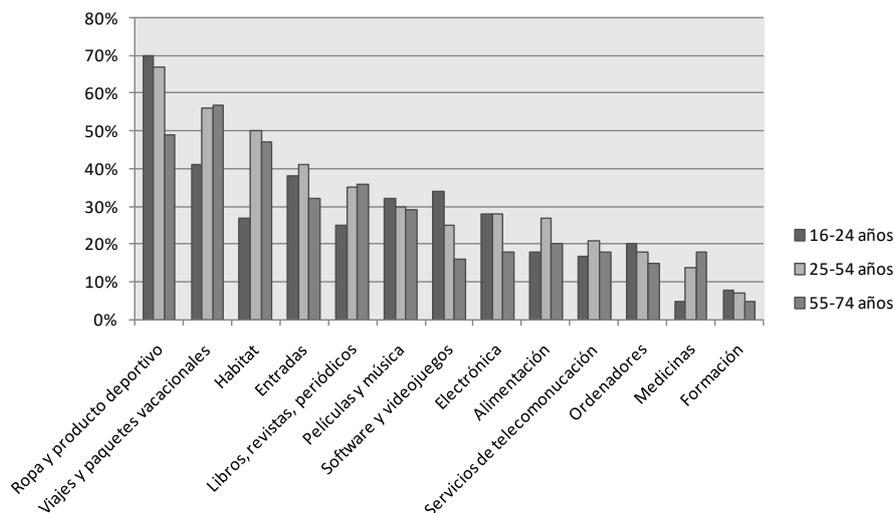


**Figura 4. Ejemplo de tabla de tallas de ropa de mujer. Fuente: www.zara.com, accedida 2019.**

Por lo tanto, el comercio de ropa es hoy en día uno de los más potentes en el canal online, pero registra unas pérdidas elevadas debido al problema que suponen en costes de logística y gestión de stocks las elevadas tasas de devoluciones que, en un porcentaje muy elevado, son debidas a la selección errónea de la talla y un mal ajuste.

En cuanto al perfil de los compradores online, las mujeres son las que más ropa compran. En el estudio publicado por Cilley (Cilley, 2016) el 42% de las mujeres respondieron que compraban ropa online al menos una vez al mes en comparación con el 20% de hombres. Por rango de edad, el grupo entre 16 y 24 años es el que más compra ropa online (71 %), seguido del grupo de edad de 25-54 años (67%) (Eurostat, 2017) (Figura 5). En la encuesta realizada en 2022, estos dos grupos de edad siguen siendo los que encabezan el porcentaje de compras de ropa y calzado, aunque con una proporción algo menor. El 51% corresponde al grupo entre 16 y 24 años y el 49% al de 25-54 años (Eurostat, 2022). El gasto medio en compra de ropa online en los últimos dos meses para estos dos grupos fue de 50-100€ para el segmento de 16-24 años y entre 100-499€ para el segmento de 25-54 años.

La venta de ropa a través del canal online constituye un volumen de negocio en alza que cada vez maneja cifras más relevantes, y que a día de hoy tiene que mejorar la rentabilidad debido a la alta tasa de devoluciones, en una buena parte producidas por los problemas de ajuste de la prenda y la dificultad de seleccionar la talla correcta.



**Figura 5. Distribución de venta online en Europa por grupo de edad. Fuente: Adaptado de Eurostat 2017 (iso\_cec\_ibuy).**

Hoy en día prácticamente todas las marcas cuentan con una distribución omnicanal que combina la venta online con la tienda física tratando de integrar la experiencia de compra del consumidor en ambos canales. Este aspecto será relevante también en el diseño de un sistema de recomendación de talla.

Los principales comercios online de ropa en Europa están representados por:

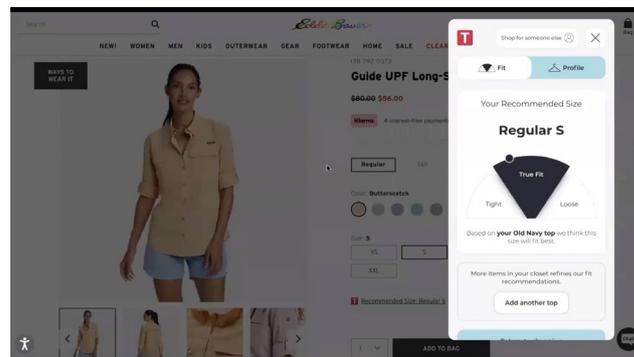
- Tiendas multimarca como Asos, Zalando o Amazon, presentes únicamente online. Este canal ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años.
- Tiendas multimarca con presencia online y en tienda física como El Corte Inglés o Carrefour.
- Tiendas online de marcas propias que venden también en redes de tienda física, como Zara, H&M, Mango o Benetton. Estas últimas se caracterizan además por ofrecer un producto de pronto-moda lo que supone una renovación constante de la oferta. El lema de este tipo de empresas es ofrecer siempre lo que el consumidor está buscando, por lo que toda la información que puedan recabar sobre él tiene mucho valor. En particular, cruzar información sobre hábitos de compra, estilos de las prendas con preferencias de ajuste, tallaje y medidas corporales puede ser de gran interés para ajustar la oferta a los consumidores.

- Por último, están los *outlets* que venden ropa online de temporadas anteriores con descuentos muy significativos. Son multimarca y hacen campañas de venta con periodos muy cortos de apenas unos pocos días.

### **Soluciones actuales.**

Con el objetivo de reducir la tasa de devoluciones del comercio online de ropa, en los últimos años han surgido numerosas iniciativas que pretenden apoyar el proceso de compra mediante probadores virtuales de ropa y sistemas de recomendación de talla. La mayoría de ellos utilizan como información de partida las características antropométricas del consumidor. La principal innovación de estos sistemas se ha centrado en el desarrollo del proceso de captura de las medidas corporales del usuario y en la simulación de cómo quedaría la prenda puesta utilizando un probador virtual. Sin embargo, la relación entre medidas corporales y prenda, de relevancia para establecer los criterios de selección de talla, apenas ha sido analizada. Se ha dado por supuesto que esta información es conocida por las empresas que diseñan y fabrican la ropa y que viene establecida en las tablas de tallas donde se establecen intervalos de tres o cuatro medidas principales del cuerpo para cada talla.

La mayoría de sistemas que han surgido en la actualidad para ayudar a la selección de talla de ropa han sido desarrollados por startups. Los sistemas que se han revisado, se pueden clasificar en dos grupos dependiendo del tipo de datos introducidos por el usuario. El primer grupo utiliza métodos de inteligencia artificial para buscar coincidencias entre modelos de prenda ya compradas por los usuarios (Truefit, Fit Predictor, uSizy, Virtusize, Metail) (Figura 6). Requieren de una base de datos inicial del usuario, conocida como armario virtual, para entrenar los algoritmos. Esto es un inconveniente en el caso de la ropa, puesto que es un producto de moda que se renueva de forma muy rápida. De este modo, prácticamente cuando se tiene una cantidad de datos adecuados para el entrenamiento del sistema la prenda de ropa se retira del mercado. Esta es la principal desventaja de estos sistemas, por el contrario, no necesitan la toma de medidas del usuario, lo que presenta bastantes limitaciones relacionadas, principalmente, con la precisión en la toma de medidas realizada en casa por un usuario no experto.



**Figura 6. Interface para la estimación de talla de TrueFit (accedido, julio 2023).**

El segundo tipo de sistemas predice la talla y el ajuste de la prenda utilizando medidas antropométricas del usuario para relacionarlas con las dimensiones corporales que viste cada prenda (QuantaCorp, Visualook). La asignación de la talla de estos sistemas se realiza en base a las tablas de tallas que proporcionan las empresas fabricantes de ropa. Estas tablas, que habitualmente están disponibles en los portales de venta online, utilizan una o a lo sumo dos medidas antropométricas principales para clasificar a los usuarios en tallas. Esta metodología se ha demostrado poco efectiva por el elevado índice de devoluciones que tiene el sector y además es el motivo por el que muchos de estos sistemas han fracasado en el mercado.

Algunos sistemas más sofisticados combinan información antropométrica muy básica con información de otro tipo como la selección de un morfotipo corporal (Figura 7), la talla de una prenda que tengas en el armario o preguntas sobre problemas de ajuste habituales (Fitanalytics, Naizfit, Fitizzy, Sizebay). En estos casos, la recomendación de talla sigue un proceso jerárquico donde se realiza una primera estimación en base a medidas corporales aplicando las tablas de tallas que se refina posteriormente con los datos complementarios. Considerando la problemática que se ha comentado sobre las tablas de tallas, se prevé que la fiabilidad de estos sistemas sea bastante baja.



**Figura 7. Morfitipos utilizados en el recomendador de talla de FitAnalytics.**

El problema de recomendación de talla de ropa sigue sin estar resuelto en la actualidad. No existen soluciones efectivas que reduzcan el número de devoluciones. Abordar el desarrollo de un sistema de recomendación implica combinar información de la prenda y del consumidor. En el caso de la prenda, es necesario caracterizar su ajuste respecto a la población y su relación con el etiquetado, ambos muy dependientes de los procesos internos de desarrollo de cada empresa. En lo que respecta al consumidor, hay que identificar las variables que se relacionan con la selección de talla. Este conocimiento es fundamental para desarrollar un método de recomendación de talla y predicción de ajuste de prendas y no está resuelto, por lo tanto, justifica el planteamiento de esta tesis.

## 1.2 Cuestión a investigar.

Los sistemas de ayuda a la selección de talla, a día de hoy, están todavía en fase de desarrollo (Kennedy, 2019). Se requiere avanzar en conocimiento sobre el ajuste de ropa

para poder enfocar el problema de acuerdo con los aspectos relevantes que influyen en la selección de la talla.

Aunque es posible medir el cuerpo con precisión, la relación entre las medidas corporales y la talla de ropa no está resuelta. No se ha avanzado en el núcleo del problema. El estudio de los factores y variables antropométricas que gobiernan la selección de talla no ha sido abordado por el momento desde una perspectiva científica. Los sistemas actuales se limitan a aplicar las tablas de tallas que basan la selección en intervalos de una sola medida antropométrica o dos a lo sumo. Sin embargo, varios autores sugieren que la relación entre las dimensiones del cuerpo y la talla de la prenda seleccionada es multivariante (Ashdown et al., 2005; Robinette & Veitch, 2016a) y que la forma corporal puede ser determinante en problemas de ajuste (Robinette et al., 1991). Por lo tanto, el desarrollo de un sistema de asignación de talla con una alta tasa de acierto exige el avance en el conocimiento sobre la influencia y relación de las variables y factores que intervienen en este proceso.

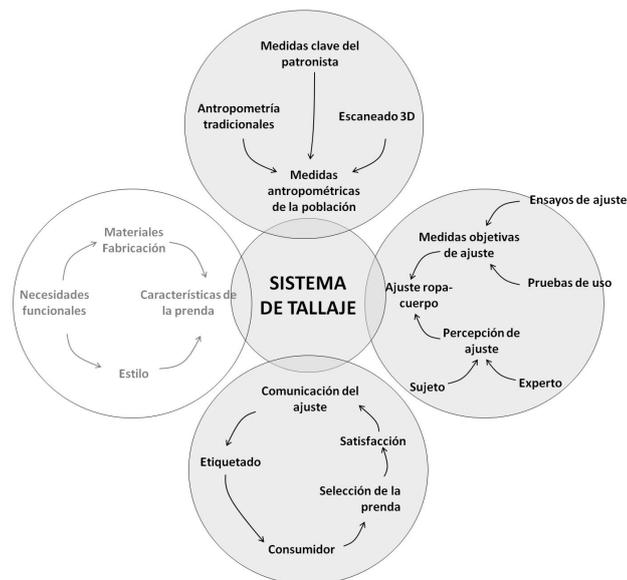
El ajuste de la ropa tiene además un componente subjetivo importante relacionado con la percepción y las preferencias personales (Bougourd, 2007). Los únicos estudios que se han encontrado que relacionen antropometría y percepción subjetiva del ajuste son los realizados por Robinette y Daanen (Daanen & Reffeltrath, 2007; Robinette & Veitch, 2016a), que presentan el método ‘Fit mapping’ para cuantificar la relación entre las dimensiones del cuerpo y las del producto utilizando percepción subjetiva de ajuste y antropometría 3D (Robinette, 2000). Sin embargo, esta metodología no aborda el desarrollo de modelos predictivos que permitan generar reglas de diseño o de asignación de producto a partir de las dimensiones del usuario.

Además, no existe un estándar de tallaje común. Cada empresa tiene su propio sistema de tallas y correspondencia con el etiquetado (Faust & Carrier, 2009a, 2009b). Las medidas de referencia que utilizan para desarrollar el patronaje de la ropa son también particulares en cada empresa (Workman, 1991; Otieno, 2008a). Por lo tanto, las medidas corporales que viste cada sistema de tallas son diferentes. También, se ha identificado que las empresas utilizan tablas con medidas corporales anticuadas, incluso algunas de ellas solo manejan medidas de prenda y no conocen las medidas corporales asociadas (Wren & Gill, 2010). La falta de estandarización es un condicionante importante a la hora de abordar el problema de predicción del ajuste y selección de talla de ropa, pues no se puede establecer un patrón normativo que sirva de referencia y que permita desarrollar e implementar un sistema de recomendación de talla y ajuste global. La aproximación que se plantea tiene que considerar que la referencia de ajuste de la tabla de tallas es distinta para cada empresa y que incluso podría variar por prenda en función de su estilo y patronaje.

Sontag (1985), estableció tres dimensiones para definir el confort de una prenda: el confort físico, el confort psicológico y el confort social. Esta aproximación fue utilizada por Shin (2013) para analizar los factores relacionados con la percepción del ajuste. Como resultado, el autor propuso un concepto de percepción del ajuste en el que se

interrelacionan el confort físico, el confort estético y el confort funcional. El confort físico relaciona las dimensiones de la prenda y las dimensiones de la ropa. El confort estético tiene que ver con el estilo de la prenda y la imagen corporal. Finalmente, el confort funcional se relaciona con aspectos como la adecuación a movimientos o la capacidad de ajuste en función de las capas de ropa que se lleve debajo de la prenda.

Por lo tanto, en la evaluación del ajuste de prendas de ropa intervienen múltiples factores relacionados con el producto (características del tejido, patronaje), la forma corporal (dimensiones antropométricas, morfotipos) y aspectos socio-culturales como la moda y las preferencias personales de los usuarios. Predecir el ajuste y la talla de una prenda de ropa controlando todas estas variables y considerando la falta de estandarización de las empresas requiere un modelo muy complejo y costoso de desarrollar. Ashdown & Loker (2010) propusieron un esquema que integraba todos aquellos aspectos que influyen en el diseño del tallaje de la ropa agrupándolos en cuatro bloques: medidas antropométricas de la población, ajuste, elementos de diseño de la prenda y etiquetado (Figura 8).



**Figura 8. Adaptación del esquema propuesto por Ashdown & Loker (2010) para analizar el tallaje de la ropa.**

Como consecuencia de esta complejidad de la variedad de factores que influyen en el ajuste de las prendas de ropa, el diseño y desarrollo de nuevas prendas sigue siendo en la actualidad un proceso de prueba-error muy artesanal con un elevado coste. Este hecho junto con la falta de estandarización en el etiquetado, han dificultado el desarrollo de un método de selección de talla globalizado. Además, la investigación realizada sobre el ajuste de ropa, la relación con dimensiones corporales y con la selección de la talla es muy limitada. El estudio más relacionado es el presentado por Ahrens (2000) en su tesis

doctoral. En ella compara el acierto en la selección de talla de pantalones cortos a partir de dos medidas corporales (contorno de cintura y altura de entrepierna) tomadas por un experto o por el propio usuario. El estudio concluye que el acierto es más alto con las medidas de experto, puesto que es muy difícil conseguir que los usuarios se tomen las medidas de forma correcta. Sin embargo, en su trabajo no se realiza ninguna aportación en lo referente a los algoritmos de selección de talla, pues se utilizan las tablas de tallas convencionales para realizar la clasificación.

En este contexto, esta tesis se plantea como un estudio preliminar del ajuste de las prendas de ropa que permita analizar el problema desde una perspectiva científica para verificar cuestiones fundamentales como, si es posible asignar una talla de ropa con un porcentaje de acierto superior al proporcionado por la talla habitual, cuáles son las medidas corporales más importantes en el ajuste de las prendas de ropa, si estas medidas dependen del estilo de la prenda, cuáles son las zonas de ajuste que intervienen en el proceso de selección de talla y si en este proceso influye la preferencia individual de cada usuario. El trabajo de investigación planteado en esta tesis tiene como objetivo responder este tipo de cuestiones. Se trata de un conocimiento fundamental para conceptualizar y desarrollar con garantías un sistema de predicción de ajuste y recomendación de talla de ropa.

Desde un punto de vista operativo, también hay cuestiones metodológicas a resolver relacionadas con la toma de medidas corporales y con los cuestionarios y metodología de valoración subjetiva del ajuste. Es fundamental determinar la precisión y fiabilidad de los métodos de medida corporal puesto que afectarán al sistema de asignación de talla en base a medidas corporales. Las medidas del cuerpo se han tomado tradicionalmente mediante métodos manuales como los estadiómetros o las cintas métricas. En la última década, se han extendido los sistemas de escaneo 3D corporal para extraer de un modelo 3D del cuerpo las medidas digitales. En este trabajo de investigación se analizará la precisión y fiabilidad de estos sistemas.

Respecto a la metodología de valoración del ajuste mediante cuestionarios, se revisará el patrón de referencia que utilizará el usuario y el experto para valorar el ajuste de la prenda respecto a un estándar definido por el diseñador. Asimismo, se analizará la aportación de las valoraciones subjetivas del ajuste realizadas por un experto frente a la valoración del usuario.

Por lo tanto, el alcance global del trabajo de investigación planteado en la presente tesis consiste en estudiar la viabilidad de desarrollar un sistema de recomendación del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de medidas antropométricas del usuario y plantear un desarrollo metodológico que sirva de punto de partida para posteriormente realizar un despliegue más amplio que permita escalar el proceso para cualquier tipo de prenda, estilo y sistema de tallaje de ropa.

Los aspectos específicos a investigar en esta tesis se han agrupado en tres bloques relacionados con la usuaria, la prenda y la interacción, midiendo esta última mediante valoraciones subjetivas del ajuste por zonas y en la selección final de la talla (Figura 9).

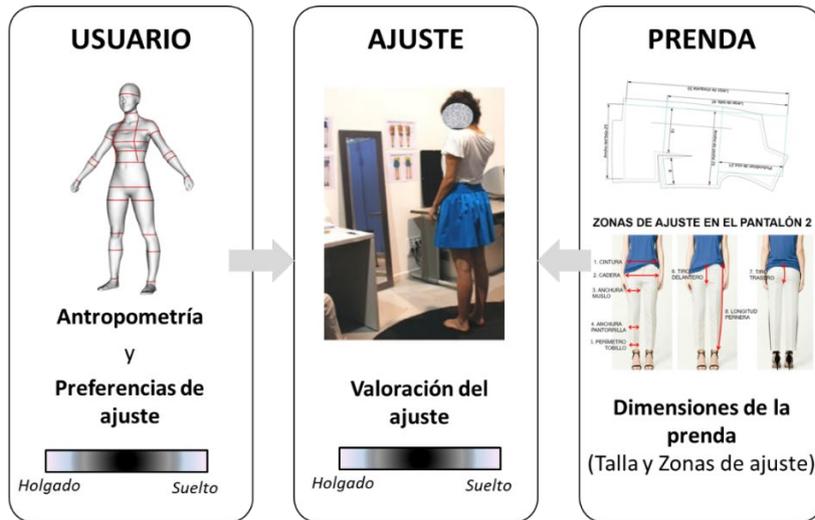


Figura 9. Variables consideradas para desarrollar el modelo de predicción de talla y ajuste por zonas de la prenda.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# Capítulo 2

## Estado del arte

El estado del arte se ha estructurado en cinco bloques. Estos bloques son:

- ***El proceso de diseño y fabricación de ropa:*** El desarrollo de un sistema de predicción del ajuste y recomendación de talla de ropa requiere de un conocimiento detallado del proceso de desarrollo e industrialización de este producto. Los métodos de patronaje y ajuste de las prendas de ropa, las medidas corporales de referencia que se utilizan en este proceso, los sistemas de tallaje y escalado de las prendas, desde la talla base en la que se desarrolla el patrón, al resto de tallas en que se comercializa la prenda, son aspectos que afectan al ajuste de la prenda y que, por tanto, hay que considerarlos en el desarrollo del recomendador de talla. Además, los procesos de fabricación no son perfectos. Existen unas tolerancias que derivan en que las prendas finales no se ajusten exactamente a las dimensiones teóricas. Estas tolerancias aportarán incertidumbre a los modelos de predicción del ajuste y recomendación de talla.
- ***La forma y dimensiones corporales:*** La antropometría es la ciencia que se encarga del estudio de la forma y dimensiones corporales. Esta ciencia se desarrolló con el uso de herramientas metrológicas como estadiómetros, calibres o cintas métricas. Sin embargo, en los últimos años, la evolución de la tecnología de escaneado corporal 3D ha revolucionado los métodos de caracterización de la forma y dimensiones corporales. La irrupción de esta nueva tecnología ha proporcionado, por un lado, nuevas métricas e información corporal que no se podía registrar con la tecnología tradicional, y por otro, ha generado la necesidad de crear nuevos protocolos y metodologías de trabajo que están actualmente en proceso de desarrollo. Esta situación, ha generado una falta

de estándares en la comunidad investigadora que se han resuelto con metodologías propias diseñadas por los grupos de investigación. Estas nuevas metodologías comprenden, además del proceso de medición, las etapas posteriores de procesado del dato y de análisis.

Por otro lado, la posibilidad de obtener la forma digital 3D del cuerpo mediante la tecnología de escaneado, ha potenciado el desarrollo de nuevos métodos de diseño de prendas de ropa sobre cuerpos 3D, nuevos métodos de venta mediante probadores virtuales, realidad aumentada o sistemas de personalización de ropa. El estado del arte en este apartado se ha centrado en los aspectos relacionados con el ajuste de ropa, es decir, cuáles son las formas y medidas relacionadas con el ajuste, cómo se miden, los estudios antropométricos realizados con aplicación al sector de la confección, cuáles son las metodologías de captura y análisis de aplicación a la fase de material y métodos y a la fase experimental de esta tesis.

- ***El ajuste de las prendas de ropa*** como factor que refleja la interacción entre el cuerpo y la prenda. Las prendas de ropa parten de piezas planas en dos dimensiones que se unen entre sí y se moldean sobre el cuerpo en tres dimensiones. El resultado de esta transformación se valora mediante el ajuste. Un ajuste adecuado de una prenda implica varios factores, el confort, la funcionalidad, la prenda debe permitir los movimientos con naturalidad y la estética, la prenda no tiene que presentar arrugas, pliegues y debe favorecer la silueta corporal. El estado del arte incluye una revisión de los aspectos que influyen en el ajuste y los métodos de valoración que principalmente son subjetivos y presentan una falta absoluta de procedimientos y metodologías. Esta es una de las claves por las que los criterios de diseño de ropa y los procesos de desarrollo de nuevas prendas no están sistematizados y requieren del conocimiento de expertos junto con métodos de prueba-error.
- El cuarto bloque del estado del arte consiste en una revisión de ***sistemas de recomendación***. Esta revisión incluye estudios sobre recomendación de talla de ropa, metodologías y modelos matemáticos que permiten desarrollar sistemas de recomendación y finalmente una recopilación y descripción de los sistemas de recomendación de talla de ropa actuales. Las publicaciones sobre modelos de recomendación de talla de ropa son muy limitadas, por lo que la revisión se ha ampliado a modelos de recomendación utilizados en otras aplicaciones analizando la posible transferencia al caso concreto de selección de talla de ropa objeto de estudio en esta tesis.
- Finalmente, el último bloque corresponde a las ***conclusiones del estado del arte*** y la contribución de esta tesis en el avance del mismo.

## **2.1 Diseño y fabricación de las prendas de ropa.**

El número de nuevos productos que desarrollan al año las empresas de ropa es enorme en comparación con el número de productos desarrollados en cualquier otro sector

(Senanayake, 2015). Los nuevos productos no se desarrollan de forma individual sino de forma simultánea agrupados en líneas o colecciones (May-Plumlee & Little, 1998). A este volumen, se añade la presión para presentar cada temporada colecciones en consonancia con las últimas tendencias de moda, tratando de determinar cuáles son las que más éxito tendrán entre los consumidores. La importancia de la adaptación del producto a las tendencias más exitosas del mercado, ha impulsado a que grandes empresas adopten el modelo ‘pronto moda’ (Tokatli, 2008; Crofton & Dopico, 2012) abanderado por la marca Zara, que ha creado el proceso de respuesta rápida hacia el mercado más eficiente (Mihm, 2010; Fernie & Sparks, 2018). Este modelo consiste en un proceso de desarrollo de producto prácticamente continuo en plazos de tiempo muy cortos teniendo en cuenta las nuevas tendencias y las ventas de las prendas en tienda prácticamente a tiempo real (Papahristou & Bilalis, 2016). Estos factores introducen bastante complejidad en el proceso de desarrollo de prendas de ropa (Gaskill, 1992).

El modelo de desarrollo de producto más general que describe el modo de funcionamiento de la mayor parte de las empresas del sector confección está dividido en seis fases (May-Plumlee & Little, 1998) (Figura 10). Este proceso tiene una duración de unos 9 meses por temporada. En el concepto ‘pronto moda’ en el que se desarrollan prendas de forma continua, el proceso se condensa notablemente permitiendo la introducción de nuevos modelos cada 4-5 semanas (Nayak & Padhye, 2015).

Fases del proceso	Fase 1: Investigación y planificación	Fase 2: Diseño conceptual	Fase 3: Diseño de detalle	Fase 4: Comercialización	Fase 5: Pre-producción	Fase 6: Optimización de la producción
Departamentos						
Marketing						
Desarrollo de Producto						
Comercialización						
Fabricación y control						

**Figura 10. Adaptación del proceso de desarrollo de prendas de ropa propuesto por Traci May-Plumlee (May-Plumlee & Little, 1998). Fases y departamentos implicados en cada fase.**

Este esquema de desarrollo es más amplio en el caso de las prendas técnicas como las deportivas y o las de protección individual en las que se incluyen validaciones más exhaustivas de materiales, funcionalidad de la prenda e incluso certificaciones de acuerdo a normativa. Como el alcance de este proyecto está acotado a prendas de moda, no se ha incluido en la descripción del proceso de desarrollo de productos aspectos relacionados con este tipo de prendas.

A continuación, se describe cada fase del proceso de desarrollo realizando una descripción en detalle de aquellos aspectos que incluyen en el ajuste de la prenda: **Patronaje, verificación del ajuste, escalado y control de calidad.**

### **2.1.1 Fase 1: Investigación y planificación de las líneas.**

Las etapas y actividades del proceso de desarrollo de indumentaria se inician con un análisis de tendencias que constituye la base para desarrollar el concepto de la colección

y las líneas de producto. En esta etapa colaboran los departamentos de marketing y diseño. En el plan de marketing y la previsión de ventas realizada en esta etapa del proyecto se utilizan para establecer criterios de costes.

En el análisis de tendencias participan tanto fuentes internas de la empresa (personal relacionado con el proceso de desarrollo de producto) como externas (expertos en tendencias). Se analizan las propuestas de los proveedores del sector (empresas de tejidos, accesorios y complementos) y las tendencias en la calle principalmente en el entorno de aquellas ciudades donde se marca tendencia (Londres, Milan, Tokio, Paris y Nueva York) (E. Kim et al., 2013). Este primer paso tiene como objetivo identificar los estilos y propiedades del producto más demandadas en sintonía con el público objetivo.

El equipo de diseño realiza una inmersión en todos los medios de comunicación actuales de ideas relacionadas con la moda, pasarelas, ferias, recientes innovaciones tecnológicas, bibliotecas de colores y tejidos, visitas a tiendas, análisis de la opinión de compradores, estudios de mercado, prensa especializada, oferta de productos de la competencia, etc. Incluso también se examinan eventos sociales y culturales (Pechoux, 2000). En los últimos años han ganado relevancia la figura de ‘blogger’ o ‘influencer’, que actúa como ‘early adopter’ de las tendencias de moda pudiendo influir en las tendencias que más éxito tendrán en la calle (Halvorsen et al., 2013; Cao et al., 2014). Existen organismos y profesionales (‘cool hunters’) que se dedican a la recoger las tendencias para cada temporada (E. Kim et al., 2013). Esta información la venden a las empresas de moda, mediante suscripciones o documentación propia y representa un coste importante del proceso de desarrollo. De esta forma las tendencias de cada temporada suelen ser bastante homogéneas. Hay que tener en cuenta que esta fase se realiza entre 6 y 12 meses antes de la temporada de ventas.

### ***2.1.2 Fase 2: Diseño conceptual de las líneas.***

En la fase 2 se desarrolla el concepto de diseño de las prendas específicas de cada línea, que consiste en el bocetado de las prendas, la selección de la paleta de colores, los tejidos y accesorios. Dependiendo de la capacidad de inversión de la empresa y el segmento al que se dirigen, los tejidos proceden de una selección de proveedores textiles o se diseñan de forma personalizada. Esta última opción requiere un mayor tiempo de desarrollo.

A partir de la información de mercado recogida en la fase 1, se inicia el diseño conceptual con un ‘briefing’ que consiste en una definición más específica de la línea incluyendo, para cada tipo de prenda y de acuerdo con el concepto definido, el estilo del aprenda, colores, materiales, tejidos, rango de precio, etc.

A partir del ‘briefing’, el diseñador empieza a trasladar los conceptos a la colección, empezando por la realización de una serie de bocetos (Studd, 2002). El resultado de esta fase de identificación de producto continúa con una planificación detallada que materialice y englobe el estilo conceptual de la línea, patrones, colores y la coordinación de todos estos elementos. Esta información se completa con la ficha técnica de cada prenda que incluye un boceto técnico de la prenda, especificaciones de materiales y

adornos (Figura 11). Esta ficha técnica incluye también el rango de tallas en las que se va a fabricar la prenda considerando el rango de acomodación de cada talla. Esta información se decide a nivel experto sin realizar ningún estudio de verificación.

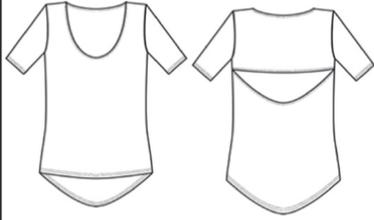
Style summary		Cal Poly Pomona			
Style #:	AM21401	Description:	Open back scoop neck T	Status:	In progress
Design/proto #:	#3	Fabric group:	Knit	Current stage:	PD
Division:	Womens	Season:	Fall 2014	Approved date:	Pending
Brand:	AM2	Base size:	S	Date created:	01/21/14
Product class:	Tops	Size range:	XS S M L	Date revised:	05/10/14
Factory:	Cal poly pomona	Designer:	Megan S		
Country of origin:	USA	Product development:	Savannah C		
Fabric type:	60% rayon 40% cotton jersey knit	Tech designer:	Andrew N		
Front & back flats			Special instruction		
			Callouts, comments, instructions		

Figura 11. Ejemplo de ficha técnica de una prenda (Senanayake, 2015).

### 2.1.3 Fase 3: Diseño de detalle.

La fase 3 consiste en el diseño de detalle de las prendas. Este proceso es relevante para determinar el ajuste final de la prenda. En esta fase se traducen los bocetos de las prendas a producto real. Es la fase de prototipado. Se desarrollan y/o seleccionan los tejidos, colores y adornos. Se desarrolla el **patronaje de la prenda** en la talla base y se aprueba siguiendo un proceso de prueba-error en el que se fabrican prototipos que se verifican sobre modelos reales (T. Koh et al., 1997; S. P. Ashdown et al., 2004; L. Bye, 2005; J. Bougourd, 2007; TARRIER et al., 2010; Gupta, 2011) que cumplen con las medidas corporales principales que utiliza como referencia el o la patronista. El ajuste de la prenda se decide en esta fase con criterios que conjugan confort y estilo (L. Bye, 2005). Una vez validadas las medidas del patrón para la talla base, a través de los criterios de escalado, se calculan las medidas del resto de tallas. Esta información se incluye en la ficha de especificaciones de ajuste o patronaje (Figura 12).

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

Fit specifications										Cell Poly Pomona
Size #:	AM21401	Description:	Open back scoop neck T			Status:	In progress			
Designer #:	80	Group:	F&A			Current stage:	PD			
Season:	Women	Season:	Fall 2014			Approved date:	Pending			
Brand:	AMP	Base size:	S			Date created:	01/21/14			
Product class:	T-shirt	Size range:	XS, S, M, L			Date revised:	02/10/14			
Approval status										
POM	Description	Sizes				Fit		Revised spec.	Pom comments—fits with measurements	
		XS	S	M	L	Fit spec. (1)	Delta (1/2)			
1	Back bottom panel length center back to bottom hem	18 1/2	19 3/4	19	19 1/4	19	3/8			
2	Center back neck to shoulder	7 1/2	7 3/4	8 1/4	8 1/2	8	1/4			
3	Center back neck to yoke hem	12 1/2	12 3/4	13	13 1/4	13	3/8			
4	Center front neck to hem	21 1/4	21 3/4	22 1/4	22 3/4	22 1/4	1/2			
5	Front neck width	18	18 1/2	19	19 1/2	19	3/8			
6	Neck drop	5 1/2	5 1/2	5 1/2	5 1/2	6 3/4	1 1/4			
7	Sleeve arm	18	18 1/4	18 1/2	18 3/4	19	1/2			
8	Sleeve length top	9 1/2	9 3/4	10	10 1/4	9 1/2	1/4			
9	Sleeve opening	11 1/4	12	12 3/4	13 1/2	12 1/2	1/4			
10	Sleeve	36	40	42	46	43	1/2			
Comments										
1)										
2)										
3)										
4)										
CB: Centre back										

Figura 12. Ejemplo de tabla de especificaciones de ajuste de la prenda (Senanayake, 2015).

El departamento de mercado analiza y ajusta el coste de la prenda, se estima el volumen de ventas y se definen los márgenes de beneficio (Figura 13). Por su importancia en el ajuste de las prendas, a continuación, se describe con más detalle el proceso de patronaje y verificación de ajuste de las prendas de ropa.

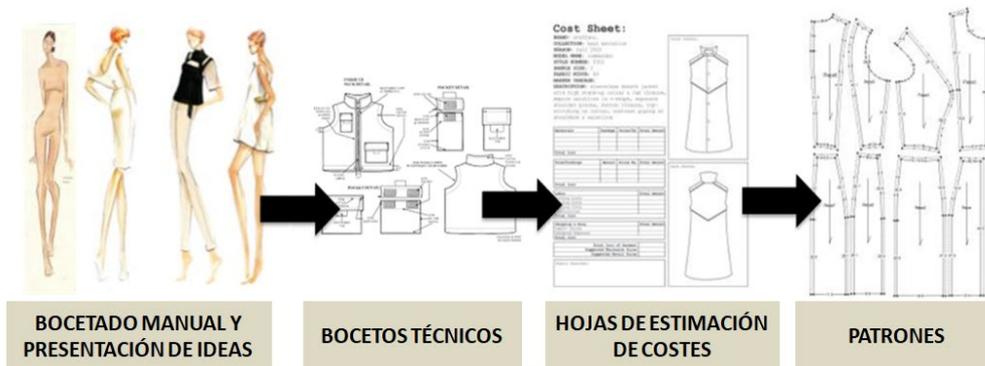


Figura 13. Proceso de diseño de detalle de prendas a partir de bocetos de la fase 1 (Durá-Gil et al., 2019).

2.1.3.1 Patronaje.

El patronaje consiste en diseñar las piezas de la prenda de ropa desarrolladas sobre una superficie plana en dos dimensiones. Estas piezas, al unirse mediante costuras, forman la prenda que ajustará en tres dimensiones sobre el cuerpo (Figura 14).

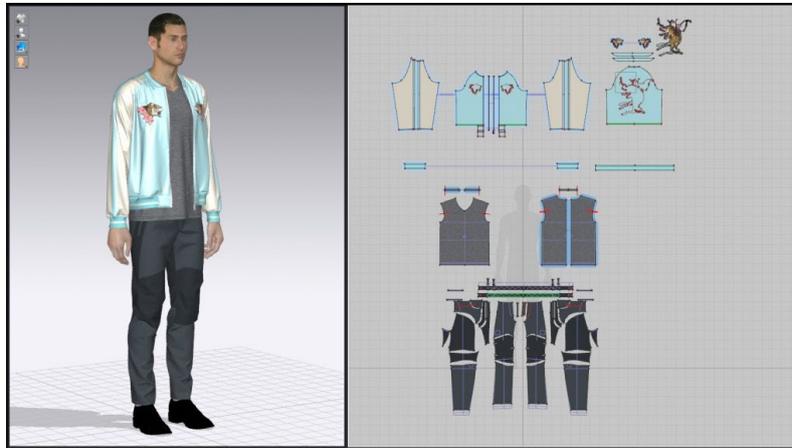


Figura 14. Simulación de la prenda en 3D a partir del patronaje 2D (Nivetha Sundar, 2017).

El proceso de patronaje es el que más influencia tiene sobre el ajuste de la prenda. Se lleva a cabo siguiendo dos metodologías. En la primera se ajusta la tela directamente sobre modelos reales o maniqués que posteriormente se pasa a papel manualmente o con un digitalizador (Figura 15). En el segundo método se modifican patrones base de prendas similares archivadas en las bases de datos de patrones, para crear nuevos modelos a mano o utilizando programas CAD.

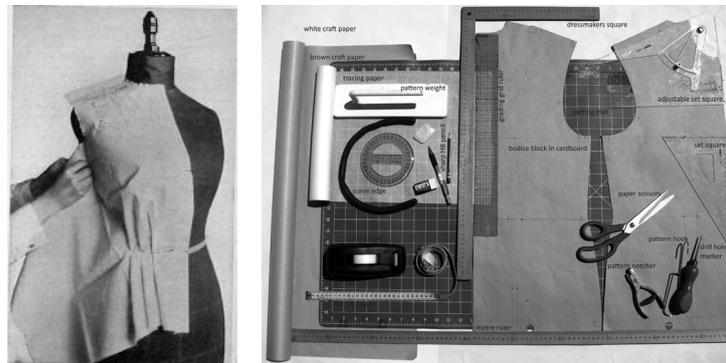


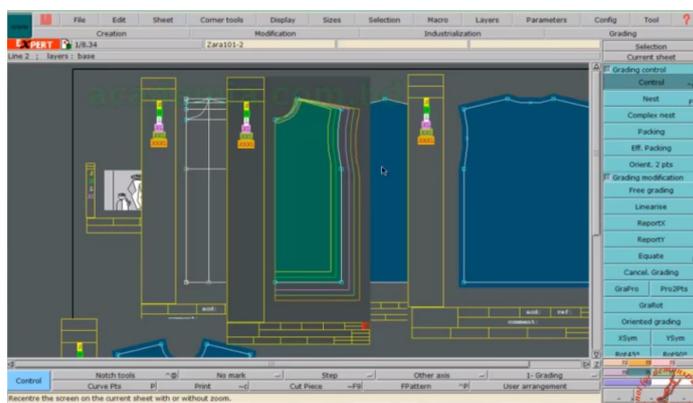
Figura 15. Izquierda: Proceso de patronaje directo sobre el cuerpo o un maniquí. Derecha: Proceso manual de creación de patrones (Puri, 2013).

El primer método se utiliza principalmente en la fabricación de ropa a medida, mientras que el segundo, el más extendido, es utilizado por la mayoría de las empresas al tener un enfoque más industrial (Outling, 2007).

La utilización de programas CAD 2D en el proceso de industrialización y fabricación de ropa está muy extendida. En particular, estos programas se integran en el proceso para

realizar los escalados del patrón base de forma automática y conectar esta fase con las máquinas de corte que minimizan el desperdicio de material (Figura 16).

Los sistemas comerciales como Lectra Systems (<https://www.lectra.com/en>), Optitex (<https://optitex.com/>) o Gerber Technology (<https://www.gerberotechnology.com/>) (Lee, Y.A., 2014) han conseguido reducir de forma significativa los tiempos en las fases 5 y 6 de pre-producción y fabricación (Outling, 2007; Huang et al., 2012). Sin embargo, la etapa en la que se crea el patrón en la talla base sigue siendo un cuello de botella en el proceso de desarrollo de nuevos modelos por la necesidad de verificar el patrón en varias iteraciones creando prototipos y probándolos con modelos reales.



**Figura 16. Escalado automático de patrones en CAD. Tutorial de Lectra: Lectra: Grading your Patterns (Extraído de Academia, 2014).**

Actualmente, en el proceso de diseño de un nuevo patrón en la talla base, los patronistas parten de un bloque estándar que comparte algunas características con la nueva prenda a diseñar (Anand, 2011; Huang et al., 2012) y que proporciona un ajuste óptimo para las medidas corporales de referencia de esa talla (Pandaram & Yu, 2015). Este bloque estándar se modifica ajustando características de estilo de la nueva prenda, aspectos relacionados con el tejido y criterios de ajuste en función de las medidas de referencia de la talla base. Estos ajustes se realizan modificando la ‘holgura’ o ‘desahogo’ del patrón en distintas zonas y re-diseñando algunas líneas del patrón. La ‘holgura’ o ‘desahogo’ de una prenda es la diferencia entre la medida del cuerpo y la medida de la prenda para permitir el movimiento del cuerpo con comodidad (Z. Wang et al., 2006; Huang et al., 2012) y acomodar la variabilidad de medidas corporales de la población de una talla. Además, tiene relación con el estilo de la prenda que, más ajustada (‘slim’) o más suelta (‘oversized’). En general, las holguras suelen tener valores positivos para que haya espacio extra entre la prenda y el cuerpo. Sin embargo, en algunas prendas fabricadas con materiales muy elásticos, las holguras pueden ser negativas, es decir, la prenda es más pequeña que el cuerpo en algunas dimensiones.

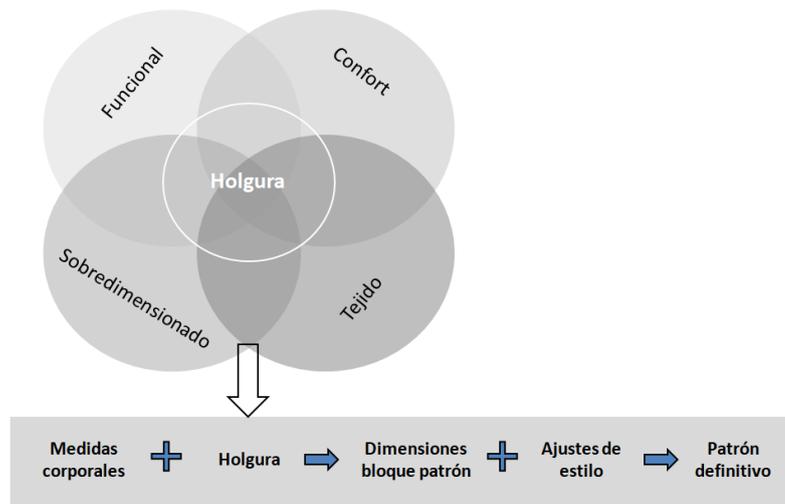
Los programas CAD permiten modificar los patrones base. Sin embargo, la falta de criterios para establecer las holguras del patrón en función de los nuevos estilos de prenda requiere siempre una verificación posterior mediante la fabricación de prototipos y la realización de pruebas con usuarios que incrementan los costes y tiempos de desarrollo (Kang & Min Kim, 2000; Huang et al., 2012; McKinney et al., 2012). El diseño y ajuste de los patrones lo realizan patronistas con mucha experiencia y criterios de experto que, hasta el momento, no se han podido automatizar. Aunque muchas empresas externalizan una parte importante del desarrollo y fabricación de prendas, el patronaje de la talla base sigue siendo un proceso nuclear que se mantiene en la empresa por el conocimiento asociado y la implicación en el resultado de la prenda.

Los patronistas trabajan generalmente con tablas de tallas para cada tipo de prenda en las que se establece las medidas cuerpo de referencia para cada talla y las medidas prenda relacionadas (Stanley, 1991; Beazley, 1999). Así se establecen los parámetros de escalado de tallas a partir de la talla base (Pandaram & Yu, 2015). Las medidas prenda se desglosan en la medida del patrón base más la holgura.

Aunque las tablas de tallas son la referencia para abordar el patronaje de una nueva prenda, ya sea a mano o mediante programas CAD, presentan inconvenientes que dificultan su aplicación:

1. **No siempre se incluyen todas las medidas cuerpo-prenda que se requieren.** Los nuevos diseños que surgen en la moda exigen la aplicación de nuevas medidas que no se utilizan en los bloques base convencionales.
2. **La holgura que se aplica a la medida base del patrón no puede ser estándar y hay que ajustarla cada vez en función del estilo de la prenda y el tejido.** Este ajuste actualmente lo realizan expertos en patronaje y es el principal motivo por el que se requiere una verificación del patrón con modelos. Diversos autores han analizado el papel de la holgura en el ajuste de la ropa y los factores que influyen en ella (S. P. Ashdown & DeLong, 1995; T.-H. Koh et al., 1995; Beazley, 1999; Z. Wang et al., 2006; Z. Wang, 2008; Gill, S, 2011; Gill & Hayes, 2012; Geršak, 2014). S. Gill (2011) propone un concepto de holgura dependiente de cuatro factores que influyen en los criterios de patronaje (Figura 17):
  - a. *Funcional*: tiene como objetivo el permitir los movimientos naturales del cuerpo por ejemplo al andar, sentarse o agacharse (Huang et al., 2012; McKinney et al., 2012). Este aspecto dependerá mucho del tipo de prenda y de su uso. Incluye también aspectos relacionados con el ajuste. Es especialmente relevante en prendas deportivas o de protección para uso profesional.
  - b. *Confort*: S. Gill (2011) relaciona el confort con aspectos sensoriales en los que influyen factores fisiológicos como la sensación de frío y calor asociados a requerimientos de aislamiento térmico, ventilación o re-circulación de aire.

- c. *Sobredimensionado*: está relacionado con la posición de la prenda respecto a la piel, es decir, si se trata de una prenda de primera capa en contacto con el cuerpo o si es jersey de segunda capa o una chaqueta que corresponde a una tercera capa y que deberá tener mayor holgura para ajustarse al sobredimensionado que producen las capas inferiores. Incluso se tendrá en cuenta la cantidad de costuras que conforman las piezas del modelo. Esto último, tiene relación con la resistencia del tejido y con los milímetros que se pierde por costuras en el contorno de la prenda al ser montada.
- d. *Tejido*: Las propiedades de elasticidad del tejido y el grosor también influyen en el valor de la holgura, utilizándose holguras más amplias en tejidos menos elásticos que no se adaptan con mucha facilidad a la diversidad de formas y dimensiones del cuerpo humano (Gill, S, 2011; Geršak, 2014). La caracterización mecánica de los tejidos se realiza mediante el método Kawabata (Kawabata & Niwa, 1989; NGOC & Boivin, 2004), reconocido como estándar para definir los parámetros de simulación de la caída, pliegues y movimiento del tejido en programas de patronaje y simulación 3D de ropa. Sin embargo, las propiedades mecánicas de los tejidos, no se han utilizado de momento para determinar criterios de holgura relacionados con la elasticidad del material.



**Figura 17.** Adaptación del gráfico de Simeon Gil (Gill, S, 2011) . Concepto de holgura y su aplicación al proceso de patronaje.

En la propuesta de Gill (2011), la influencia del estilo en el patronaje de la prenda está considerada en una etapa posterior del ajuste del patrón, sin embargo, algunos autores consideran que el estilo de la prenda también

influye en la determinación de la 'holgura' (T.-H. Koh et al., 1995; Z. Wang et al., 2006; McKinney et al., 2012; Geršak, 2014). Geršak (2014) define dos tipos de holgura, una relacionada con el confort, en la que incluye todos los aspectos anteriores propuestos por Gill (2011) y otra definido por el estilo y preferencias de ajuste personales.

En la práctica, los patronistas aplican los criterios de 'holgura' de gorma global, combinando todos estos factores que están inter-relacionados y no son fáciles de separar (Beazley, 1999).

3. Aunque las tablas de tallas incluyen las dimensiones del bloque patrón para el rango completo de tallas, **el patronaje se desarrolla y verifica solo en la talla base**. Posteriormente esta talla se escala al resto mediante procesos sistemáticos que habitualmente no se validan (S. P. Ashdown & DeLong, 1995; Schofield, 2007; Song & Ashdown, 2010). Además, el rango de tallas final de cada prenda depende muchas veces del tejido y estilo, definiendo saltos de tallas más o menos grandes en función del rango de acomodación de la prenda. Por ejemplo, en una camiseta holgada de punto tiene una capacidad de ajuste bastante amplia, por lo que se aplican saltos de tallas en anchura en torno a 10 centímetros (EN 13402-3:2017, 2017a). Sin embargo, en una camisa entallada con requerimientos de ajuste más precisos y tejido poco deformable, el salto entre talla es más reducido y se suele estar alrededor de cinco centímetros (EN 13402-3:2017, 2017a). En los casos en los que se definen rangos de tallas que no corresponden a los pre-establecidos, la correspondencia entre medidas cuerpo y medidas prenda en cada talla no se conoce con certeza. Por lo tanto, en la mayoría de casos, las empresas no tienen la seguridad de a qué medidas corporales visten sus prendas en cada talla (Schofield, 2007). Tampoco implementan estrategias para analizar y contrastar el ajuste de sus prendas a la población objetivo a la que se dirigen (S. P. Ashdown & DeLong, 1995; Song & Ashdown, 2010). Además, la mayoría de empresas utilizan tablas de tallas basadas en medidas corporales anticuadas. Algunas, solo incluyen las medidas de la prenda, sin tener claro qué dimensiones corporales visten (Wren & Gill, 2010).

Por lo tanto, pese a la integración de programas CAD digitales, el desarrollo de nuevos patrones y sus modificaciones siguen en manos de patronistas expertos que trabajan en base a su experiencia y una metodología de prueba-error que implica prototipado y validación sistemática del nuevo patrón mediante pruebas de ajuste realizadas con modelos que representan las medidas corporales de la talla base (T.-H. Koh et al., 1995; S. P. Ashdown & DeLong, 1995; S. P. Ashdown et al., 2004). Estas medidas corporales, tampoco se ha verificado si son las más relevantes para el ajuste de la prenda.

### 2.1.3.2 Ajuste.

Conocida como ‘fitting’ en el sector confección, esta fase tiene como objetivo analizar los problemas de ajuste de los nuevos patrones desarrollados y determinar las modificaciones a realizar.

Las pruebas de ajuste se llevaban a cabo con modelos reales, personas que tienen las dimensiones antropométricas de referencia definidas para la talla base en la que se desarrollan los nuevos patrones (L. Bye, 2005; Song & Ashdown, 2010; Pandarum & Yu, 2015; Zakaria, 2017). Estos/as modelos, evalúan el ajuste, movilidad y confort de la prenda de modo que marcan las modificaciones a realizar en el patrón para mejorar el éxito funcional y ergonómico de la prenda en el mercado (Song & Ashdown, 2010). Tras esta prueba, es necesario realizar modificaciones en el proceso anterior de diseño del patrón, volver a fabricar prototipos de la prenda y verificarla de nuevo con pruebas de ajuste. Este método iterativo se repite más o menos veces en función de la complejidad de la prenda y supone un coste relevante para las empresas y un retraso en el lanzamiento del producto (S. P. Ashdown & O’Connell, 2006; E. Lee & Park, 2017).

La prueba de ajuste tiene bastantes inconvenientes. Por un lado, no se realiza de forma protocolizada y mediante pautas sistematizadas de recopilación de información (S. P. Ashdown & DeLong, 1995) y por otro, el/la modelo está lejos de ser una muestra representativa de la población. Aunque sus dimensiones antropométricas representen la talla base, la percepción y preferencias de los usuarios también son muy variables y tienen un peso significativo en la valoración final del producto. El ajuste de las prendas es un aspecto muy subjetivo y cada persona difiere sobre qué considera un buen ajuste de una prenda y cómo le gustaría que se acomodara su cuerpo. Además de los factores propios de la prenda descritos en el punto anterior, existen numerosos aspectos adicionales que influyen en la percepción del ajuste en los consumidores como las tendencias de moda, las influencias culturales, edad, género, forma corporal, estilo de vida y, por supuesto, preferencias personales (Shan et al., 2012).

Con el objetivo de eliminar la etapa de fabricación de prototipos de la prenda, se han realizado estudios para validar la utilización de probadores virtuales que permiten vestir los patrones sobre escaneados o modelos corporales 3D que representan a las/los modelos de prueba (S. P. Ashdown et al., 2004; J. Lee et al., 2007; Song & Ashdown, 2010; D.-E. Kim & LaBat, 2013a; Song & Ashdown, 2015; E. Lee & Park, 2017). Algunos programas de simulación y diseño de patrones 3D como Modaris 3D Fit (Lectra), Vstitcher™ (Browzwear), 3D Suite (OptiTex), y Clo3D (CLO Virtual Fashion Inc.) han explorado el uso de estas herramientas para acortar el proceso de desarrollo de muestrarios reduciendo las pruebas físicas de ajuste (Figura 18). Sin embargo, estos programas no tienen actualmente suficiente precisión y no reflejan con realismo el ajuste de la prenda real resultante de los patrones 2D diseñados especialmente cuando son complejas (Durá-Gil et al., 2019; E. Lee & Park, 2017).

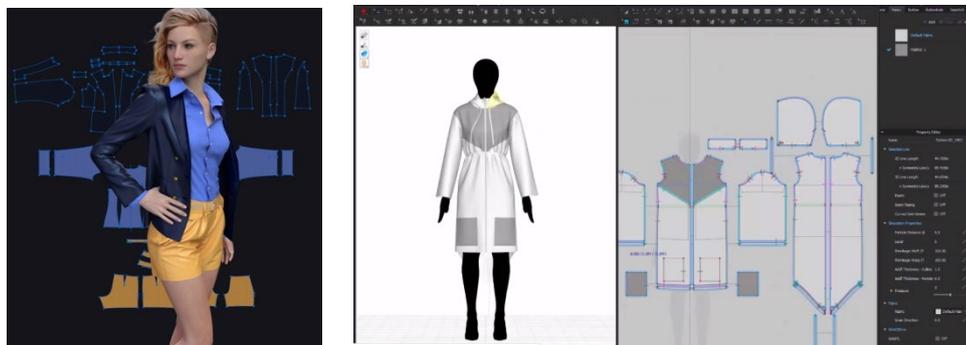


Figura 18. Izquierda: Software V-Sticher de Browzwear para simulación 3D de patrones. Derecha: Software CLO3D de diseño interactivo de patrones 2D/3D.

Por otra parte, las pérdidas que suponen las pruebas de ajuste principalmente en términos de *time-to-market* fuerzan en muchos casos y principalmente en el contexto de pronto moda, a reducir el número de pruebas, aumentando el porcentaje de ropa con problemas de ajuste para la población (Senanayake, 2015).

#### 2.1.4 Fase 4: Comercialización.

En la fase 4, el equipo de marketing desarrolla el material promocional para los comerciales. Se fabrican muestrarios para presentar la línea a canales de tiendas. Se revisan los pedidos y se analizan frente a las previsiones. A partir de los resultados se revisan los pedidos a proveedores y la planificación de fabricación de modelos y tallas.

#### 2.1.5 Fase 5: Pre-producción.

Para planificar la producción final, en la fase 5 se traslada el patronaje de la talla base a todo el rango de tallas que consiste en el escalado de los patrones y el marcado de los tejidos. Esta fase de escalado también tiene una implicación importante en el ajuste final de las prendas. Se pone a punto la ingeniería de procesos de producción de la línea y se evalúan y planifican los aspectos de control y calidad.

##### 2.1.5.1 Escalado.

El proceso de escalado consiste en la extrapolación del patrón base al resto de tallas aplicando los incrementos o reducciones dimensionales correspondientes a los saltos de las dimensiones corporales que se han establecido en el sistema de tallaje (Schofield, 2007). Cada empresa determina la talla base desde la cual se inicia el escalado y los incrementos o reducciones a realizar para ajustarse a su tabla de tallas. Sin embargo, el cuerpo humano no aumenta de tamaño de forma proporcional. Las proporciones de ajuste del patrón para la talla base no se ajustan a las proporciones corporales reales de la población de tallas más grandes o más pequeñas, por lo que no sería adecuado mantenerlas en el proceso de escalado (Schofield, 2007; S. Ashdown & Loker, 2010).

Nancy A. Schofield y LaBat (2005) comprobaron que las reglas de escalado no se ajustaban a la antropometría de la población americana y analizaron los problemas de ajuste que se podrían producir en distintas zonas de la prenda. Por su parte, Bye et al. (2008) comprobaron, mediante la fabricación de prototipos y pruebas con usuarios, que los métodos de escalado tradicionales generaban problemas de ajuste y que era necesario implementar modificaciones de forma en los patrones para ajustar adecuadamente a otras tallas diferentes a la talla base, al menos dos tallas más allá de la talla base, por arriba y por abajo. Por lo tanto, las reglas de escalado que se utilizan en la industria, contribuyen a los problemas de ajuste identificados (E. Bye et al., 2008).

En la actualidad, la mayoría de programas CAD incorporan herramientas de escalado automático siguiendo las reglas proporcionales tradicionales de aumento o reducción del patrón que mantienen las proporciones de ajuste (S. Ashdown & Loker, 2010) y generan problemas de ajuste principalmente en las tallas más grandes (Schofield & LaBat, 2005).

La fase de escaldado suele incluirse en la mayoría de empresas en la etapa de industrialización del producto. Incluso cuando la producción se realiza de forma externa y deslocalizada, el escalado se suele dejar en manos del proveedor (Gereffi & Memedovic, 2003). Sin embargo, muchos de los problemas de ajuste se derivan de este proceso que, como en el caso del patronaje, carece de estándares y se realiza en base a datos y parámetros anticuados que no han sido revisados y actualizados en años.

#### *2.1.5.2 Tolerancias dimensionales de las prendas de ropa.*

El control de calidad de las prendas de ropa incluye la revisión de muchos defectos relacionados con la materia prima textil, los procesos de cortado, cosido, las costuras y los acabados. En este punto, y para el objetivo de la tesis, únicamente se revisarán las tolerancias dimensionales de las prendas derivadas del proceso de fabricación.

Las prendas terminadas pueden no tener la talla adecuada debido a patrones incorrectos, falta de precisión en el marcado, cortado o en el propio cosido debido a errores de posicionado o desalineaciones en la unión de las piezas (S. P. Ashdown et al., 2007; Keist, 2015). En ocasiones las prendas pueden tener falta de simetría debido a estos defectos (Keist, 2015; Workman & Lentz, 2000). El ajuste de las prendas terminadas se verifica colocando las prendas en maniquís o incluso en modelos reales. Los productos de la misma talla se contrastan dimensionalmente de acuerdo a las tablas de tallas de la empresa en las zonas importantes para el ajuste (por ejemplo, busto, cintura, largo).

La fabricación de prendas de ropa presenta todavía en la actualidad bastantes procesos manuales que producen discrepancias entre las dimensiones nominales y las reales (Serrat et al., 2018). Las tolerancias dimensiones admisibles por el proceso de fabricación dependerán de cuánta discrepancia entre medidas es posible sin producir un problema de ajuste en la prenda. Ashdown y DeLong (1995) analizaron cuál era la tolerancia mínima en el ajuste de las prendas que puede ser percibida por los usuarios. Esta tolerancia varía en función de la zona corporal. Los participantes percibían

variaciones de un 1 cm en la zona de la cadera y entrepierna mientras que en la cintura percibían variaciones de 0.5 cm.

Mantener las tolerancias de fabricación de prendas de ropa en márgenes estrechos es muy costoso, por lo que es importante establecer unos valores óptimos en relación a la precisión de ajuste necesaria para cada tipo de prenda. Aunque las tolerancias pueden diferir en función del tipo de prenda, el margen general que se utiliza en la industria es de 0.5 pulgadas tanto para longitudes como para contornos (S. P. Ashdown et al., 2007).

#### ***2.1.6 Fase 6: Optimización de la producción.***

Finalmente, en la fase 6, el equipo de marketing revisa y ajusta, a partir de los pedidos, el estilo, colores y número de tallas de cada línea para optimizar beneficios, realizándose si es necesario cambios y adaptaciones en fases anteriores. Estos ajustes continúan incluso cuando la producción ya está en marcha. En principio en esta fase, ya no se producen modificaciones que afecten al ajuste de las prendas.

#### ***2.1.7 Etiquetado de la talla.***

La talla de las prendas de ropa es la forma de comunicación entre el fabricante y el consumidor para que este último pueda identificar cuál es la prenda que se ajusta a sus dimensiones corporales. Sin embargo, los consumidores tienen problemas para encontrar talla (Cilley, 2016; Gould-Thorpe, 2012) debido a diversos motivos:

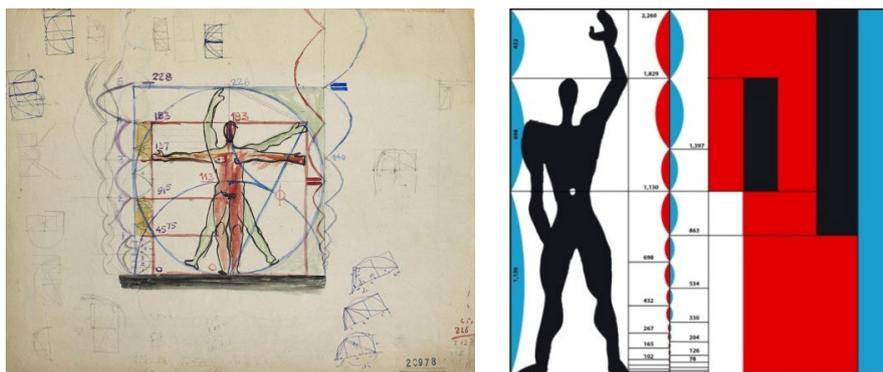
- Existen muchas normativas de tallaje, algunas propias de cada país (Yu, 2004a) y otras con carácter más global como la europea (EN 13402-3:2017, 2017b) o la internacional (ISO 8559-3:2018, 2018). Además de ser diferentes, lo que es un problema en un mercado globalizado, ninguna es de obligado cumplimiento, por lo que las empresas no las utilizan como referencia (Kasambala et al., 2016).
- Como se ha descrito anteriormente, la mayoría de empresas no tienen la certeza de a qué medidas corporales visten sus prendas en cada talla (Schofield, 2007), por lo que es difícil encontrar una correspondencia y un etiquetado del tallaje consistente (Kinley, 2003).
- El tallaje se utiliza en muchos casos como herramienta de marketing. El conocido como ‘Vanity Sizing’ consiste en etiquetar las prendas con tallas más pequeñas a las que correspondería que los/las consumidores/as se sientan mejor con sus dimensiones corporales (Weidner, 2010; Aydinoğlu & Krishna, 2012).

Estas son las causas principales que provocan que cada individuo utilice tallas diferentes en función de la marca o, en algunos casos, incluso en una misma marca (Devarajan, 2003; Apeagyei & Mandeya, 2010; Kasambala et al., 2016). Esta situación es un inconveniente para el desarrollo de un sistema de recomendación de talla sencillo con fácil escalabilidad, puesto que hay que determinar las relaciones medidas prenda – medidas cuerpo – etiquetado, de forma específica para cada prenda.

## **2.2 Antropometría. Estudio de la forma y dimensiones del cuerpo humano.**

El estudio de las dimensiones corporales tiene su origen en el análisis de las proporciones humanas y su armonía (Easterby, 2012; Pheasant, 2014). En el Renacimiento, Leonardo Da Vinci realiza el dibujo de la figura humana, basado en las reglas de las proporciones que debe seguir un cuerpo humano ideal propuestas por el arquitecto Vitrubio en el tratado llamado ‘De arquitectura’. El hombre de Vitrubio también se lo conoce como ‘El hombre ideal’ puesto que propone unas proporciones corporales ideales. Se definió lo que se conoce como el ‘Golden ratio’. Esta teoría asumía que ciertas proporciones entre los segmentos corporales eran más ‘armónicas’ o estéticas (Kelly, 2005; Angarita, 2012; Pheasant, 2014). Sin embargo, este canon ideal es ficticio puesto que las proporciones humanas reales tienen una gran variabilidad entre la población (Helander, 2005; Easterby, 2012; Pheasant, 2014). Más tarde, Alberto Durero, en los cuatro libros de proporciones humanas, intenta categorizar la diversidad del cuerpo humano basando sus ilustraciones en la observación sistemática y la medición de un gran número de personas (Pheasant & Haslegrave, 2006).

Le Corbusier retomó el estudio de las proporciones corporales que concluyó en 1945 tras veinte años de investigación que formó parte de su tesis doctoral. En 1950 Le Corbusier publicó *The Modulor: A Harmonious Measure to the Human Scale Universally Applicable to Architecture and Mechanics*. Y en 1955, *Modulor II* (Kelly, 2005). Su objetivo fue crear un sistema de proporciones que reconciliara la belleza del Golden Ratio con las dimensiones proporcionales del cuerpo humano (Figura 19). El cuerpo humano en este caso, fue definido como hombre inglés de 6 pies de altura y una mano levantada (Ostwald, 2001). El profesor Einstein (in Princeton, New York) calificó este estudio como ‘Es un lenguaje de proporciones que hace difícil hacer las cosas mal pero fácil hacerlas bien’.



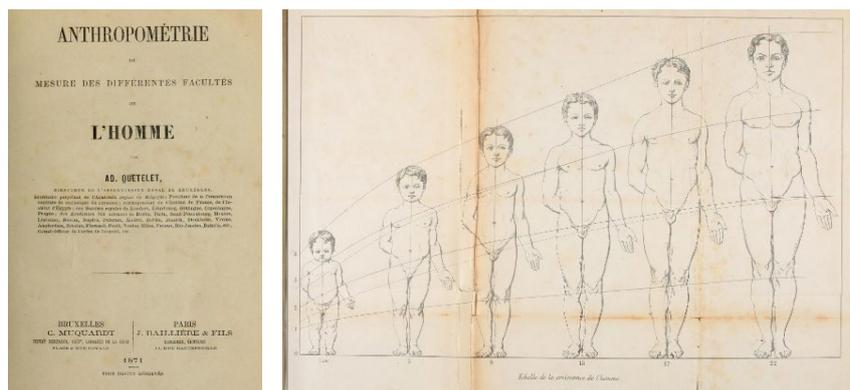
**Figura 19. Ilustraciones del estudio de proporciones corporales realizado por Le Corbusier (Fuente: fundación Le Corbusier).**

En el sector de la confección de ropa, las proporciones corporales también tienen mucha importancia. El bocetado y diseño de prendas se realiza sobre maniqués de proporciones idealmente establecidas en el sector de la moda (Figura 20). Los métodos de patronaje, tienen su fundamento en la relación entre medidas corporales de canon ideal. Estas proporciones se utilizan para calcular los puntos de referencia que permiten trazar el patrón (Durá-Gil et al., 2019).



**Figura 20. Proporciones corporales idealizadas que se utilizan en el sector de la moda para diseñar nuevas colecciones (Fuente: Proyecto europeo In-Kreate; <https://www.inkreate.eu/>).**

En el campo de la antropología, la antropometría encuentra su origen en el siglo XVIII como ciencia que estudia las medidas del cuerpo humano en el desarrollo de estudios de antropometría racial comparativa por parte de los antropólogos físicos Linneo, Buffon y White (Angarita, 2012). Aunque no fue hasta 1870 con la publicación de “Anthropométrie”, del matemático belga Quetelet (Figura 21), cuando se crea y establece la Antropometría como disciplina científica (Kroemer, 1984). Quetelet propone por primera vez el concepto de ‘hombre promedio’ e ideó el índice de masa corporal que todavía se utiliza en la actualidad (Pheasant & Haslegrave, 2006; Preedy, 2012).



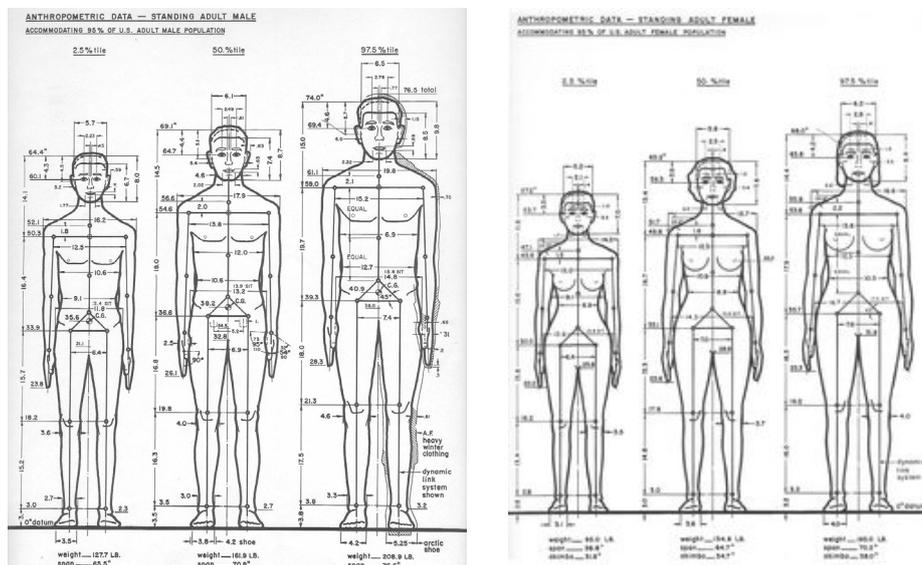
**Figura 21. Portada e ilustración del libro Anthropométrie de Quetelet, digitalizado en 2012 con financiación de la University of Toronto y disponible en Internet Archive (<https://archive.org/>).**

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

A partir de 1940, con la necesidad de datos antropométricos en la industria, específicamente la bélica y la aeronáutica, es cuando la antropometría se consolida y desarrolla. Entre los años 30 y 40, se llevaron a cabo una gran cantidad de investigaciones antropológicas militares en EEUU y Europa que se utilizaron en el diseño de equipamiento militar incluyendo ropa, aviones, barcos y tanques. Toda la información del cuerpo humano proveniente de la psicología, fisiología, antropología y medicina, se trasladó al dominio de la ingeniería para su aplicación en el campo de la ergonomía y factores humanos (Gupta, 2014).

En los años 60 y 70, las nuevas necesidades de la ingeniería desarrollaron técnicas de medida y métodos estadísticos que actualizaron la investigación en antropometría. Se realizaron importantes recopilaciones de datos antropométricos, técnicas y métodos de medida en Estados Unidos y Europa (Kroemer, 1989). La investigación en el área de antropometría se centró en aplicaciones principalmente del sector de automoción y en el diseño del puesto de trabajo. En los países desarrollados tomó relevancia la importancia de un puesto de trabajo y equipamiento bien diseñados para mejorar la productividad y reducir la fatiga del trabajador.

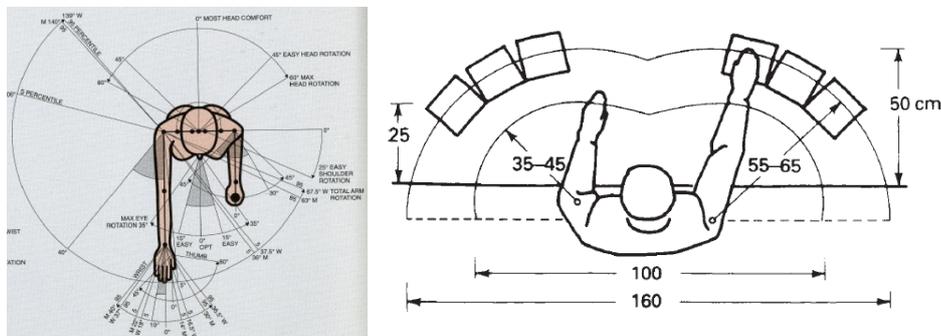
Henry Dreyfuss, fue el principal precursor de la antropometría como herramienta de diseño. Se inicio entonces el desarrollo de guías de diseño ergonómico de entornos y productos comerciales (Flinchum, 2000). Dreyfuss definió diagramas de figuras humanas con dimensiones y alcances de percentiles antropométricos de hombres y mujeres de la población americana para grupos de edad específicos (Dreyfuss & Dreyfuss, 1967) (Figura 22).



**Figura 22. Dimensiones corporales de los percentiles 2.5, 50 y 97.5 de hombre y mujer (Dreyfuss et al., 1993).**

Roebuck, J. A. y Kroemer definen la ingeniería antropométrica como la aplicación de métodos científicos de medida del cuerpo humano al desarrollo de requerimientos de diseño de productos y entornos (Roebuck et al., 1975). En este contexto, la ingeniería antropométrica es un pilar fundamental de la ‘Ergonomía’ y los ‘Factores Humanos’ que estudian características del cuerpo humano para diseñar productos y entornos adecuadamente adaptados a las personas (Easterby, 2012). La antropometría tiene como objetivo proporcionar las dimensiones correctas para proporcionar un buen ajuste del producto al usuario. Ayuda a los diseñadores a entender y considerar la variabilidad que existe en las dimensiones corporales, proporciones y forma (Helander, 2005; Pheasant & Haslegrave, 2006; Bridger, 2008). En la actualidad, la aplicación de la antropometría juega un papel crucial, no solo en el diseño industrial, sino también, en el diseño de ropa, arquitectura, mobiliario o equipamiento deportivo o laboral (Gupta, 2014).

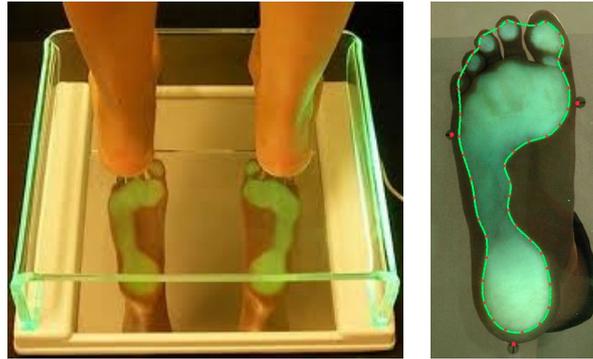
Las dimensiones antropométricas se pueden clasificar en dos grupos: estructurales (estáticas) y funcionales (dinámicas) (Pheasant & Haslegrave, 2006). Las dimensiones estructurales son dimensiones fijas del cuerpo en posiciones estándar, normalmente de pie o sentado. Estas medidas suelen ser distancias o longitudes entre puntos anatómicos o contornos de partes del cuerpo tomados en puntos definidos por referencias anatómicas. Son medidas sencillas de registrar pero con un valor limitado en el contexto de uso que habitualmente implica más posturas o movimientos (Brolin, 2016). Mientras que las medidas antropométricas funcionales se registran durante el movimiento realizado por el cuerpo en actividades específicas o se miden en varias posturas para determinar los alcances en el rango de movimiento articular como, por ejemplo, longitudes del brazo en distintos ángulos de la articulación del hombro (Figura 23).



**Figura 23. Antropometría funcional. Izquierda: Rangos de movimiento articular, plano transversal. Zonas en gris oscuro corresponden a rangos de confort (Dreyfuss et al., 1993). Derecha: Aplicación de rangos de movimiento a una estación de trabajo. Dimensiones antropométricas del percentil 5 mujer (envolvente mínima) y percentil 95 hombre (envolvente máxima) (Pheasant, 2014).**

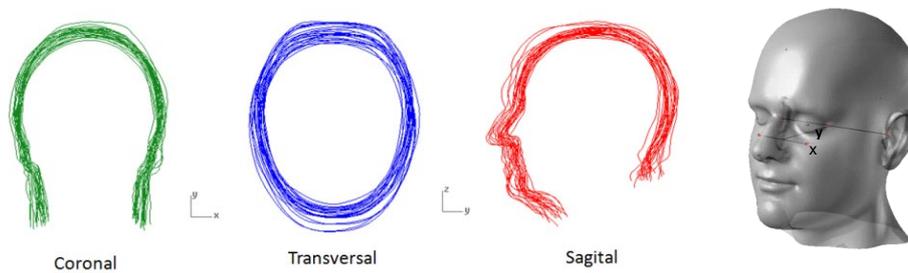
Los datos antropométricos pueden obtenerse en diversos formatos: 1D, 2D y 3D (Veitch et al., 2009; Fourie et al., 2011). Los datos unidimensionales consisten en estaturas,

longitudes y perímetros de segmentos corporales. Permiten establecer el tamaño del cuerpo humano, pero no la forma. Los datos 2D consisten en siluetas o secciones corporales, son contornos formados por curvas o puntos  $x, y$ .



**Figura 24. Registro del contorno de la huella plantar. Izquierda: Podoscopio. Derecha: Extracción del contorno mediante análisis de imagen.**

Los datos antropométricos en 2D suelen proceder de imágenes de las cuales se obtiene la silueta o contorno (Figura 24) o de modelos 3D sobre el cual se obtiene secciones para simplificar el análisis posterior (Figura 25).

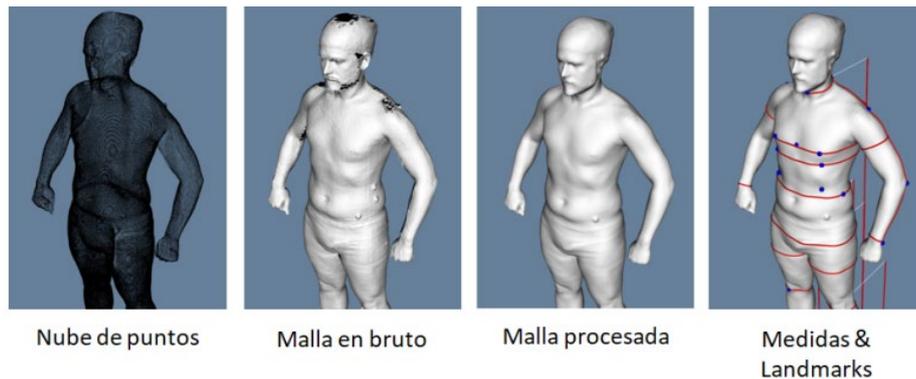


**Figura 25. Secciones de una base de datos de cabezas 3D alineadas.**

La antropometría 3D está formada por nubes de puntos con coordenadas  $x, y, z$  que representan la superficie del cuerpo. La adquisición, el procesado y análisis de los datos aumenta considerablemente de complejidad al utilizar tecnología de escaneo 3D. Las nubes de puntos de escaneados 3D del cuerpo completo pueden contener entre 20.000 y 300.000 puntos, dependiendo de la resolución, que no son aplicables tal cual se obtienen con el escáner. En necesario realizar un mallado de los puntos y procesado de la malla para poder calcular las medidas corporales (Figura 26).

En la última década, la evolución de los sistemas de escaneo corporal 3D comerciales ha supuesto una revolución en el campo de la antropometría. La posibilidad de calcular un gran número de medidas a partir del escaneo 3D y re-interrogar los datos una vez

medidos para extraer medidas nuevas es una gran ventaja frente a la antropometría tradicional. Además, la información de forma 3D corporal que no es posible registrar con la antropometría tradicional, permite diseñar con más detalle las superficies ergonómicas de los productos.



**Figura 26. Secuencia de procesamiento de las nubes de puntos.**

Esta nueva tecnología de captura ha impulsado la realización de estudios antropométricos a gran escala en muchos países. El proyecto CAESAR, fue pionero en el uso de tecnología de escaneo 3D para realizar un estudio antropométrico poblacional conjunto en EEUU y Europa (Robinette et al., 1999, 2002).

El procesamiento y análisis de los datos a partir de los escaneados 3D ha sido otro de los retos que ha tenido que enfrentar el campo de la antropometría y ergonomía. Se trata de pasos necesarios para aplicar la información antropométrica 3D en el diseño o evaluación ergonómica de productos.

Tras esta breve introducción sobre el origen y evolución de la antropometría a continuación, se desarrolla con más detalle el estado del arte de los conocimientos más relevantes sobre antropometría para el desarrollo de esta tesis. Estas líneas de conocimiento son:

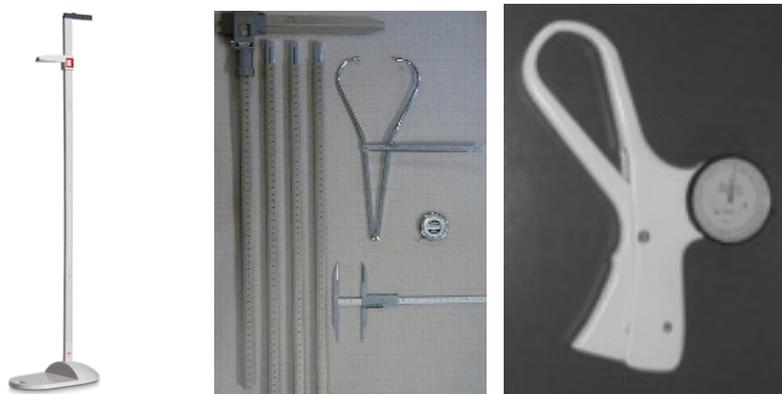
- *Métodos de caracterización antropométrica:* Son necesarios para definir el material y métodos desarrollados en la fase experimental.
- *Normativa aplicada a la caracterización antropométrica:* Necesaria para establecer la definición de las medidas corporales de acuerdo a puntos de referencia y la metodología de toma de datos. Son referencias fundamentales en la definición de los protocolos de medida.
- *Estudios antropométricos poblacionales:* Aportan información sobre la metodología de medida, las variables antropométricas a considerar y variabilidad antropométrica poblacional.

- *Incertidumbre de las medidas antropométricas:* repetibilidad y compatibilidad de las definiciones antropométricas. Este aspecto afectará a la efectividad del sistema de recomendación.
- *Aspectos multidimensionales de la diversidad antropométrica:* Tiene que ver con la correlación entre medidas, proporciones corporales y variaciones de las proporciones corporales (arquetipos o morfotipos). El análisis multidimensional antropométrico permite estudiar la variabilidad de las dimensiones corporales y sus desviaciones de los cánones medios o ideas que se establecen como referencia para diseñar los productos.
- *Aplicación de la antropometría al sector de la confección:* Este punto se centra específicamente en el análisis antropométrico poblacional aplicado al proceso de diseño de ropa, principalmente tallaje, generación de avatares 3D y morfotipos para el patronaje de ropa.

### **2.2.1 Métodos de caracterización antropométrica.**

#### *2.2.1.1 Antropometría manual.*

Históricamente, la antropometría se ha medido de forma manual utilizando distintos instrumentos dependiendo de las dimensiones a medir: cinta métrica, parquímetro, estadiómetro antropómetro, segmómetro o plicómetro (Figura 27). Medir a un usuario mediante los procedimientos tradicionales y siguiendo los procedimientos normativos puede llevar más de una hora obteniendo finalmente un número limitado de medidas antropométricas.



**Figura 27. Instrumental tradicional para realizar medidas antropométricas. Izquierda: Estadiómetro; Centro: Antropómetros, calibre y cinta métrica; Derecha: Plicómetro**

La medición con este instrumental es directa sobre una escala visual o un lector digital. Como ventajas cabe destacar que el equipamiento es ligero y fácil de transportar, tiene un costo razonable y su manejo no es excesivamente complicado. Sin embargo, tiene

ciertos inconvenientes, como que el proceso de la medida y su posterior registro es laborioso y requiere experiencia y cuidado para lograr una buena repetibilidad.

En la antropometría tradicional, la fuente principal de error es la del medidor. Incluye desviaciones en la localización de puntos anatómicos, la colocación de la postura del sujeto y desviaciones debidas uso del instrumental. Si además, en el estudio participan múltiples medidores, el error de medida puede incrementarse, aunque hayan sido entrenados por el mismo experto y trabajen en cooperación (Gordon et al., 1989; Simmons, 2001).

La mayoría de medidas antropométricas se definen en base a puntos anatómicos, denominados 'landmarks' en la literatura (Kouchi, 2014). Los puntos anatómicos suelen corresponder a protuberancias óseas que no se pueden identificar sobre la superficie corporal y requieren de la palpación del cuerpo de un experto antropometrista. Una vez identificado el punto anatómico, el técnico realiza una marca sobre el punto mediante un lápiz indeleble. Estas marcas facilitan posteriormente la realización de la medida. La localización de puntos anatómicos es el problema más serio en antropometría puesto que es una de las fuentes principales de error (Kouchi & Mochimaru, 2011) (Figura 28).

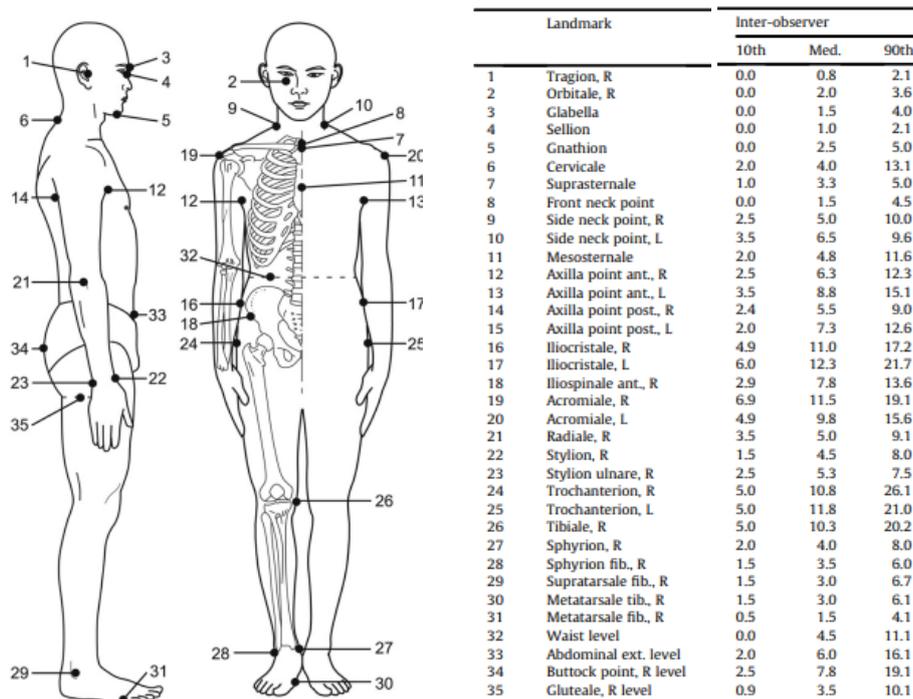
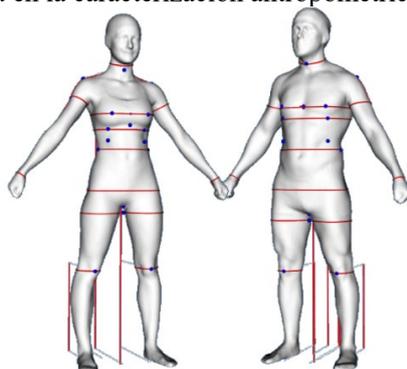


Figura 28. Errores inter-antropometrista reportados por Kouchi y Mochimaru (Kouchi & Mochimaru, 2011) para 35 landmarks.

### 2.2.1.2 Antropometría digital 3D.

#### **Sistemas de escaneo 3D.**

La antropometría digital 3D surgió a finales de los 90 con la aparición de la tecnología de escaneo 3D y la idea de recabar información, no solo de las dimensiones corporales sino también, de la forma superficial, relevante en el ajuste de productos que llevan en contacto estrecho con la superficie corporal (Daanen & van de Water, 1998; LaBat & Ryan, 2019). La tecnología de escaneo corporal 3D se presentó como una nueva vía de estudio e investigación de la forma y dimensiones del cuerpo humano y un método que reduce considerablemente el tiempo de las sesiones de medida con cada usuario. El tiempo de escaneo se reduce a pocos segundos y el software de procesado puede proporcionar las dimensiones antropométricas de forma automática si se cuenta con el software de procesado y cálculo adecuado (Figura 29). Cualquier dimensión no obtenida en ese momento puede obtenerse más tarde re-interrogando la base de datos de modelos 3D. Sin embargo, esta nueva tecnología también aporta ciertas complejidades y nuevos aspectos a tener en cuenta en la caracterización antropométrica del cuerpo humano.

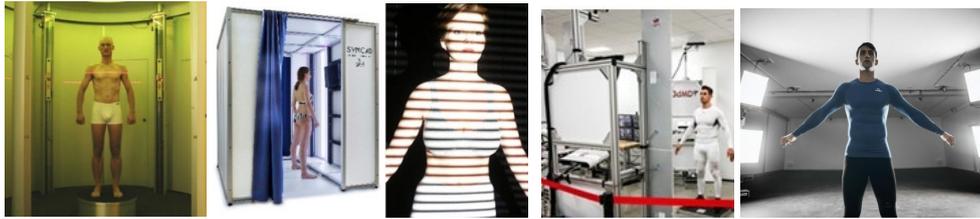


**Figura 29. Ilustración de medidas antropométricas digitales calculadas a partir de escaneos 3D procesados.**

Los escáneres 3D capturan la superficie exterior del cuerpo a través de sistema óptico. Un escáner corporal consiste en: 1) una o más fuentes de luz (visible o infrarroja) que proyectan una línea o un patrón sobre el cuerpo, 2) cámaras que capturan la imagen de la luz proyectada en el cuerpo, 3) software que procesan las imágenes y que, por triangulación, calculan la posición de los puntos de la superficie corporal en el espacio 3D (Daanen & van de Water, 1998).

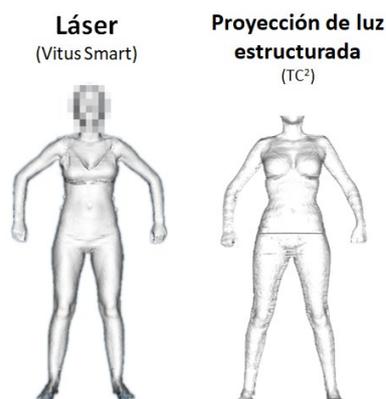
Los primeros escáneres comerciales de cuerpo se basaban en tecnología láser y en proyección de luz estructurada (Figura 30). Los escáneres más utilizados en la realización de estudios antropométricos de tecnología láser fueron Cyberware y Vitronic, líderes en escaneo del cuerpo humano (Simmons & Istook, 2003; Daanen & Ter Haar, 2013). Hamamatsu, también de tecnología láser, fue muy utilizado en estudios antropométricos en países asiáticos. En tecnología de proyección de luz estructurada los

escáneres corporales más populares fueron TC2 y Telmat (D'Apuzzo, 2007). Aunque menos extendido, el escáner de la empresa japonesa Space Vision, también se basa en esta tecnología. Una variante de la proyección de luz estructurada que surgió más tarde, utiliza la proyección de trama infrarroja. El escáner de referencia de esta tecnología es el de la empresa 3DMD (<http://www.3dmd.com/>) y el escáner Move4D desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV).



**Figura 30. Escáneres corporales 3D. De izquierda a derecha: Tecnología láser (Vitronic); Proyección de luz estructurada (Telmat y TC); Proyección infrarroja (3DMD y Move4D).**

Tanto la tecnología láser como la de proyección infrarroja, son de alta resolución y proporcionan una buena precisión, pero tienen un coste bastante elevado. Su uso se ha circunscrito a estudios de laboratorio y campañas nacionales de medida en las que se han generado bases de datos 3D para caracterizar la variabilidad de formas y dimensiones de la población. La ventaja principal que tienen estos equipos, es la robustez y fiabilidad de la tecnología que tiene una probada trayectoria. Los escáneres de luz estructurada, tienen un coste medio, sin embargo, la calidad del escaneado 3D resultante es bastante peor puesto que presenta mayor ruido superficial y más agujeros o zonas en las que falta información (Figura 31). Por este motivo, esta tecnología de escaneado corporal está cayendo en desuso. Como se explica más adelante en el apartado 2.2.4, bastantes estudios antropométricos nacionales se llevaron a cabo con escáneres de luz estructurada, resultado en bancos de datos muy grandes, pero con poca fiabilidad en las medidas.



**Figura 31. Ejemplo de escaneado realizado con tecnología láser y con luz estructurada.**

Una tecnología alternativa, que parecía bastante prometedora, es la basada en ondas milimétricas (D'Apuzzo, 2007). En este caso se utilizan ondas de radio no nocivas de ultra alta frecuencia para obtener la superficie corporal. Una matriz de antenas emite ondas milimétricas de baja potencia que se proyectan sobre el cuerpo. La radiación penetra la ropa y se refleja en el cuerpo. Las señales reflejadas son registradas por la matriz de antenas. Aunque no existe información sobre la precisión de estos equipos, parece que no es suficiente para aplicaciones en el sector de la confección (Daanen & Ter Haar, 2013). La empresa Intellifit Corporation, desarrolló un escáner corporal basado en esta tecnología que utilizaba 196 pequeñas antenas (Figura 32). La ventaja principal es la posibilidad de escanear sin necesidad de desvestirse, sin embargo, la resolución y precisión no eran suficientes para la mayoría de aplicaciones.



**Figura 32. Sistemas basados en ondas milimétricas. Izquierda: Escáner de cuerpo completo FotoScan de Intellifit Corp. (USA); Derecha: Ejemplo de nube de puntos resultante.**

En el campo de la animación 3D, también se utilizan sistemas de escaneado 3D o captura de movimientos (Figura 33). Para estas aplicaciones los escáneres 3D se basan en fotogrametría. Utilizan matrices de cámaras RGB (por ejemplo, Botspot - <https://www.botspot.de>; <http://ten24.info/>). Con esta tecnología es necesario un gran número de cámaras para cubrir el espacio de medida, con los consiguientes problemas de calibración y procesado de la captura. Se trata de escáneres que requieren un montaje más complejo por la cantidad de dispositivos de medida pero que están ofreciendo una calidad en el resultado del escaneado 3D muy superior al de los sensores de profundidad.



**Figura 33. Escáneres corporales de cámaras RGB. Izquierda: Botspot; Derecha: Ten 24.**

Los últimos avances en escaneado de alta resolución y precisión se están enfocando al escaneado 3D en movimiento. Este escaneado permite la captura 3D del cuerpo con frecuencias que oscilan entre 60 y 178 capturas por segundo. Esto permite analizar el cambio de dimensiones y formas corporales con el cambio de postura o movimiento. Con estas características los escáneres más relevantes son el de la empresa 3DMD (<http://www.3dmd.com/>) y el escáner Move4D (<https://ibv.org/move4d>), desarrollado por el IBV (Parrilla et al., 2019) (Figura 34).



Figura 34. Izquierda: Imagen del sistema de escaneado Move4D. Derecha: Ejemplo de captura.

Estos nuevos escáneres abren nuevas vías de investigación como el estudio de la antropometría dinámica, el desarrollo de nuevos modelos de deformación del tejido blando con el movimiento o el estudio de la cinemática del cuerpo con nuevas aproximaciones teóricas basadas en mapas densos de puntos (Alemany et al., 2023).

Las dimensiones corporales en posturas forzadas o en movimiento son importantes en el diseño e innovación de prendas que requieren un ajuste funcional óptimo, caso particular de la indumentaria deportiva (Naglic et al., 2016) (Figura 35) o los equipos de protección individual (K. H. Kim et al., 2016; Loercher et al., 2018). Los últimos avances de la mano de escáneres 4D, han permitido analizar cómo evoluciona una medida corporal con ciertos movimientos (Uriel et al., 2022).

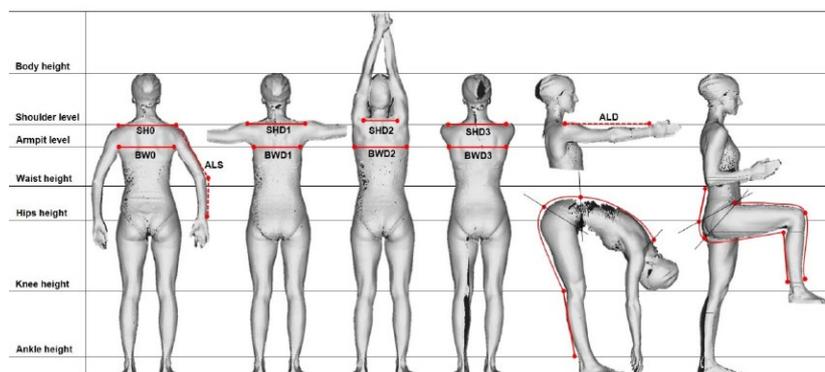
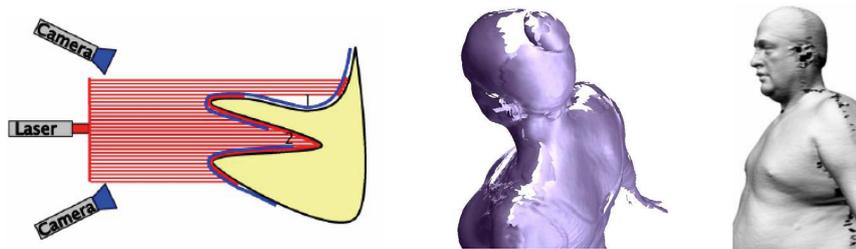


Figura 35. Escaneado en posturas y medidas antropométricas funcionales (Naglic et al., 2016).

### **Procesado de escaneados 3D.**

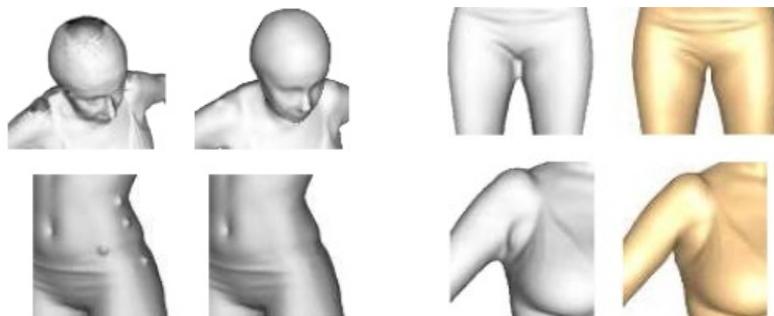
Los escáneres 3D corporales generan una nube de puntos en bruto que presenta ruido y artefactos. Estos artefactos dependen principalmente de la tecnología de captura, pero también de aspectos relacionados con el protocolo de medida como la postura de escaneado, el pelo, la ropa o los micro-movimientos del sujeto producidos durante el tiempo de dura captura que normalmente no suele ser instantánea.

Los escáneres 3D utilizados en estudios de laboratorio utilizan varias unidades ópticas o sensores que realizan la captura de varias zonas del cuerpo que se ensamblan posteriormente de acuerdo a los parámetros de calibración del equipo. Este proceso siempre produce solapes entre las capturas que dan lugar a capas que, según la precisión o distancia entre ellas, pueden producir pliegues en el escaneado. Además, la tecnología de adquisición 3D presenta ciertas dificultades para adquirir la forma del cuerpo en zonas de oclusión o de sombra como las axilas o la entrepierna (Figura 36). Estos artefactos pueden producir errores en la extracción de medidas por problemas en la identificación de puntos anatómicos o por la desviación en medidas calculadas sobre la superficie corporal.



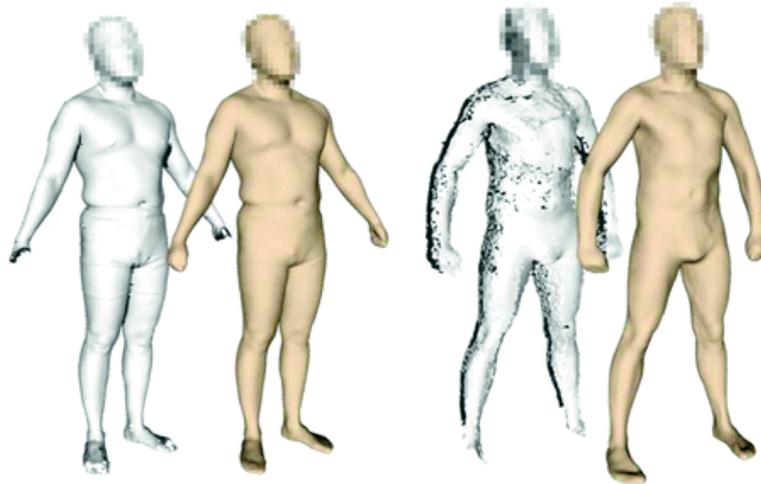
**Figura 36.** De izquierda a derecha: Zonas donde se producen huecos por falta de visión de las cámaras (Fuente: H. Daanen 2010); Huecos en superficies horizontales donde no se produce la reflexión del láser. Huecos en las zonas de solape de dos sensores (Azouz et al., 2006).

Para aplicaciones relacionadas con el estudio estadístico de la forma corporal, se han desarrollado métodos de procesado 3D que permiten obtener una malla hermética y limpia a partir del escaneado en bruto (Shu et al., 2012).



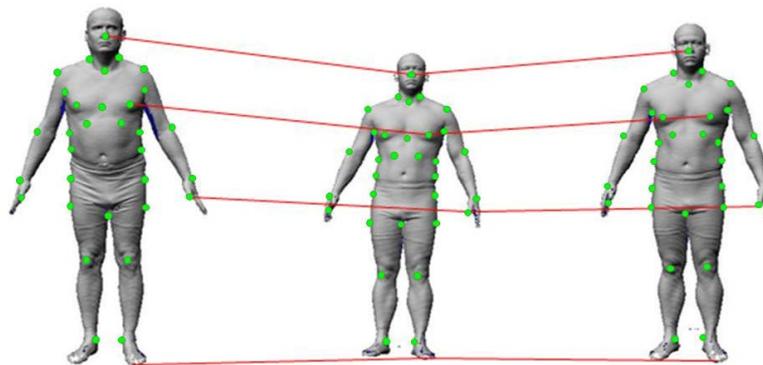
**Figura 37.** Procesado de escaneados 3D: rellenado de agujeros, eliminación de marcadores, recorte de la unión en entrepierna y axilas (Trieb et al., 2013).

Este proceso se conoce como ‘alignment’ o ‘registration’ (Figura 37). Los métodos de registro más extendidos utilizan una malla patrón que deforman hasta que se ajusta a la superficie del escaneado minimizando la distancia entre la malla original y la ajustada mediante un proceso de optimización (Allen et al., 2003; Azouz et al., 2006; Amberg et al., 2007; Hirshberg et al., 2011; Trieb et al., 2013) (Figura 38).



**Figura 38.** Resultado de aplicar un método de registro a un escaneado de alta resolución (izquierda) y uno de baja resolución (derecha) (Alemany et al., 2018).

Una aspecto importante a considerar en estos métodos es que la malla corporal resultado del procesado sea homóloga (Mochimaru & Kouchi, 2000), esta propiedad de la malla consiste en que todos los escaneados corporales ajustados tienen el mismo número de puntos anatómicamente correspondientes (Figura 39).



**Figura 39.** Concepto de correspondencia anatómica entre los sujetos que en mallas homólogas, se aplica a todos los vértices (Fuente C. Shu, 2010).

La propiedad de homología del modelo ajustado es de gran utilidad para la extracción de medidas corporales de forma automática, puesto que los algoritmos se pueden apoyar de forma sencilla en puntos de la malla homóloga que correspondan con los puntos anatómicos ‘landmarks’ de referencia para el cálculo de las medidas (Kouchi et al., 2013). La resolución de la malla patrón influirá en la precisión con la que el modelo homólogo se ajusta a la superficie del escaneado original y la precisión con la que se pueden asociar los puntos anatómicos o ‘landmarks’ a puntos de la malla homóloga (Shu et al., 2015) (Figura 40).

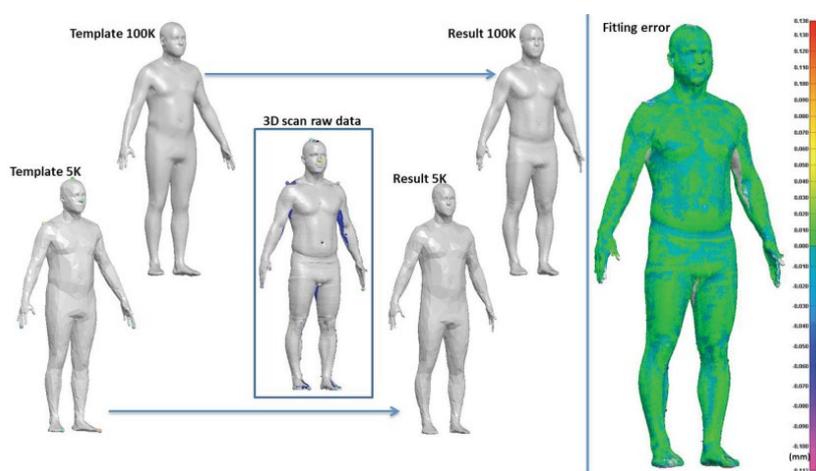


Figura 40. Ajuste de un escaneo con mallas patrón de distinta resolución (Shu et al., 2015).

### Medidas antropométricas digitales.

En la mayoría de aplicaciones, el escaneado corporal 3D se utiliza para extraer un conjunto de medidas antropométricas que posteriormente se utilizan para personalizar producto o analizar la variabilidad poblacional y calcular valores de referencia que apoyan el proceso de diseño. En particular, para el sector confección, se necesitan conjuntos de medidas antropométricas muy grandes si se consideran todas las tipologías de prendas. En la normativa actual, se pueden encontrar alrededor de cien medidas corporales para el sector confección (ISO 8559-1, 2017). Por este motivo, la alternativa de escanear y extraer las medidas automáticamente, frente a medir de forma manual es muy conveniente en aplicaciones destinadas al diseño y patronaje de ropa.

La extracción de medidas antropométricas a partir del escaneado corporal se puede realizar de forma más o menos automática, bien sobre el escaneado en bruto o bien sobre un modelo homólogo ajustado. Los programas de extracción de medidas de los dos escáneres más utilizados en estudios antropométricos 3D nacionales, calculan las medidas sobre el escaneado en bruto sin procesar (Figura 41). Esta metodología produce, en un porcentaje de escaneados relevante, errores en la detección de los puntos

anatómicos de referencia, siendo necesario la edición manual de las medidas para obtener los valores más precisos.

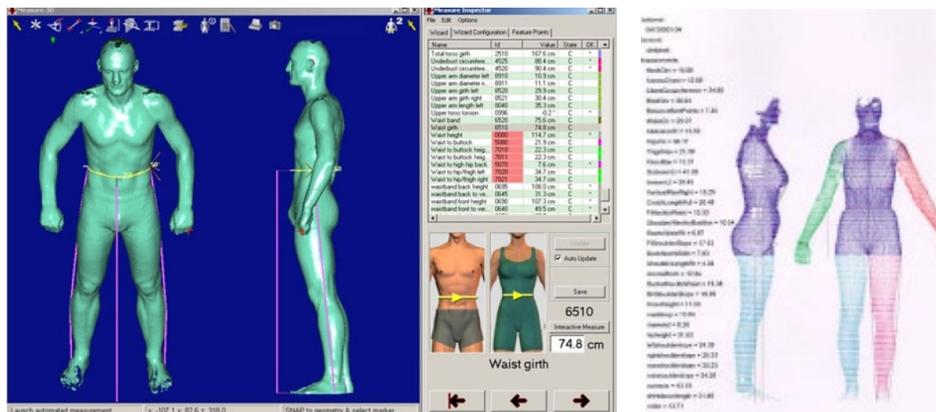


Figura 41. Extracción de medidas a partir del escaneado corporal 3D. Izquierda: Software Antroscan de Human Solutions incorporado al escáner de Vitronic, el método combina la extracción automática de medidas y la semi-manual basada en el marcado de puntos. Derecha: Software de TC<sup>2</sup> de cálculo automático de medidas.

### Nuevas tecnologías de medida corporal 3D.

Las tecnologías de escaneado corporal actuales consistentes en una cabina de medida sensorizada, permiten obtener una captura de alta resolución y bastante precisión de la superficie corporal, sin embargo, tienen un coste demasiado elevado para su uso en tienda o en nuevos sistemas de recomendación de talla o personalización de ropa. Además, la necesidad de que los usuarios tengan que desplazarse a un punto de medida es un inconveniente para que un sistema de ese tipo se extienda de forma masiva y se utilice como un estándar, por ejemplo, en la compra online.

En los últimos años, han surgido nuevos escáneres basados en **sensores de profundidad**, principalmente por la simplificación y reducción en el coste que aportan. La aparición del sensor de Microsoft Kinect, dispositivo de bajo coste capaz de registrar mapas de profundidad, ha supuesto una revolución en la tecnología de escaneado 3D. Hay sensores similares diseñados por otras marcas cuya tendencia es miniaturizar el tamaño del sensor para su incorporación en tecnología de consumo como los teléfonos móviles. Recientemente, el sensor de profundidad LiDAR, se está utilizando en escáneres de bajo coste. Mediante estos dispositivos, se han diseñado escáneres corporales muy sencillos (Figura 42). Desde los que utilizan una matriz de sensores para cubrir con un disparo el escaneado del cuerpo completo (por ej. SizeStream - <http://sizestream.com/>; Texel - <https://texel.graphics/>) a los que utilizan un único dispositivo para minimizar costes, aunque requieren de accesorios para que bien el usuario o bien el sensor se muevan de forma circular para realizar un barrido completo del cuerpo (Fit3D - <https://fit3d.com/>;

Styku - <https://www.styku.com/>; NakedLabs - <https://nakedlabs.com/>). El problema principal que presentan estos dispositivos es la calidad del escaneado. Los mapas de profundidad generan una superficie muy ruidosa que requiere un tratamiento posterior complejo y muy avanzado (Tong et al., 2012).



Figura 42 Escáneres basados en sensores de profundidad. De izquierda a derecha: Size Stream, Fit3D, Styku, Texel.

A continuación, se presenta una revisión de las tecnologías existentes agrupadas en dos categorías:

- **Sensores de profundidad y tabletas:** La aparición del sensor de profundidad Kinect inició una revolución en los sistemas de escaneo 3D corporal por su bajo coste. Aunque la calidad de las capturas no son muy buenas ni comparables a los escáneres convencionales, el uso de software de procesamiento que incluyen modelos basados en datos (B.-K. Park & Reed, 2014; Ballester et al., 2018), permite obtener avatares aparentes que pueden ser aptos para determinadas aplicaciones donde las especificaciones de precisión no son muy críticas. El sistema de captura 3D corporal basado en Kinect más extendido es Styku (<https://www.styku.com/>) que utiliza un único sensor Kinect y una plataforma giratoria para realizar la captura de toda la superficie corporal (Figura 43). A partir del escaneo 3D, se calculan un conjunto de medidas que se almacenan en una app para poder hacer un seguimiento de medidas a partir de escaneos en días distintos. La nueva versión de Kinect Azure permitirá la sincronización de varios módulos de captura para facilitar la captura simultánea de varias superficies corporales.

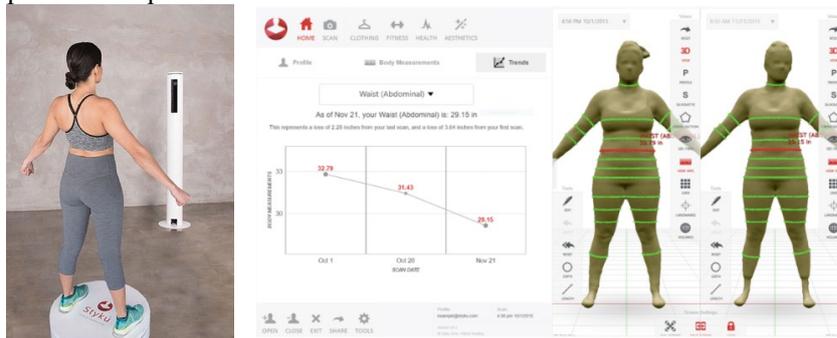


Figura 43. Sistema de escaneo corporal basado en Kinect de Styku, Fuente: <https://www.styku.com/>.

A partir del sensor Kinect, otras marcas han desarrollado sensores de profundidad, principalmente en la línea de miniaturización, reducción de costes y mejora de la precisión. El sistema de la startup americana Naked Lab (<https://nakedlabs.com/>), más recientemente refundada como Prism Labs (<https://www.prismlabs.tech/>) consigue buenos resultados de escaneo 3D corporal con un sensor de profundidad alternativo (Figura 44). También utiliza una plataforma giratoria y un espejo para emular un probador en casa y se conecta con una app que permite realizar un seguimiento de las medidas.

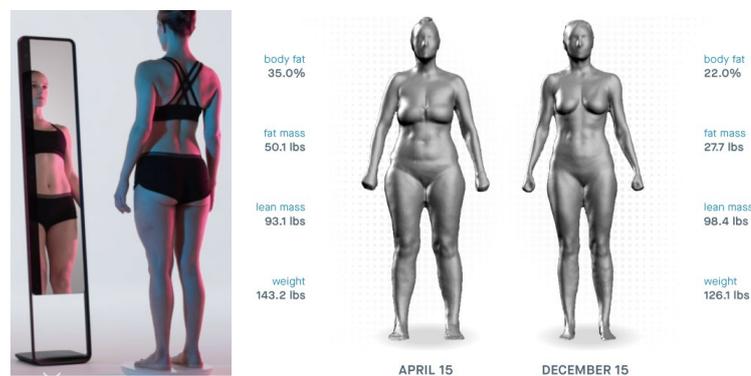


Figura 44. Sistema de captura corporal 3D. Fuente: <https://nakedlabs.com/>.

Quantacorp (<https://www.quantacorp.io/>), refundada recientemente como Body Data (<https://www.bodidata.com/>), utiliza un ipad equipado con el sensor de profundidad Structure que toma capturas 3D mientras se mueve el ipad en tiempo real para barrer toda la superficie corporal (Figura 45). La precisión de este sistema se ha analizado mediante el escaneo de un maniquí con buenos resultados para su aplicación en el sector confección (Xia et al., 2018). Sin embargo, el uso de este dispositivo en el escaneo de personas reales que se mueven durante la captura proporcionará peores resultados.

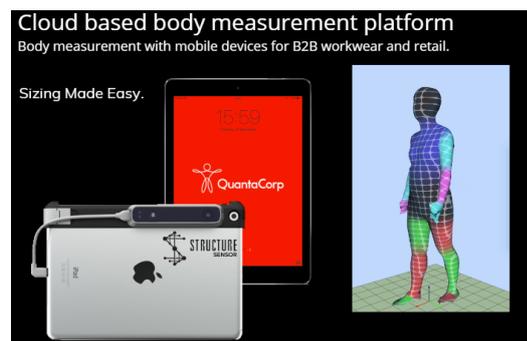


Figura 45. Sistema de escaneo corporal mediante sensor de profundidad Structure (Fuente: <https://www.quantacorp.io/>).

- **Sistemas de captura mediante teléfono móvil:** Han surgido muchos sistemas basados en captura mediante móvil en los últimos meses. A continuación se describen algunos de ellos:

- *Avatar corporal basado en auto-medidas:* Sizestream ([www.sizestream.com](http://www.sizestream.com)) ha desarrollado una app en la cual el usuario puede introducir sus dimensiones corporales básicas (género, edad peso y estatura) a partir de las cuales calcula un avatar 3D que se puede visualizar con el móvil. El avatar resultante puede editarse y mejorarse en base a información subjetiva (Daanen, 2018). Las medidas corporales no son fáciles de adquirir, es necesario un entrenamiento previo de experto para tomar las medidas de forma reproducible. Los usuarios en casa sin entrenamiento es muy difícil que se tomen las medidas correctamente (Ballester et al., 2018; Daanen, 2018). El resultado son avatares que no se corresponden con el morfotipo de la persona.
- *Avatar generado a partir de fotos:* Para resolver el problema de las auto-medidas, varias aplicaciones móviles basan la generación del avatar 3D en fotos registradas con el teléfono móvil. El planteamiento que tienen es democratizar la generación 3D de avatares corporales para cualquier usuario se pueda escanear desde cualquier parte del mundo y generar su avatar 3D. Esta tecnología sería el complemento perfecto a la investigación realizada en esta tesis para construir un proceso de captura y recomendación de talla de ropa. Las principales soluciones en esta línea son:

Nettello (<http://nettelo.com/>), 3DLook (<https://3dlook.me/>) y 3DAvatarBody (<https://www.ibv.org/tecnologias/escaneado-y-modelado-3d-3d-avatar-body/>). Los dos primeros utilizan un modelo paramétrico proveniente del sector del videojuego que se ajusta a medidas del usuario obtenidas a partir de una foto de frente y otra de perfil. El resultado es un avatar no muy realista, principalmente debido al modelo que utilizan que no permite un control preciso de los ajustes de la malla para adatarla a medidas corporales. El sistema 3DAvatarBody utiliza un modelo estadístico basado en alrededor de 10.000 escaneados corporales para generar un modelo 3D a partir de la silueta de frente y perfil extraídas de las fotos. En un estudio de repetibilidad y validez de esta tecnología se concluye que su funcionamiento es adecuado para aplicaciones de asignación de talla (Ballester et al., 2018).

Como alternativa, el sistema Zozo (<https://zozo.com/es/en>), utiliza un traje especial con más de 350 marcas circulares que proporciona la empresa de forma gratuita para escanear el cuerpo en 3D mediante el teléfono móvil utilizando 12 fotos (Figura 46). El estudio realizado por

Daanen (H. Daanen, 2018) muestra que la repetibilidad del método es suficiente para aplicaciones en el sector confección.

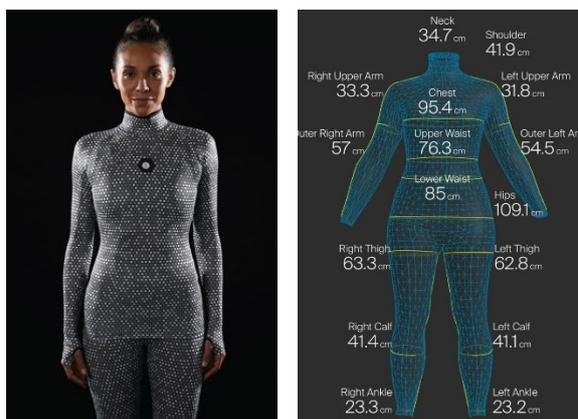


Figura 46. Sistema de captura mediante móvil utilizando un traje con patrón impreso. Fuente: <https://corp.zozo.com/>.

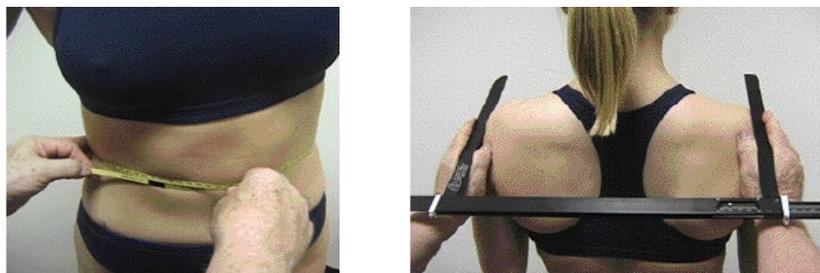
### 2.2.2 Normativa aplicada a la caracterización antropométrica.

El método de referencia para la toma de medidas antropométricas manuales es el propuesto por la ISAK (ISAK, 2001). El conjunto de medidas ISAK están orientadas a la valoración del somatotipo y la composición corporal en aplicaciones relacionadas con deporte y nutrición.

Las medidas seleccionadas permiten monitorizar deportistas, realizar un seguimiento del crecimiento, del envejecimiento y de las habilidades motoras, así como tratamientos combinados de actividad física y nutrición para modificar el tamaño, la forma y composición corporal. También se incluyen medidas predictivas del estado de salud (Michael Marfell-Jones, 2012).

El protocolo describe primero los equipos de medida y material a utilizar. Las medidas antropométricas utilizan como referencia puntos anatómicos, por lo tanto, la primera parte incluye una descripción y metodología para su localización y marcado. El conjunto propuesto incluye 39 medidas agrupadas en: 3 medidas básicas (estatura, peso y altura sentado), 8 pliegues de grasa, 13 contornos, 8 longitudes y 7 anchuras (Figura 47).

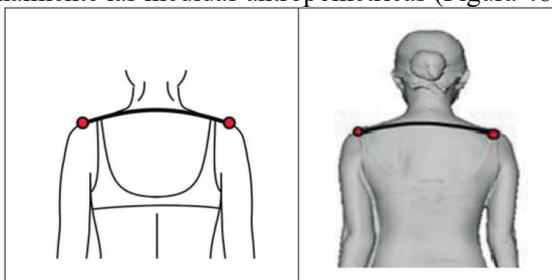
La organización ISAK cuenta con un proceso de acreditación de nivel 1 a nivel 4 para identificar a personal experto en la toma de medidas antropométricas manual. Este proceso ha situado esta normativa como referente en estudios de investigación que implican mediciones antropométricas manuales. Sin embargo, hay muchas medidas que se utilizan en el sector de la confección que no se describen en la normativa ISAK.



**Figura 47. Medición según protocolo ISAK para el contorno de cintura y anchura de hombros.**

Con aplicación específica al sector de la confección de ropa, hay dos normas que describen las medidas antropométricas corporales y los puntos anatómicos de referencia. Aunque en las dos normas se incluyen pictogramas de la medida manual y la medida digital sobre un escaneado 3D, la descripción de la medida se basa en puntos anatómicos corporales que en la mayoría de casos no son reproducibles y localizables sobre el escaneado 3D. Estas normas corresponden a los siguientes comités:

- *Comité de normalización internacional ISO/TC 133/WG 1 Body measurements.* Este grupo de trabajo pertenece al comité de tallaje de ropa. La norma ISO 8559-1: Size designation of clothes - Part 1: Anthropometric definitions for body measurement (ISO 8559-1, 2017). Incluye la descripción de 96 medidas corporales, muchas de ellas específicas del sector de patronaje de ropa. Primero se describen los equipos de medida, a continuación, los puntos anatómicos de referencia y finalmente las medidas antropométricas (Figura 48).



**Figura 48. Descripción de la medida de longitud de hombros definida por los puntos anatómicos de referencia del acromion derecho e izquierdo.**

- *Subcomité de ASTM D13.55 Body Measurement for Apparel Sizing:* En particular, la norma ASTM D5219 – 15 Standard Terminology Relating to Body Dimensions for Apparel Sizing (ASTM D5219 Standard Terminology Relating to Body Dimensions for Apparel Sizing, 2015), incluye una recopilación de terminología sobre medidas antropométricas para el tallaje de ropa (Figura 49). En esta norma se describen 86 medidas, muchas de ellas coincidentes con las propuestas por la ISO 8559-1.

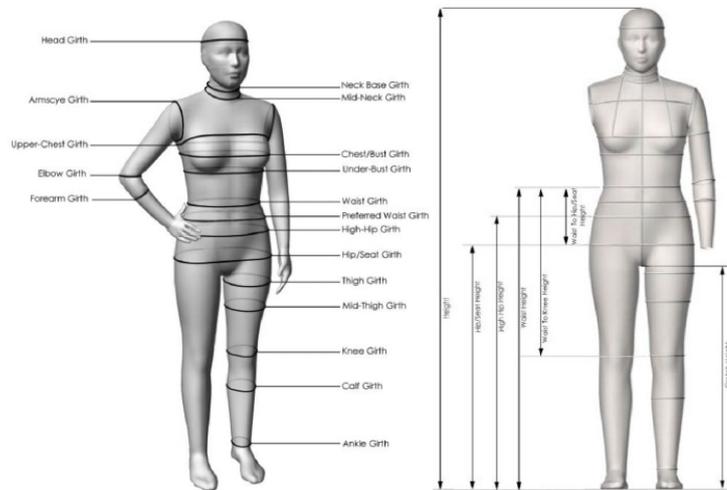
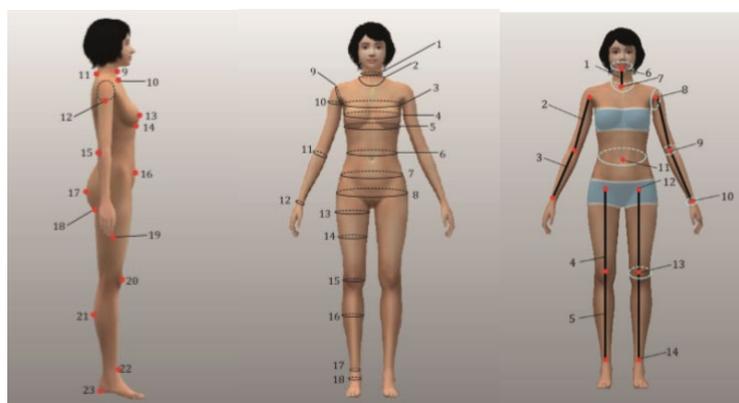


Figura 49. Medidas ilustradas sobre un avatar 3D (norma ASTM D5219).

- *Comité técnico internacional de ergonomía ISO/TC 159/SC 3/WG 1 Anthropometry*: Este comité también ha publicado una norma con la descripción de medidas antropométricas que han sido referencia para muchos estudios antropométricos. La antropometría es una disciplina fundamental en el ámbito laboral, tanto en relación con la seguridad como con el diseño de un entorno de trabajo. A través de la colección de normas internacionales ISO 7250 - Basic human body measurements for technological design - Part 1: Body measurement definitions and landmarks (ISO 7250-1:2017, 2017) este grupo propone un total de 62 medidas para cada una de las cuales la norma indica la descripción, el método y el instrumento de medida, acompañado de una figura que facilita la comprensión de la misma. Se establecen cuatro grupos de medidas fundamentales orientadas a la ergonomía y seguridad laboral:
  1. Medidas tomadas con el sujeto de pie: como la estatura, la altura de los ojos, hombros y codo, anchura del pecho y de caderas, etc.;
  2. Medidas tomadas con el sujeto sentado: aquí también se indica la altura (sentado), la altura de los ojos, hombros y codo, anchura de hombros y de cadera, espesor del muslo, altura de la rodilla, etc.;
  3. Medidas de segmentos específicos del cuerpo: como la longitud de la mano, la anchura de la mano en los metacarpianos, la longitud del dedo índice, longitud y anchura del pie, longitud y anchura de la cabeza, etc.;
  4. Medidas funcionales: como el alcance del puño (hacia delante), la longitud antebrazo-punta de los dedos, longitud poplíteo-trasero (profundidad del asiento), perímetro del cuello, pecho, cintura, muslo, etc.

- *Comité técnico internacional ISO/TC 133 Clothing sizing systems - size designation, size measurement methods and digital fittings*: El objetivo de este comité es desarrollar una colección de normas orientadas a los modelos digitales de cuerpo y ropa para mejorar la compatibilidad de los probadores virtuales de ropa y con ello la integración en procesos de diseño y venta de ropa digital. ISO 18825-2:2016 Clothing -- Digital fittings -- Part 2: Vocabulary and terminology used for attributes of the virtual human body. Esta norma detalla el vocabulario utilizado para describir los modelos digitales humanos. En particular se centra en la definición de los landmarks y las medidas corporales del torso, brazo, pierna, cabeza, cara, manos incluso los huesos y articulaciones virtuales que se utilizan en los avatares corporales 3D (Figura 50).



**Figura 50. Definiciones norma ISO 18825-2:2016. De izquierda a derecha: Landmarks, medidas corporales, huesos y articulaciones del esqueleto interno.**

A partir de la revisión de este grupo de normas, se ha extraído el listado de medidas antropométricas utilizado en la presente investigación. El listado completo de medidas utilizadas se reporta en el apartado Se aporta más información a este respecto en el Anexo I. Definición de las medidas antropométricas.

### **2.2.3 Errores en las mediciones antropométricas.**

La evaluación de la precisión y fiabilidad de las medidas antropométricas debe considerarse en todos los estudios como una medida directa de la calidad de los datos (Viviani et al., 2018). Physant y Haslegrave (2006) identifican cuatro fuentes de error en las medidas antropométricas: 1) el error propio de los equipos de medida (puede ser sistemático o aleatorio), 2) error en la localización de los marcadores, 3) error en la estandarización de la postura del usuario y 4) error en la comprensión del usuario para adoptar la postura correcta.

La variabilidad entre las medidas antropométricas también está inducida por las fluctuaciones biológicas naturales. Se identifican principalmente dos, el efecto de la

respiración sobre la zona del pecho y el cambio en la estatura durante el día debido a la sobrecarga de las estructuras de la columna. Esta última puede llegar a variaciones en torno a los 15mm (Pheasant & Haslegrave, 2006).

Estas fuentes de error están relacionadas con la repetibilidad de las medidas antropométricas y la precisión.

La revisión más detallada y los estudios de fiabilidad y precisión más rigurosos son los realizados por la investigadora Makiko Kouchi, experta colaboradora del comité de normalización de antropometría ISO que propone un esquema de factores que afectan la precisión de las medidas antropométricas según sean tradicionales o digitales (Figura 51) (Kouchi et al., 2012c).

Factor		Data	Traditional body dimension	Scan-derived measurement		
				Body dimension	Landmark coordinate	Surface shape
Tool	Hardware accuracy	Accuracy of instrument				
			Accuracy of scanner system hardware			
Tool	Software performance		Landmarking software			
			Measurement calculation software			
Human	Measurer skill	Skill of measurement	Skill of landmarking			
	Operator skill		Landmarking software			
			Measurement calculation software			
Subject		Repeatability of posture				
		Body sway during scan				

Figura 51. Factores que afectan a la fiabilidad de las medidas antropométricas (Kouchi et al., 2012c).

El cuerpo humano no es un objeto rígido con medidas invariantes. El cuerpo humano está articulado, es blando y está vivo. Cada vez que se realiza un escaneado o una medida manual, el resultado varía por factores como la postura, la respiración o la contracción muscular (Lu & Wang, 2010; Kouchi, 2014; Ballester et al., 2018). Por lo tanto, en las mediciones antropométricas no existe una ‘medida verdadera’ de referencia para analizar la precisión del método de medida. En antropometría el estudio de la calidad de las medidas incluye:

- *Precisión de los equipos de medida:* Para ello se utilizan patrones calibrados que permiten comparar la medida obtenida con el equipo y la medida de referencia establecida en el certificado de calibración del patrón.
- *Repetibilidad y reproducibilidad de las medidas antropométricas:* La repetibilidad permite estudiar la distribución del error aleatorio en la repetición de medidas. Permite cuantificar cómo varían las medidas debido a la variación en la postura, la respiración o las habilidades en la identificación de marcadores

del antropometrista, conocido como *intra-observer errors*. El estudio de la reproducibilidad del método de medida, permite analizar las variaciones debidas a diferencias en la tecnología de captura 3D, por ejemplo, al evaluar diferentes escáneres o para estudiar variaciones entre antropometristas (*inter-observer errors*) en la identificación de marcadores. En el caso de la reproducibilidad, además del error aleatorio propio del método de medida, se suelen identificar sesgos entre los métodos de medidas.

- *Compatibilidad de medidas antropométricas*: Además de los aspectos relacionados con la fiabilidad, hay que considerar la compatibilidad entre medidas antropométricas, bien sea por el método de medida (tradicional, digital) o bien por la propia definición (Gill et al., 2017). Es muy habitual encontrar medidas antropométricas con la misma nomenclatura y una definición distinta, lo que da lugar a incompatibilidades que no siempre se detectan.

A continuación, se hace una revisión más detallada de todos estos aspectos que afectan a la incertidumbre de las medidas antropométricas.

#### *2.2.3.1 Compatibilidad de las medidas antropométricas.*

En primer lugar, se analiza la compatibilidad entre medidas puesto que es importante tenerla en cuenta en la evaluación de la fiabilidad de las medidas antropométricas.

#### **Compatibilidad entre medidas antropométricas tradicionales y digitales.**

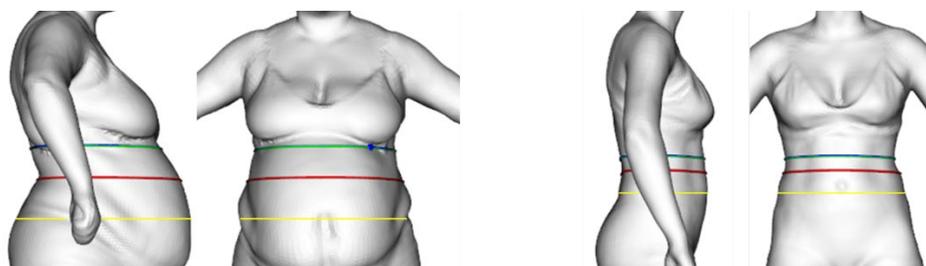
Cuando se comparan medidas antropométricas digitales obtenidas de forma automática a partir de una imagen 3D con medidas del mismo sujeto registradas mediante métodos tradicionales, se observan diferencias considerables debidas a que los métodos de medida no son compatibles, especialmente en los contornos (Perkins et al., 2000; Kouchi & Mochimaru, 2006; Lu & Wang, 2010; Kouchi, 2014). Solo las distancias lineales basadas en puntos anatómicos marcados por palpación son comparables y reproducibles mediante los dos métodos (Robinette & Daanen, 2006).

Para evaluar la fiabilidad de las medidas digitales proporcionadas por los escáneres 3D, numerosos estudios han comparado las medidas digitales con medidas tradicionales considerando estas últimas como el estándar de referencia (Bougourd et al., 2000; Paquette et al., 2000; Weinberg et al., 2006; Daniell, 2007; Wong et al., 2008; Han et al., 2010; Kuehnäpfel et al., 2016; Glock et al., 2017). A partir de estos estudios se concluye que las medidas digitales y las medidas tradicionales no son compatibles (Han et al., 2010; Kouchi, 2014). Por lo tanto, las medidas digitales obtenidas de los escaneados 3D se consideran como una categoría separada de las medidas tradicionales registradas de forma manual. En cuanto a la repetibilidad de las medidas, varios estudios que analizan los errores intra-observador concluyen que las medidas digitales son más repetibles y consistentes que las medidas manuales (Lu & Wang, 2010).

### Compatibilidad de las medidas antropométricas digitales.

Los programas de cálculo de medidas digitales se apoyan en la búsqueda de puntos característicos ‘landmarks’ (Wang et al., 2007) que pueden ser equivalentes o no a los puntos anatómicos utilizados en antropometría tradicional. En cualquier caso, hay dos aspectos importantes a considerar sobre las medidas antropométricas digitales (McDonald et al., 2017):

1. Las medidas digitales dependen de los algoritmos matemáticos que se han programado para su cálculo que pueden ser más o menos robustos, en función de las estrategias de búsqueda de puntos o secciones características del cuerpo (Bragança et al., 2018).
2. Las normas actuales basan la descripción de las medidas en puntos anatómicos que no tienen reflejo en la superficie del escaneado 3D, por lo que cada programador interpreta la norma y transforma la definición anatómica en una definición geométrica aplicable a una malla 3D (Simmons & Istook, 2003). Un claro ejemplo es la definición del contorno de cintura. La mayoría de normas lo define como el contorno situado entre el punto inferior de la caja torácica y la cresta ilíaca. Como estos puntos no se reflejan geoméricamente en la superficie corporal 3D los algoritmos de cálculo digital automático, suelen buscar el contorno de cintura como el perímetro mínimo de la región del torso, el perímetro situado en la anchura mínima de la región del torso o el punto más prominente en la zona de la barriga. Como resultado, se obtiene que cada definición sitúa la cintura en puntos distintos del cuerpo obteniéndose, valores distintos debidas al propio procedimiento de cálculo (Figura 52).



**Figura 52.** Ilustración de cuatro definiciones de contorno de cintura. Verde: Contorno mínimo del torso; Azul: anchura mínima en la proyección frontal; Rojo: Contorno en el punto medio entre la décima costilla y la cresta ilíaca; Amarillo: Punto más prominente de la barriga en la proyección sagital. Izquierda: Usuaria con alto IMC. Derecha: Usuaria con bajo IMC.

La consecuencia principal que tiene estas dos consideraciones es que las medidas digitales no son comparables si las medidas se han obtenido con programas de extracción de medidas distintos. Por lo tanto, las diferencias observadas cuando se comparan medidas digitales registradas con sistemas distintos, pueden estar muy influenciadas por los sesgos debidos a la metodología de extracción de medidas (Simmons & Istook, 2003).

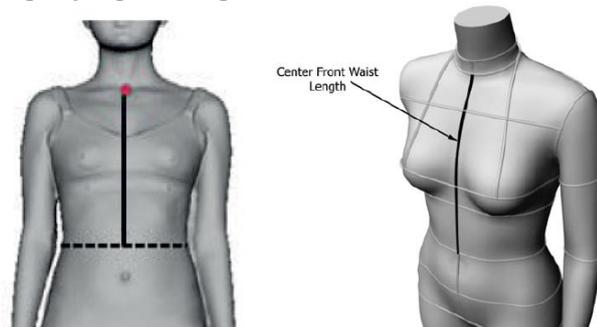
Hay que eliminar estos sesgos para poder analizar la variabilidad antropométrica entre poblaciones.

Además, como ya se ha mencionado, la evaluación de los programas de extracción de medidas digitales del cuerpo no es sencilla puesto que no hay una medida de referencia con las que comparar (Kouchi & Mochimaru, 2011).

### **Compatibilidad en la definición de las medidas.**

En el apartado 2.2.2 se ha incluido una revisión de las normas que describen medidas antropométricas corporales para aplicaciones en ergonomía (ISO 7250-3:2015) y para el sector de indumentaria (ISO8559-1:2017; ASTM D5219-15; ISO 18825-2:2016). Aunque hay medidas corporales equivalentes, hay pequeñas variaciones en la nomenclatura y en la definición que o bien generan confusión o bien las hacen incompatibles. Las situaciones habituales son:

- *Medidas con nomenclatura distinta que tienen idéntica definición:* Ejemplo: ‘Punto de llanero del cuello a la cintura’ (ISO8559-1:2017) y ‘Longitud de la cintura delantera central’ (ASTM D5219-15) (Figura 53). Lo que suele ocurrir es que no se emparejan para compararlas.



**Figura 53.** Izquierda: ‘Punto de llanero del cuello a la cintura’ (ISO8559-1:2017). Derecha: ‘Longitud de la cintura delantera central’ (ASTM D5219-15).

- *Medidas con la misma nomenclatura cuya definición no coincide:* Esta situación es la más peligrosa y la que puede dar lugar fácilmente en errores en la comparación de medidas entre estudios antropométricos distintos para analizar la variabilidad entre poblaciones. En estos casos, no se pueden separar las diferencias que corresponden a la descripción de la medida de las relacionadas con las dos poblaciones que se están comparando. A continuación, se incluye una tabla resumen con la comparación entre algunas de las medidas antropométricas descritas en las tres normas de referencia consideradas en la tesis (Tabla 1). El objetivo es ilustrar la discrepancia entre definiciones.

**Tabla 1. Comparación entre definiciones de medidas antropométricas establecidas en tres normas vigentes. En gris se han marcado las definiciones que coinciden.**

<b>Medida</b>	<b>ISO 7250-1</b>	<b>ISO 8559-1</b>	<b>ASTMD5219</b>
<b>Estatura</b>	Distancia vertical desde el suelo al punto más alto de la cabeza (vertex).	Distancia vertical desde el punto más alto de la cabeza en la línea media al suelo. <sup>1</sup>	Distancia vertical desde la coronilla hasta el suelo, tomada con el sujeto de pie y sin zapatos.
<b>Altura interna de la pierna</b>	--	Distancia vertical desde el nivel interno de la pierna al suelo.	--
<b>Altura de la entrepierna</b>	Distancia vertical desde el suelo a la altura de la entrepierna (punto más alto palpable del perineo).	--	La distancia vertical desde el punto medio de la entrepierna al suelo, tomada con el sujeto de pie y sin zapatos.
<b>Altura de la rodilla</b>	--	Distancia vertical desde el centro de la rótula hasta el suelo.	Distancia vertical desde el punto medio de la parte posterior de la rodilla (o pliegue) al suelo, tomada con sujeto de pie y sin zapatos.
<b>Altura de la tibia</b>	Distancia vertical desde el suelo al tibial.	--	--
<b>Circunferencia del cuello</b>	Circunferencia en el cuello en el punto justo por debajo de la nuez en cartílago tiroides y perpendicular al eje del cuello.	Circunferencia en el cuello en el punto justo por debajo de la nuez en cartílago tiroides y perpendicular al eje del cuello. <sup>2</sup>	Circunferencia horizontal del cuello, medida a 25 mm (1 pulgada) por encima de la base del cuello.
<b>Contorno de tórax (chest)</b>	Circunferencia del torso medida a la altura de los pezones.	Contorno horizontal del torso medido a la altura de la axila.	Circunferencia horizontal alrededor del torso, medida por debajo de los brazos y en la parte más rellena tórax incluida la parte

<sup>1</sup> En la norma se incluye una nota informado que está definición es equivalente a la de la norma ISO7250-1.

<sup>2</sup> En la norma se incluye una nota informado que está definición es equivalente a la de la norma ISO7250-1.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

			inferior de los omóplatos.
<b>Contorno de cintura</b>	Circunferencia horizontal del tronco a la altura media entre el punto más bajo de las costillas y la cresta ilíaca superior.	Contorno horizontal medido a la altura de la cintura <sup>3</sup> .	La circunferencia horizontal alrededor del torso medida en la zona de la cintura ubicada entre la costilla inferior y la cadera identificada al doblar el torso hacia un lado.
<b>Contorno de muñeca</b>	Circunferencia mínima de la muñeca en la posición de la apófisis estiloides del radio con la mano extendida pasando la cinta justo distal del estiloides cubital.	Contorno de la muñeca sobre el punto más prominente del cúbito.	Circunferencia máxima de la muñeca, medida sobre la prominencia interna y externa de los huesos de la muñeca.
<b>Contorno del muslo</b>	Máxima circunferencia del muslo (usualmente justo bajo el pliegue del glúteo)	Máxima circunferencia del muslo bajo el pliegue del glúteo.	Circunferencia horizontal máxima de la parte superior de la pierna, medida cerca de la entrepierna.
<b>Contorno de pantorrilla</b>	Máxima circunferencia de la pantorrilla	Contorno máximo horizontal de la pantorrilla.	Circunferencia horizontal máxima de la parte inferior de la pierna, medida entre la rodilla y el tobillo
<b>Longitud codo-muñeca</b>	Distancia horizontal del olécranon a la apófisis estiloides del cúbito.	--	--
<b>Longitud del brazo inferior</b>	--	Distancia del codo a la muñeca.	--

*2.2.3.2 Repetibilidad de las medidas antropométricas.*

Los principales aspectos asociados a la repetibilidad de las medidas antropométricas son: 1) la postura de escaneado, balanceo y respiración durante la medida, 2) la ropa de

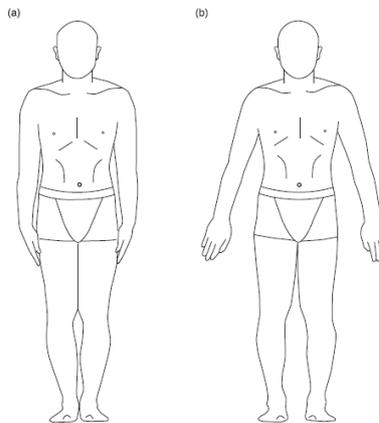
<sup>3</sup> En la norma se incluye una nota informada que esta definición es equivalente a la de la norma ISO7250-1.

escaneado y 3) la variabilidad del operario cuando se utilizan landmarks en el proceso de medida.

### Postura de escaneado.

La postura del sujeto es uno de los aspectos que más influye en las medidas antropométricas. En antropometría manual, se revisa y corrige la postura en cada medida. Sin embargo, mediante tecnología 3D, se realiza el escaneado en un número limitado de posturas de las cuales se extrae posteriormente la información. Además, las posturas básicas utilizadas en los métodos tradicionales no son adecuadas para escanear debido a la cantidad de zonas ocultas donde se pierde información, principalmente en axilas y entrepierna (Kouchi, 2014; Bragança et al., 2016). Estas zonas ocultas se reducen sustancialmente cuando se separan los brazos y piernas sin embargo, el problema que surge es que las medidas relacionadas con los hombros y caderas cambian (Mckinnon & Istook, 2002; Kouchi & Mochimaru, 2005; Gill & Parker, 2017).

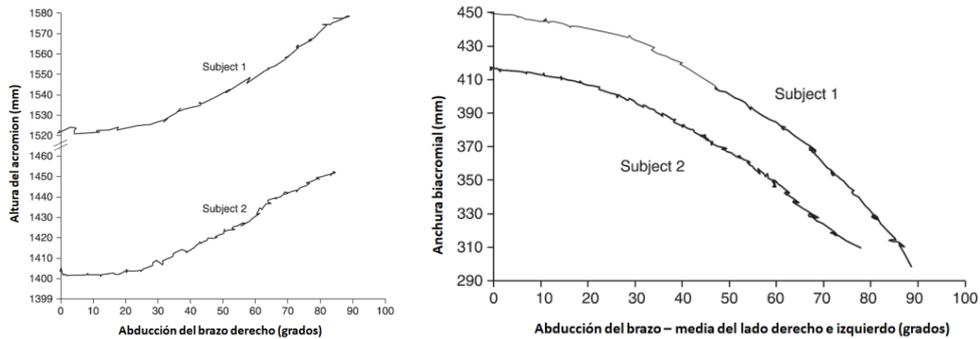
En particular, las medidas relacionadas con las axilas, los acromions, la anchura máxima de cadera y el contorno de cadera muestran diferencias significativas si se separa ligeramente los brazos y las piernas (Mckinnon & Istook, 2002; Kouchi & Mochimaru, 2005). Es decir, entre la postura básica de pie y la postura recomendada por la norma ISO 20685-1:2018: 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans (ISO 20685-1, 2018) correspondiente a un ángulo de abducción de brazos de 20° y una separación de pies de 20 cm (Figura 54).



**Figura 54. Posturas de escaneado recomendadas por la norma ISO 2068. (a) Postura para medidas de altura. (b) Postura para medidas de contornos.**

La Figura 55 muestra la relación entre el ángulo de abducción del brazo y la altura del acromion o la anchura biacromial medidos en dos sujetos utilizando un sistema de captura de movimientos mientras mueven los brazos desde el ángulo 0° de abducción del

brazo (posición vertical) a un ángulo de abducción de 90° (posición horizontal). La altura del acromion permanece constante hasta un ángulo aproximado de 20° mientras que la anchura biacromial se reduce prácticamente desde los 5° de abducción de brazos (Kouchi & Mochimaru, 2005).



**Figura 55. Relación entre el ángulo de abducción del brazo y la altura del acromion (izquierda) o la anchura biacromial (derecha) (Kouchi & Mochimaru, 2005).**

En cuanto a la posición de los pies, la separación óptima para asegurar la integridad de los datos evitando las zonas ocultas en lo posible es de 10,16 cm, de acuerdo con el estudio realizado por MCKinnon (2002). Sin embargo, esta posición separada de los pies separada, incrementa la medida del contorno de cadera respecto a la postura natural, en casi un centímetro, dependiendo de la altura a la que se tome la medida de cadera (Gill & Parker, 2017) (Figura 56).



**Figura 56. Posiciones de la sección de cadera en función de la definición de la medida e ilustración sobre postura-A y postura natural. Fuente: (Gill & Parker, 2017).**

Además de la postura es importante controlar la respiración durante el escaneado (Daanen et al., 1997; Perkins et al., 2000; Mckinnon & Istook, 2002; Lu & Wang, 2010; Kouchi, 2014; Pheasant, 2014) puesto que puede introducir variaciones en las medidas

de contorno de axilas, busto y bajo busto mayores entre 1.5 y 3 cm en las fases de inhalación o exhalación. Se recomienda mantener una respiración normal para reducir la variación de estas medidas debidas a la respiración (Mckinnon & Istook, 2002).

### **Ropa de escaneado.**

La ropa de escaneado tiene que ser ni muy suelta ni muy apretada. La presión que ejerce la prenda sobre el cuerpo cambia las formas y las dimensiones corporales. Estos cambios pueden llegar hasta 4 cm en la zona del torso en mujeres, debido al tipo de sujetar utilizado (Kim et al., 2015). La normativa ISO 20685 recomienda que la ropa de escaneado permita dejar al descubierto los puntos anatómicos de referencia y que tenga unas costuras que no ejerzan presión excesiva en la zona de la cintura y muslos.

Además, el pelo largo debe recogerse con una goma o un gorro de baño para no ocultar el cuello y los hombros. Siempre con cuidado de recogerlo hacia la parte superior de la cabeza para no incrementar la estatura.

### **Evaluación de la repetibilidad.**

La localización de puntos anatómicos y toma de medidas antropométricas manuales presentan errores de repetibilidad debidas a las habilidades y entrenamiento del medidor. La diferencia entre las medidas tomadas a un mismo sujeto por un mismo medidor se conoce como error intra-observador y se trata de un error aleatorio (Kouchi, 2014). Los errores aleatorios intra-observador aumentan la desviación estándar de la muestra (Kouchi et al., 1996).

Cuando participan varios medidores en un estudio antropométrico, se producen además sesgos sistemáticos entre medidores que también afectan a la varianza de las medidas y que son debidos a las diferencias en interpretación y ejecución del protocolo de medida. El error inter-observador, diferencia entre las medidas tomadas por dos medidores diferentes, depende de la magnitud del sesgo y la magnitud del error aleatorio de cada medidor. El error inter-observador es mayor que el error intra-observador debido al sesgo sistemático entre los dos medidores (Kouchi, 2014). Para reducir los sesgos es importante seguir un protocolo detallado de localización de landmarks y realizar un entrenamiento para poner en común las estrategias de localización de estos puntos. La norma ISO 20685 incluye un procedimiento para evaluar si las diferencias entre medidas tomadas por dos medidores están en un rango aceptable.

En el caso de medidas digitales, hay que diferenciar entre los protocolos que utilizan marcadores colocados sobre el cuerpo de forma manual y los que calculan puntos los puntos de referencia de forma automática sobre el escaneado. En el primer caso, los errores intra e inter observador en la colocación de marcadores afectaran el cálculo de la medida digital. En el segundo caso en el que el proceso es automático, los errores dependerán de la robustez y consistencia de los algoritmos. En ambos casos, tras la

detección de los landmarks sobre el escaneo 3D se aplican algoritmos de cálculo de medidas cuya robustez y consistencia también afectará a la repetibilidad.

En líneas generales, se ha comprobado los errores en la localización de landmarks y los errores de las medidas antropométricas están relacionados, tanto inter como intra-observador. Aunque el cálculo de la medida digital sea muy repetible, si se basa en la localización de marcadores colocados manualmente, el error de la medida puede ser mayor de lo previsto (Kouchi & Mochimaru, 2011) sin embargo, en la mayoría de estudios de error en medidas digitales no se analiza de forma independiente el error de los marcadores y el de los algoritmos de cálculo. En esta línea Kouchi and Mochimaru (2011), que han estudiado en detalle los errores en antropometría tanto manual como digital, sugieren que la clave para mejorar la repetibilidad de las medidas se centra en mejorar el error de proceso de landmarking intra-observador, pero sobre todo inter-observador en el caso de estudios con varios medidores o cuando se comparan resultados de diferentes estudios.

En general, se recomienda realizar un estudio de repetibilidad para comprobar la magnitud de los errores del protocolo que se va a utilizar en los estudios antropométricos. Si se consideran únicamente los errores aleatorios, el modelo de  $k$  medidas repetidas para  $i$  sujetos corresponde a la ecuación 2.1 (Eliaszew et al., 1994; Kouchi et al., 1996).

$$x_{ik} = \mu + \pi_i + \epsilon_{ik} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde  $\mu$  es la media,  $\pi_i$  es el efecto del sujeto y  $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio. Para analizar la fiabilidad del método de medida se proponen los indicadores ICC (Intra-class Correlation Coefficient) y SEM (Standard Error of the Measurement) (Eliaszew et al., 1994).

$$ICC = \frac{\hat{\sigma}_S^2}{\hat{\sigma}_S^2 + \hat{\sigma}_e^2} \quad \text{Ec. 2.2}$$

$$SEM = \hat{\sigma}_e = \sqrt{MSE} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Además, para cuantificar la magnitud de los errores aleatorios en antropometría se utiliza el MAD (Mean of the Absolute Differences). El MAD se calcula con la Ec. 2.4, donde  $d_{12}$  es la diferencia entre las medidas repetidas  $x_1$  y  $x_2$ , y  $n$  es el número de sujetos.

$$MAD = \frac{\sum |d_{12}|}{n} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Respecto al MAD, la mayoría de autores (Gordon & Bradtmiller, 1992; Bradtmiller & Gross, 1999; Perkins et al., 2000) toman como referencia el error máximo permitido propuesto en el estudio ANSUR (U.S. Army's 1987-1988 Anthropometric Survey)

(Gordon et al., 1989) para un conjunto de medidas antropométricas registradas de forma manual (Tabla 2).

La norma *3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases -- Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans* (ISO 20685-1, 2018), también incluye una tabla general de errores máximos permitidos en los métodos de toma de medidas antropométricas en longitudes, perímetros pequeños y grande, alturas y anchuras (Tabla 2).

**Tabla 2. Valores de errores máximos permitidos en estudios antropométricos propuestos por Gordon C et al. (1998) y la norma ISO20685-1.**

	Máximo error permitido (mm)	
	Gordon et al.	ISO 20685-1
<b>ALTURAS</b>		
Estatura	11	4
Altura de la séptima cervical	7	4
Altura del hombro	7	4
Altura de la décima costilla	5	4
Altura de la cresta iliaca	5	4
Altura de la cintura	4	4
Altura de las nalgas	7	4
Altura del trocanter	7	4
Altura de la entrepierna	10	4
Altura de la rodilla	6	4
<b>LONGITUDES</b>		
Longitud de hombros	3	5
Longitud de la sisa	4	5
Longitud trasera de la cintura	5	5
Longitud delantera de la cintura	5	5
Longitud del antebrazo	4	5
Longitud hombro-codo	6	5
Longitud de piernas interior	6	5
Longitud de piernas exterior	6	5
Longitud cintura-cadera	6	5
<b>ANCHURAS</b>		
Anchura de hombros	8	4

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

Anchura de caderas	7	4
<b>CONTORNOS</b>		
Contorno de cuello	6	4
Contorno de cuello en la base	11	4
Contorno de brazo	6	4
Contorno de antebrazo	5	4
Contorno de codo	4	4
Contorno de muñeca	5	4
Contorno de pecho	15	10
Contorno de bajo pecho	16	10
Contorno de cintura	11	10
Contorno de nalgas	12	10
Contorno de muslo	6	4
Contorno de pantorrilla	5	4
Contorno de tobillo	4	4
<b>PESO</b>		
Peso	0.3	

*2.2.3.3 Precisión de las medidas antropométricas.*

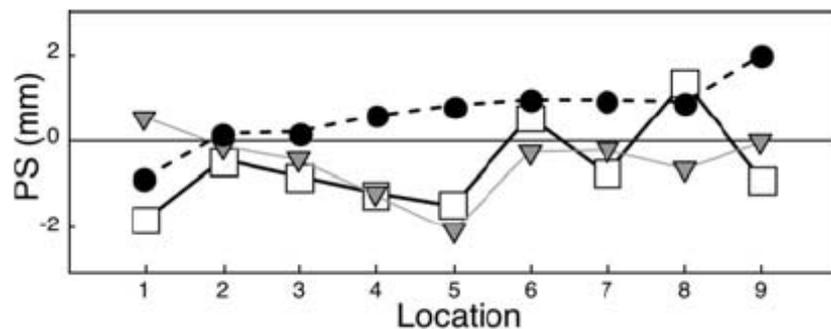
Además de los errores de repetibilidad relacionados con el sujeto y las habilidades de los medidores, la precisión de las medidas antropométricas depende en gran medida de la precisión del equipo. En el caso concreto de los sistemas de escaneo 3D, existen muchos sistemas comerciales de escaneo corporal que utilizan tecnologías distintas de escaneo y procesado de los datos, ofreciendo calidades de medida muy distintas. Como medida de control, se ha desarrollado un protocolo para la verificación de la precisión de los sistemas de escaneo corporal 3D (ISO 20685-2, 2015), que utiliza una bola y un maniquí normalizados (Figura 57) que se miden en distintas posiciones cubriendo por completo el área de escaneo. La bola fue calibrada en el National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) mediante una máquina de coordenadas (Kouchi et al., 2012a). El maniquí de cuerpo completo, presenta marcas con las posiciones de los landmarks que pueden utilizarse para verificar las metodologías de detección de landmarks, ya sea manual o automática, sobre los escaneados 3D.



**Figura 57.** Izquierda: Bola calibrada de  $\text{Ø}=120.0159$  mm, esfericidad= $22.1$   $\mu\text{m}$ ; Derecha: Maniquí de cuerpo completo (Kouchi et al., 2012c).

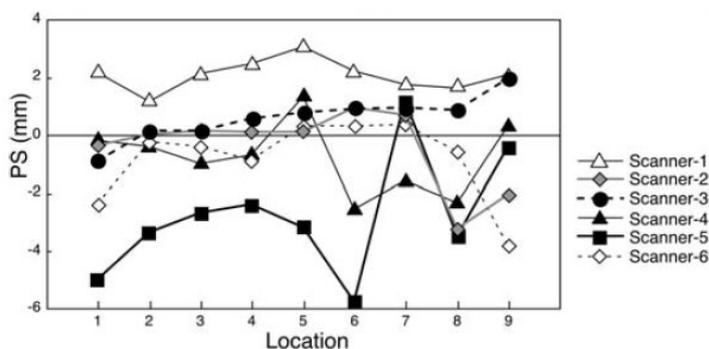
En el caso de la esfera, se calcula el error del diámetro entre el dinámetro ajustado al escaneado de la esfera mediante mínimos cuadrados y el diámetro de referencia de la esfera medido mediante la mesa de coordenadas.

Los resultados de un estudio inter laboratorio en el que también participó el IBV muestran valores máximos de  $\pm 2$  mm en el error del diámetro de la bola en distintas localizaciones del área de escaneado para tres repeticiones realizadas en el mismo escáner (Figura 58).



**Figura 58.** Error del diámetro de la bola obtenido en la evaluación de un escáner en tres repeticiones y en 9 localizaciones distintas del área de escaneado (Kouchi et al., 2012c).

La Figura 59 muestra el error del diámetro de la bola seis escáneres diferentes que participaron en el estudio inter laboratorio. Los resultados muestran la variabilidad de calidad entre los sistemas de escaneado.



**Figura 59. Error del diámetro de la bola obtenido en seis escáneres diferentes (Kouchi et al., 2012c).**

En cuanto al maniquí, el procesado consisten en la extracción de los landmarks. Posteriormente, se alinean los escaneados minimizando la distancia entre las nubes de puntos 3D. Finalmente se calcula la distancia entre los landmarks equivalentes para obtener el error medio y máximo.

#### **2.2.4 Estudios antropométricos poblacionales.**

Existen numerosas fuentes de información antropométrica basada en medidas tradicionales registradas de forma manual. La mayoría proporcionan valores medios y desviaciones estándar (Brolin, 2016). En algunos casos incluso percentiles (Pheasant & Haslegrave, 2006; Ergonomics, 2008; Hanson et al., 2009; Molenbroek, 2018). Sin embargo, para la mayoría de aplicaciones es importante contar con datos en bruto. Esto significa tener acceso a la base de datos completa para poder filtrar la población objetivo por género o edad y realizar los análisis específicos que se requieren en función de la aplicación. La necesidad de acceder a bases de datos en bruto es habitual y las escasas bases de datos publicadas suelen diferir de la población objetivo, o tratarse de datos muy antiguos, como por ejemplo la base de datos ANSUR de la población militar medida en 1988 (Gordon et al., 1989).

La aparición de escáneres 3D corporales a finales de los años 90, han transformado notablemente los procedimientos y metodologías para llevar a cabo estudios antropométricos de la población. El primer estudio a gran escala realizado con esta nueva tecnología fue el proyecto CAESAR (1998-2000) (Robinette et al., 1999). Este proyecto ha sido todo un referente que ha impulsado la realización de numerosos estudios en todo el mundo para actualizar las bases de datos utilizando tecnología de escaneo 3D. La mayoría de estos estudios estaban dirigidos a la mejora del tallaje y patronaje del sector confección. En el proyecto CAESAR se escanearon a más de 4.400 sujetos en Norte América y Europa utilizando dos sistemas de escaneo: Cyberware WB4 and Vitus Pro (Robinette et al., 2002). Cyberware WB4 fue uno de los primeros escáneres corporales que se utilizó también para el primer estudio 3D en Corea. Este escáner ya no es comercial y fue sustituido por una versión actualizada del escáner Vitus Pro (Vitus

Smart) que se estableció como escáner de referencia en la realización de estudios antropométricos a gran escala.

Simultáneamente, en el proyecto SizeUK (1999-2002) se escanearon 11.000 hombres y mujeres utilizando un escáner corporal 3D de TC2 (J. Bougourd, 2005; J. Bougourd & Treleaven, 2010). El proyecto fue cofinanciado por el gobierno de Reino Unido y empresas de confección y venta de ropa inglesas. SizeUK fue el primer estudio a gran escala utilizando un escáner 3D orientado específicamente al sector de la confección para mejorar el ajuste de la ropa.

Los estudios antropométricos que utilizan escáneres 3D son proyectos muy caros que requieren una puesta a punto precisa y un gran despliegue de recursos. Las lecciones aprendidas de ambos estudios (CAESAR y SizeUK) fueron muy útiles en la planificación y desarrollo de nuevos estudios realizados posteriormente en todo el mundo (Robinette & Daanen, 2003; J. Bougourd & Treleaven, 2010). Las recomendaciones reportadas se centran en la selección de la tecnología de escaneado, la estrategia de reclutamiento de sujetos, el protocolo de escaneado y los métodos de procesado de datos.

Se han realizado estudios antropométricos 3D a gran escala en muchos países, siendo los más relevantes los realizados en EEUU (Ng et al., 2007), Francia (Kennedy, 2008), Alemania (Seidl et al., 2009), Tailandia (Charoensiriwath & Tanprasert, 2010), Corea del sur (Han et al., 2010; Lim & Park, 2011; Y. S. Lee, 2013), India (Anand & Tiwari, 2022; Kulkarni et al., 2011), Japón (HQL (Research Institute of Human Engineering for Quality Life), 2008), España (Alemany et al., 2010), Bélgica (Cools et al., 2014), México (Istook & Hwang, 2001), Rumania (Olaru et al., 2011), Brasil (Bastos & Cetiqt, 2014), Italia (Stampfli et al., 2012), Portugal (Ramôa, A.F. et al., 2018) y China (Zhao et al., 2019) (Tabla 3). Como ya se ha indicado, la mayoría de ellos están enfocados a la industria de la confección y en algunos casos también al sector de automoción. En estos dos sectores, es relevante el uso de modelos digitales humanos precisos que apoyen el diseño de ropa y vehículos ergonómicos y con altas prestaciones de ajuste a la población.

**Tabla 3. Descripción de estudios antropométricos 3D a gran escala.**

País	Proyecto	Año	Muestra	Edad	Escáner	Postura
Norte América	CAESAR	2000	2,375	18 - 65	Cyberware	De pie & Sentado
Holanda	CAESAR	2000	1,255	18 - 65	Vitus Pro	De pie & Sentado
Italia	CAESAR	2002	796	18 - 65	Vitus Pro	De pie & Sentado
Reino Unido	SizeUK	2001-2002	10,000	16 - 76	TC <sup>2</sup>	De pie & Sentado
EEUU	SizeUSA	2002-2003	10,800	20 - 65	TC <sup>2</sup>	Standing
Japón	Japanese Survey	2004-2010	6,700	20 - 79	Voxeland LPW-2000	De pie

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

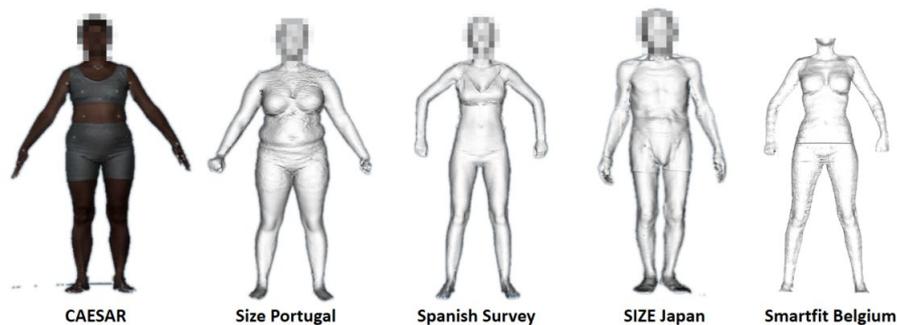
Alemania	SizeGERMA NY	2007-2009	12,000	6 - 65	Vitus Smart	De pie & Sentado
Francia	France survey	2003-2004	11,500	5 - 70	Vitus Smart	De pie & Sentado
España	Spanish surveys	2007-2014	11,000	3 - 70	Vitus Smart	De pie & Sentado
Portugal	SIZEPortugal	2014	1,864	17 - 75	TC <sup>2</sup>	De pie
India	SizeINDIA	2009-2010	5,000	18 - 45	Vitus Smart	De pie & Sentado
Italia	SizeITALY	2012-2013	6,000	6 - 75	Vitus Smart	De pie & Sentado
Tailandia	Size THAILAND	2007-2008	13,400	16 - 60	TC <sup>2</sup>	De pie
Corea	SizeKorea 5th survey	2003-2004	19,700	0 - 90	Cyberware	De pie & Sentado
Corea	SizeKorea 6th survey	2010	14,000	7 - 69	Hamamatsu	De pie & Sentado
Bélgica	SmartFit	20013	5,500	3 - 75	SYMCAD II TC <sup>2</sup> NX-32	De pie
Rumania	Romanian Survey	2007-2009	1,300	20 - 65	Vitus Smart	De pie
China	SizeChina	2018	26,354	18 - 75	Vitus Smart	De pie & Sentado
Brasil	SizeBR	2012	5,500 mujeres	18 - 65	TC <sup>2</sup>	De pie
India	SizeIndia II	2022	25,000	1 - 65	Sizestream- SS14	De pie & Sentado
EEUU + Canadá	SizeNorth America	2022	17,820	6 - 65	Vitus Smart	De pie & Sentado

La metodología seguida por estudios en relación a reclutamiento de sujetos, tecnología de escaneado, post-procesado de escaneados 3D, protocolo de medida (ej. posturas de escaneado, utilización de marcadores físicos), es variable y dificulta la obtención de datos compatibles que puedan integrarse y compararse de forma directa (Kouchi & Mochimaru, 2011).

En particular, el procesado de escaneados 3D implica esencialmente tres pasos: marcado de puntos anatómicos (landmarking), cálculo de medidas digitales y ajuste de las mallas 3D. Ya se ha explicado la incompatibilidad en los programas de cálculo digital de medidas en el apartado 2.2.3.1. Por lo tanto, para comparar o integrar bases de datos de distintos estudios sería necesario realizar un proceso de ajuste para generar modelos homólogos utilizando un mismo método. Sin embargo, la falta de homogeneidad de los escaneados de cada estudio (Figura 60), impide la utilización de un método estándar.

El ruido superficial, la postura y artefactos varía en cada estudio. La norma ISO 20385-1: 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases

(ISO 20685-1, 2018), incluye especificaciones para estandarizar los principales aspectos que deben tenerse en cuenta en el protocolo de escaneado. Sin embargo, como estas indicaciones son orientativas y sujetas a distintas interpretaciones, aunque todos los estudios declaran que se ajustan a esta norma, se observan variaciones que reducen su compatibilidad (Alemany et al., 2019).



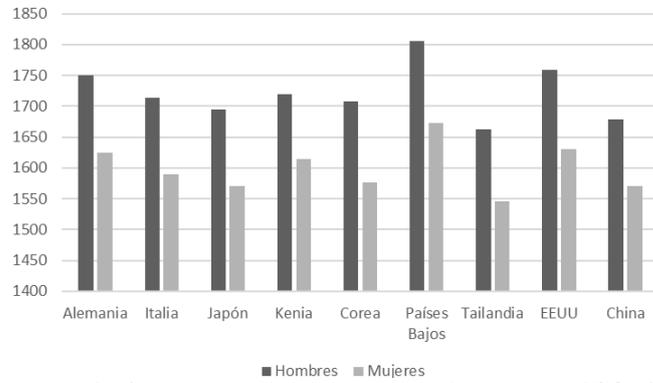
**Figura 60. Variabilidad del escaneado (postura, ropa y ruido superficial) de distintos estudios antropométricos 3D (Alemany et al., 2019).**

La revisión en detalle de todos estos estudios ha permitido definir el protocolo de escaneado 3D que se detalla en el apartado 4.3.1 de material y métodos.

### **2.2.5 Estudio de la diversidad antropométrica. Aspectos multidimensionales.**

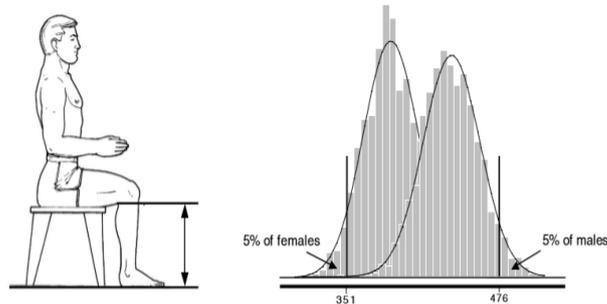
Las dimensiones del cuerpo humano varían de acuerdo a múltiples factores como el género, edad, raza, nivel socioeconómico, etc. La antropometría tiene como misión investigar, recopilar y analizar estos datos, generando directrices de diseño para los productos y entornos, al ser éstos, contenedores o prolongaciones del cuerpo, deben estar determinados por sus dimensiones (Pheasant S, 1986; Helander, 2005; Bridger, 2008).

El objetivo principal de los estudios antropométricos poblacionales es analizar las dimensiones antropométricas y su variabilidad para generar dimensiones de referencia que pueden utilizarse en el diseño de productos y entornos ergonómicos (Pheasant S, 1986, y Helander y Bridger). Estos estudios muestran que la forma y dimensiones corporales presentan una variabilidad poblacional que hay que considerar en el proceso de diseño para asegurar un alto grado de acomodación a la población objetivo. Factores como el género, grupo de edad, la etnia o zona geográfica (Figura 61) muestran diferencias significativas en las dimensiones antropométricas poblacionales por lo que es importante tenerlos en cuenta en la definición de la población objetivo (Dainoff, M., et al., 2004; Helander, 2005; Pheasant & Haslegrave, 2006).

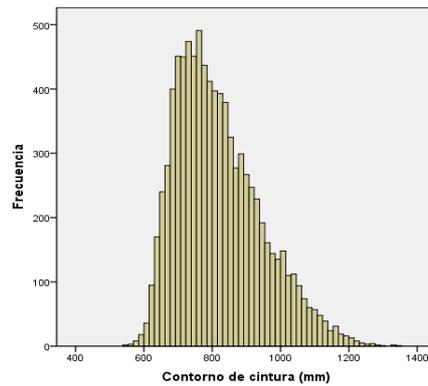


**Figura 61. Percentil 50 de estatura (mm) de la población por país (ISO 7250-3, 2015).**

La mayoría de dimensiones antropométricas siguen una distribución normal (Figura 62), a excepción del peso y los contornos corporales correlacionados con el peso, que siguen una distribución asimétrica (Pheasant, 2014) (Figura 63). Esta singularidad hay que tenerla en cuenta cuando se aplican técnicas estadísticas que asumen que las variables siguen una distribución normal.



**Figura 62. Distribución de la altura poplítea en hombres y mujeres (Dainoff, M., et al., 2004).**



**Figura 63. Distribución asimétrica del contorno de cintura en la población femenina española.**

Tradicionalmente se han utilizado los percentiles de las medidas antropométricas como resumen estadístico de la variabilidad antropométrica para su aplicación en diseño y evaluación de producto. En consecuencia, la mayoría de fuentes de información antropométrica consisten en tablas estadísticas de medidas para poblaciones específicas. Las tablas antropométricas más utilizadas como referencia en diseño son (Norris & Wilson, 1995; Peebles & Norris, 1998; Smith et al., 2000; Carmona Benjumea, 2001; Pheasant & Haslegrave, 2006; ISO/TR 7250-2:2010 - Basic human body measurements for technological design -- Part 2: Statistical summaries of body measurements from national populations, 2010).

Aunque datan de los años 70 y 80, las tablas antropométricas publicadas por Physant en BodySpace (2014) siguen siendo una fuentes de consulta. La serie de libros Adultdata (Peebles & Norris, 1998), Childdata (Norris & Wilson, 1995) y Olderdata (Smith et al., 2000), consisten en recopilaciones de tabas antropométricas con medias, desviación estándar y percentiles 5 y 95 de medidas corporales. En Adultdata se recogen 266 dimensiones antropométricas, algunas de ellas con datos comparativos de las poblaciones de Reino Unido, Brasil, China, Francia, Alemania, Italia, Japón, Polonia, Sri Lanka, Suecia, Holanda y EEUU, sin embargo, muchas de las medidas referidas a estos países son estimaciones realizadas a partir de la estatura utilizando ratios y proporciones obtenidas a partir de otra población (Gordon, 1999).

En cambio, Childdata es una recopilación internacional de datos antropométricos de población infantil desde 0 a 18 años generada a partir de publicaciones referenciadas: informes de estudios antropométricos, libros, artículos científicos y normas. Incluye tablas antropométricas de 147 dimensiones corporales (Gordon, 1999).

En España, la publicación del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Carmona Benjumea, 2001) publicó las tablas antropométricas de hombres y mujeres de 48 medidas recogidas en la norma ISO7250-1:1998 (ISO 7250-1:2017, 2017) han sido la referencia en diseño, evaluación y adaptación del puesto de trabajo. En 2015, el IBV presentó los cuadernos de antropometría dirigidos al sector de la confección. En ellos se combinan dos medidas (una principal y otra secundaria) para definir los intervalos de tallas más populares (Martínez et al., 2015):

- de las prendas superiores (pecho –principal- y cintura –secundaria-),
- de las prendas inferiores (cintura –principal- y cadera –secundaria- en los hombres; y cadera –principal- y cintura –secundaria- en las mujeres) y
- de cuerpo completo, sólo en el caso de las mujeres (pecho –principal- y cadera –secundaria-).

Además, se han confeccionado tablas antropométricas con los valores medios para cada intervalo de un conjunto de 37 medidas antropométricas (Ballester et al., 2015; Martínez et al., 2015). Estas tablas se segmentan en tres grupos de edad, 14-34, 35-54 y 55-65, para adecuar los datos a poblaciones objetivo concretas del sector confección.

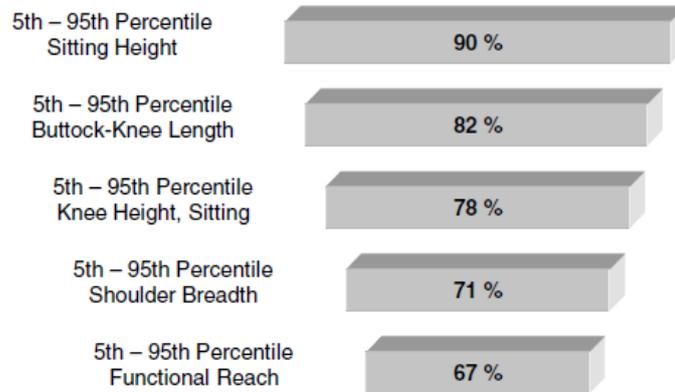
Con un formato más dinámico, que permite seleccionar el perfil de la población objetivo (género, edad, país) y los estadísticos de salida, la aplicación web DINED (Jellema et al., 2019; Johan Molenbroek, 2018) es una fuente de consulta interesante que permite obtener tablas antropométricas más enfocadas a aplicaciones concretas (Figura 64). Con una aproximación similar, el software 'PeopleSize' (Open Ergonomics, 2008) integra una recopilación de estudios antropométricos de 10 países (Australia, Bélgica, China, Francia, Alemania, Italia, Japón, Suecia, Reino Unido y EEUU).

Sin embargo, esta información antropométrica tiene un uso prácticamente limitado al ámbito académico y con escasa divulgación entre diseñadores y empresas. La antigüedad de los datos publicados, la falta de armonización de los datos y la poca formación en ergonomía del sector industrial son los motivos principales por los que esta información se percibe como desfasada, compleja y poco útil (Veitch et al., 2009; Nickpour & Donglong, 2011).



**Figura 64. Gráfico de dispersión de estatura y altura de los ojos para la población holandesa estudiante de 19 a 36 años obtenido en el portal antropométrico DINED (<https://dined.io.tudelft.nl/>).**

Hay que remarcar que esta aproximación es unidimensional y no considera las relaciones entre medidas antropométricas y las proporciones corporales. Esta propiedad hay que tenerla en cuenta en los análisis estadísticos destinados a la obtención de medidas de referencia para su aplicación en diseño de productos o entornos. Daniels (1952) concluyó que no existe la mujer y el hombre 'medios'. Personas con una estatura media es muy improbable que tengan un valor medio para todo el resto de medidas antropométricas (Daniels, 1952; Roebuck et al., 1975; Pheasant & Haslegrave, 2006). El carácter multidimensional de la variabilidad antropométrica implica que el porcentaje de acomodación se reduce considerablemente cuando hay varias medidas que afectan el diseño y se aplica percentiles de medida de forma sucesiva (Figura 65) (Moroney & Smith, 1972; Roebuck et al., 1975; Robinette & McConville, 1981; Zehner et al., 1993).

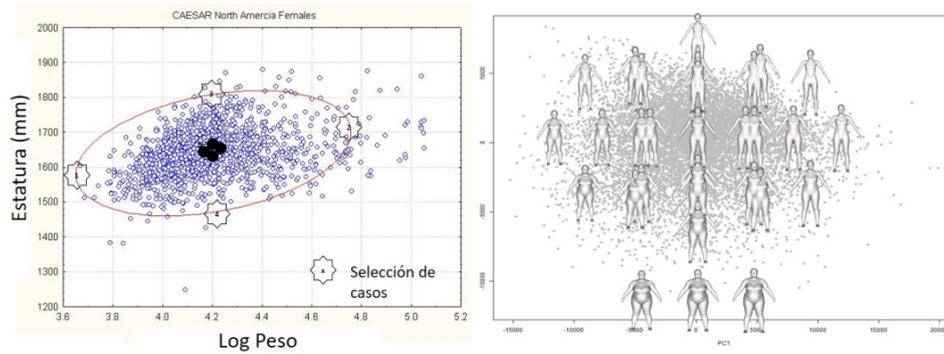


**Figura 65. Reducción del porcentaje de acomodación al añadir variables (Zehner et al., 1993).**

Como alternativa, se han propuesto otras técnicas estadísticas como la regresión, que considera relaciones entre medidas (Robinette & McConville, 1981; Flannagan et al., 1998; Manary et al., 1998) o el análisis de conglomerados que tiene carácter multivariante y permiten establecer agrupaciones considerando relaciones entre medidas (K. Kim et al., 2004). Sin embargo, al representar la distribución de las medidas antropométricas, se observa un espacio continuo donde no aparecen agrupaciones. En consecuencia, solo se pueden segmentar la población estableciendo criterios externos a la antropometría relacionados con el ajuste del producto o entorno.

Para utilizar medidas o formas corporales de referencia para el diseño y evaluación de productos y entornos considerando el carácter multivariante de las medidas corporales, y evitando la generación de perfiles antropométricos artificiales construidos mediante métricas estadísticas, varios autores recomiendan la selección de casos reales (Robinette, 1998; Dainoff, M., et al., 2004). Los métodos de selección de casos reales pueden ser (Figura 66):

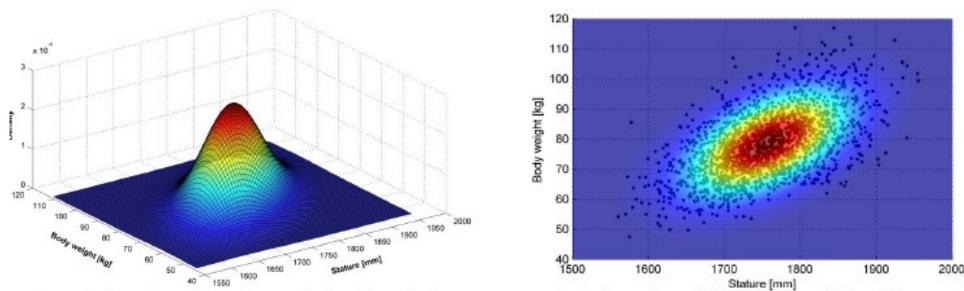
1. Casos centrales – Se localizan alrededor del centro de la distribución de las dimensiones corporales seleccionadas.
2. Casos límite – Se localizan alrededor de los límites de las dimensiones corporales seleccionadas.
3. Casos distribuidos – Se sitúan cubriendo toda la distribución de las dimensiones corporales consideradas de forma organizada o aleatoria. Los casos centrales y límite se pueden considerar como casos específicos de los distribuidos.



**Figura 66. Izquierda: Selección de casos centrales y casos límite. Derecha: Selección de casos distribuidos.**

La selección de casos se realiza considerando un intervalo de confianza que se define de acuerdo al porcentaje de acomodación que se desea conseguir con el diseño. Generalmente, el porcentaje de acomodación objetivo suele ser bastante alto para que el diseño acomode a cualquier persona, sin embargo, también es habitual que no sea viable por cuestiones de limitación en el diseño o coste de fabricación de un número muy alto de tallas. Por lo tanto, considerar un porcentaje de acomodación del 90%, se considera un buen compromiso. El 10% de la población no acomodada se consideran casos demasiado extremos para incluirlos en el criterio de acomodación (Brolin, 2016).

Cuando se consideran las distribuciones combinadas de dos medidas antropométricas clave, se obtiene una función de densidad bidimensional, y una elipse, al cortar por un plano paralelo a 'xy' a la altura del nivel de acomodación requerido (Figura 67). La orientación, forma y tamaño de la elipse, vienen determinados por el grado de correlación entre las dos medidas (Brolin, 2016).



**Figura 67. Izquierda: Distribución de frecuencia de la estatura y el peso, base de datos ANSUR (Gordon et al., 1989). Derecha: Vista superior de la distribución de frecuencia (Brolin, 2016).**

Si se añaden más medidas, la región de confianza genera lo que se conoce como hiper-elipsoide multidimensional. Los cálculos matemáticos se hacen más complejos y el número de casos necesario para cubrir la región de confianza aumenta de forma inmanejable (Dainoff, M., et al., 2004). Cuando se utilizan muchas medidas, con

frecuencia se utiliza el análisis de componentes principales (PCA), que permite reducir las dimensiones de la región de confianza reteniendo el máximo posible de variabilidad de los datos (Johnson & Wichern, 2002; Jolliffe, 2011).

El PCA es la aproximación multivariante más utilizada en el estudio de medidas antropométricas y se utiliza tanto con bases de datos de medidas antropométricas, (Bittner, 1987; Gordon et al., 1989; Robinson et al., 1992; Zehner et al., 1993; Hudson et al., 1998; Friess & Bradtmiller, 2003; Young et al., 2008) como con bases de datos de escaneados 3D previamente procesados (Allen et al., 2003; Xi et al., 2007; B.-K. D. Park et al., 2017). El uso del PCA en antropometría aplicada a diseño o evaluación ergonómica consiste en utilizar la primera componente que sintetiza la máxima variabilidad, para seleccionar ocho puntos extremos de la elipse o círculo que cubre un cierto porcentaje de los datos (generalmente el 95%) (Robinson et al., 1992; Zehner et al., 1993; Hudson et al., 1998) y utilizar a ese grupo de sujetos como referencia para realizar el diseño. La idea que hay detrás de esta aproximación es, si realiza un diseño que acomoda a los extremos de la elipse del 95%, también se adecuará a la población que queda en el interior.

Hay que tener precaución porque esta aproximación presenta serias limitaciones. Friess (2005) realiza un análisis crítico de la aproximación PCA. En primer lugar, el uso solo de una componente, deja de considerar variaciones antropométricas que, aunque no sean tan relevantes en cuanto a variabilidad, pueden ser importantes desde el punto de vista de la ergonomía del producto o entorno. Esta simplificación deja fuera una gran cantidad de población, y en realidad, no se está cubriendo el 95% de la elipse. Si se consideran componentes adicionales, los casos límite se multiplican aumentando la complejidad y complicando la aplicabilidad en el proceso de diseño. Por otro lado, la selección de los extremos en los octantes del círculo no está clara desde el punto de vista de la contribución al porcentaje de acomodación.

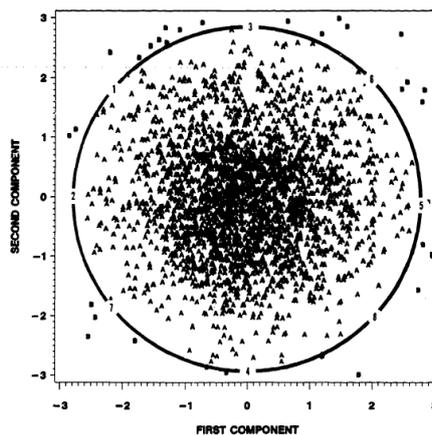
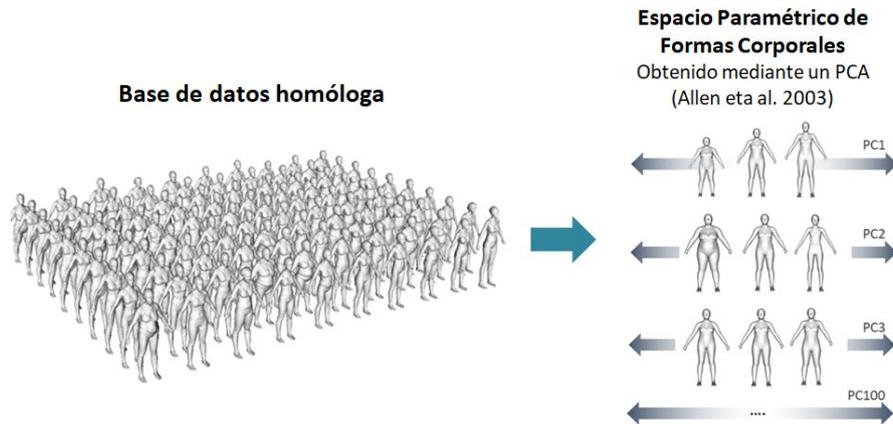


Figura 68. Selección de casos a partir de la región que incluye el 99.5% de las dos primeras componentes resultantes del PCA de una bases de datos antropométrica (Zehner et al., 1993).

La aplicación del PCA a escaneados corporales 3D permite generar morfotipos corporales dentro del espacio de formas de la base de datos utilizada (Allen et al., 2003) (Figura 69). En Ballester et al. (2015), se utiliza este método para generar una colección de maniqués de referencia para el diseño y patronaje de ropa considerando la variabilidad principal que afecta a este producto.

El PCA aplicado a bases de datos 3D es de gran utilidad para hacer inferencia (Wuhrer, 2011; Alemany et al., 2018). Es decir, estimar formas corporales 3D a partir de medidas o de datos muy básicos como las siluetas obtenidos a través de fotos (Ballester, Parrilla, et al., 2016; Alemany et al., 2019). De esta forma, se pueden generar maniqués con formas corporales muy realistas. Los valores de las componentes del PCA se calculan para que la forma corporal resultante cumpla con las medidas corporales requeridas o con las dos siluetas de las fotos. En estos casos, se genera un maniquí 3D de referencia con formas mucho más humanas que los maniqués CAD comerciales. Sin embargo, el uso del PCA de cuerpos 3D para generar directamente modelos de referencia, requiere todavía de un estudio en profundidad para establecer una metodología contrastada y fiable (Meunier et al., 2009; Shu et al., 2009; Alemany et al., 2018).



**Figura 69. Cálculo del PCA a partir de una base de datos homóloga 3D para obtener un modelo paramétrico configurable dentro del espacio de formas de la base de datos (Allen et al., 2003).**

Una alternativa a estas metodologías de análisis multivariante, es el análisis de arquetipos que propone Epifanio et al. (2013) en la cual se puede asegurar la cobertura de un cierto porcentaje de acomodación. El análisis arquetípico supone que hay varios individuos "puros" que se encuentran en los "bordes" de los datos, y todos los demás individuos se consideran mezclas de estos arquetipos puros. El análisis arquetípico (AA) estima la envolvente convexa de un conjunto de datos, ya que el AA favorece las características que constituyen "esquinas" representativas de los datos, es decir, los arquetipos. Los arquetipos son casi siempre fáciles de interpretar, consideran las propiedades multivariantes de la antropometría y no genera perfiles antropométricos

artificiales. Sin embargo, se trata de una metodología no muy conocida en el ámbito de la antropometría.

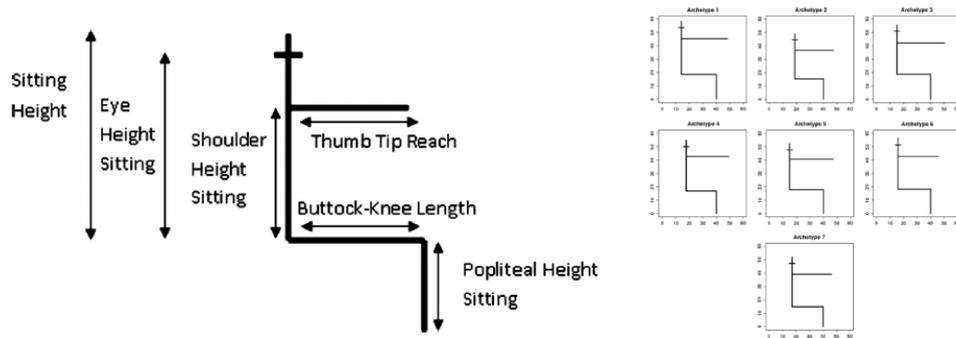


Figura 70. Izquierda: Medidas antropométricas en posición sedente utilizadas para el estudio de arquetipos. Derecha: Esquema de los siete arquetipos obtenidos (Epifanio et al., 2013).

### 2.2.6 Antropometría aplicada al sector confección.

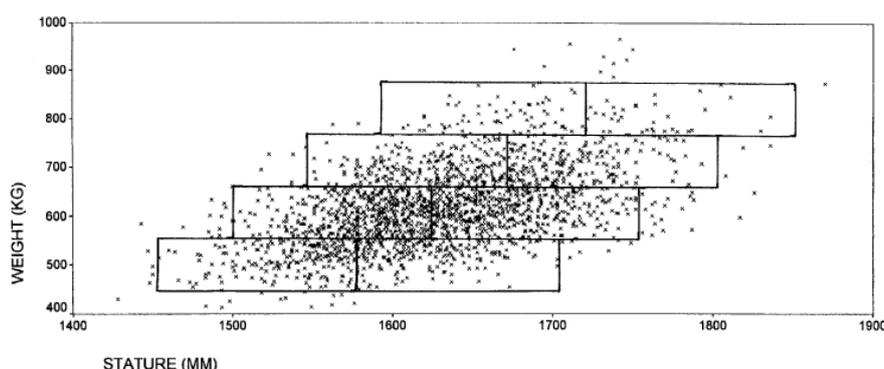
Los análisis antropométricos aplicados al sector de la confección se han centrado en tres objetivos:

- Optimización del sistema de tallaje de ropa para maximiza la cuota de mercado.
- Generación de tablas de tallas actualizadas a partir de información antropométrica de la población objetivo.
- Generación de maniqués de referencia para el diseño y patronaje de ropa que representen las tallas o morfotipos específicos que requieren ajustes en el patronaje de las prendas.

#### 2.2.6.1 Optimización del tallaje de ropa.

Uno de los principales problemas a resolver relacionado con el ajuste de las prendas de ropa es el tallaje, en particular, cuál es el número óptimo de tallas y cómo se distribuyen respecto a la antropometría de la población para ajustar al mayor porcentaje de población con un tallaje mínimo. Para resolver esta cuestión a partir de datos antropométricos de la población, numerosos autores han propuesto métodos más o menos complejos de clasificación estadística y optimización. Lo que se pretende obtener con estos métodos es una tabla de tallas óptima, que no es más que las dimensiones antropométricas medias de cada talla para las medidas más importantes del cuerpo para el ajuste de las prendas de ropa. El proceso de desarrollo de tablas de tallas implica dividir en grupos homogéneos las mediciones antropométricas de la población objetivo (Gupta & Gangadhar, 2004; Ibáñez et al., 2012; Gill, 2015). Para ello el primer paso es identificar cuáles son las medidas relevantes (Petrova, 2007; Otieno, 2008b; Zakaria, 2014).

La aproximación más sencilla para crear sistemas de tallaje consiste en aplicar el análisis de regresión lineal para identificar cuáles son las medidas más relevantes para el tallaje y cómo se correlacionan con el resto de medidas importantes en el ajuste (Beazley, 1998; Kwon et al., 2009; Mpampa et al., 2010). Analizando la distribución de estas medidas relevantes mediante gráficos de dispersión bivariantes, se establece la distribución de tallas mediante cajas contiguas (S. P. Ashdown, 1998; Chung et al., 2007; K. Jung et al., 2010; Petrova, 2007; Tsai & Hsu, 2013). El tamaño de estas cajas viene determinado por las tolerancias de ajuste del tipo de prenda objeto de estudio (Figura 71).



**Figura 71. Método bivalente de tallaje para acomodar el mayor porcentaje de población situando las cajas con las tolerancias de ajuste sobre el gráfico (McCulloch et al., 1998).**

Este método solo considera dos medidas principales y no tiene en cuenta proporciones corporales (morfotipos) generando problemas de ajuste en las prendas al no considerar el carácter multivariante de las dimensiones antropométricas. Por lo tanto, el tallaje lineal que establece únicamente rangos desde los valores más pequeños a los más grandes, no puede acomodar eficientemente a todas las formas corporales (McCulloch et al., 1998). Como únicamente se utilizan dos medidas antropométricas para realizar la distribución de tallas, si se representan gráficos bivariantes incluyendo otras medidas secundarias, se observa que existe población que queda fuera de las cajas. Los problemas de ajuste puede experimentar esta población que queda fuera, sigue siendo una incógnita (Gill, 2015).

Para resolver este problema, numerosos estudios de tallaje basado en antropometría, utilizan técnicas de análisis multivariante en particular, el análisis PCA y el clustering (Laing et al., 1999; Loker et al., 2005; Salusso et al., 2006; Zheng et al., 2007; Chung et al., 2007; Veitch et al., 2007; Hsu, 2008; Faust & Carrier, 2009a; Salehi Esfandarani & Shahrabi, 2012; Jeyasingh & Appavoo, 2012; Shahrabi et al., 2013), de modo que a partir de las dos primeras componentes que son las que explican mayor variabilidad, se realiza una segmentación en tallas para cubrir el máximo de población posible.

Sin embargo, además de la variabilidad antropométrica, hay que tener en cuenta las tolerancias en el ajuste y cómo esta tolerancia afecta cuando las medidas de un usuario se sitúan más o menos cerca del valor ideal (Tryfos, 1986). Es decir, la antropometría

sola no lo explica todo. Con esta idea Tryfos (1986) planteó un proceso de optimización para resolver el problema del tallaje, mejorado más tarde por McCulloch (McCulloch et al., 1998) quién estableció una serie de hipótesis para diseñar una función de pérdida de ajuste ('aggregate loss of fit function') (Figura 72):

- Cuando más difieren las medidas del individuo de las medidas ideales o 'prototípicas', peor será el ajuste.
- Cuando se comparan medidas antropométricas entre individuos y el ideal para predecir el ajuste, es más adecuado utilizar medidas relativas que diferencias absolutas (Mellian et al., 1991).
- Pequeñas diferencias entre el individuo y las medidas ideales no afectan a la calidad del ajuste. Esto significa que el ajuste perfecto tiene lugar en el entorno de las medidas ideales.
- El ajuste estrecho no afecta a la percepción de usuario de la misma forma que el ajuste ancho.
- Las discrepancias en ciertas medidas tienen más influencia en el ajuste que otras.

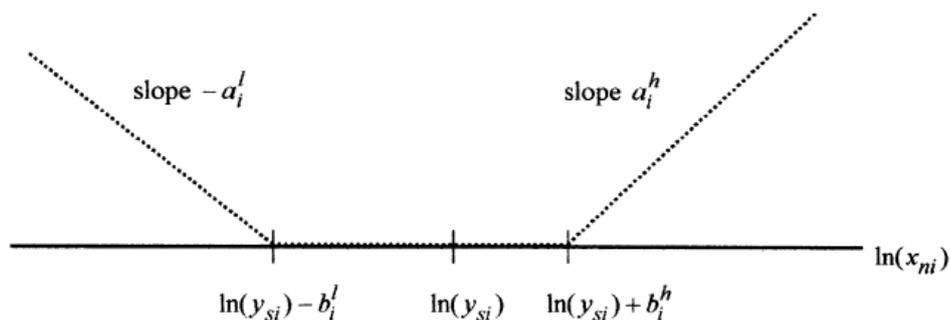
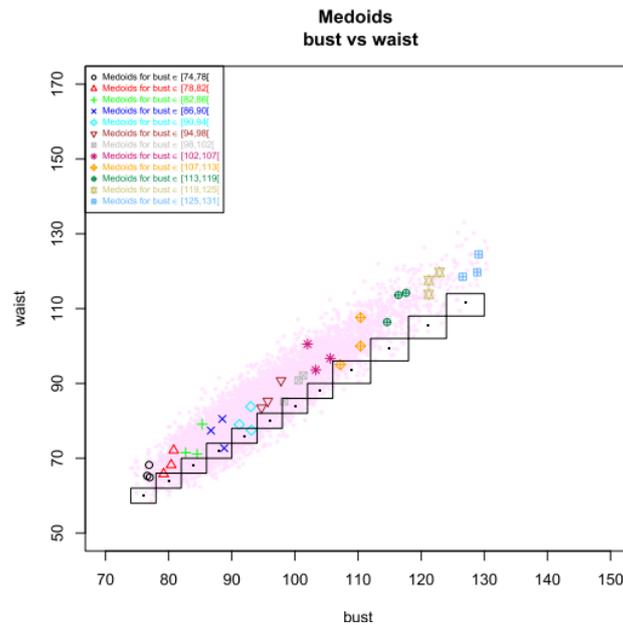


Figura 72. Representación de la función de pérdida de ajuste (McCulloch et al., 1998).

La distribución de tallas obtenida fue el resultado de aplicar esta función mediante un método de optimización que considera tres criterios:

- Acomodar al mayor porcentaje de población posible.
- Proporcionar el mayor ajuste posible a los usuarios acomodados en el sistema.
- Utilizar el menor número de tallas.

Una extensión natural de este método fue planteada por Ibañez (2012) que propone una metodología para generar un sistema de tallaje eficiente basado en técnicas de 'clustering' junto con operadores OWA (Figura 73), aplicados a la base de datos antropométrica de la población española medida en 2006 (Alemany et al., 2010).



**Figura 73. Contorno de busto frente a contorno de cintura con los sujetos medoides representativos de las tallas obtenidas mediante un algoritmo de optimización junto con los prototipos sugeridos por la normativa EN 13402-2 (Ibáñez et al., 2012).**

Otros métodos alternativos propuestos en la literatura consisten en técnicas de minería de datos como árboles de decisión o redes neuronales (Hsu & Wang, 2005; Tsai & Hsu, 2013; Bagherzadeh et al., 2010; Shahrabi et al., 2013). El inconveniente de estos planteamientos es la dificultad de describir la población correspondiente a cada talla y expresarlo en un etiquetado racional que pueda entender el consumidor.

Aunque en el estado del arte se han publicado números estudios orientados a la generación de sistemas de tallaje eficientes, en ninguno de ellos se realiza una validación con usuarios para analizar si las hipótesis relacionadas con las tolerancias de ajuste son ciertas. Esta es una de las principales incógnitas que no ha sido contrastada ni en los criterios que se usan en el ámbito industrial ni en los estudios de tallaje propuestos por el ámbito científico.

La relevancia de la percepción subjetiva del ajuste la ponen de manifiesto Robinette y Veitch en (Robinette & Veitch, 2016a) en su propuesta de 'tallaje sostenible' donde inciden en que hay que medir y verificar la relación entre las dimensiones corporales y el producto mediante la metodología 'Fit-mapping' (Robinette, 2000, 2007; Robinette & Natsume, 2018). Esta metodología analiza la percepción subjetiva del ajuste y la relaciona con las dimensiones corporales y el producto para que el diseño de las holguras de las prendas tenga base científica. Dada la relevancia, y debido a que es una base

fundamental de la aproximación metodológica de esta tesis, esta metodología se desarrolla en más detalle en el apartado 2.3.

En la misma línea, S. Ashdown (S. Ashdown & Loker, 2010; S. P. Ashdown, 2014) propone nuevo paradigma para desarrollar el tallaje más amplio que contempla el estudio del ajuste considerando la percepción subjetiva de los usuarios.

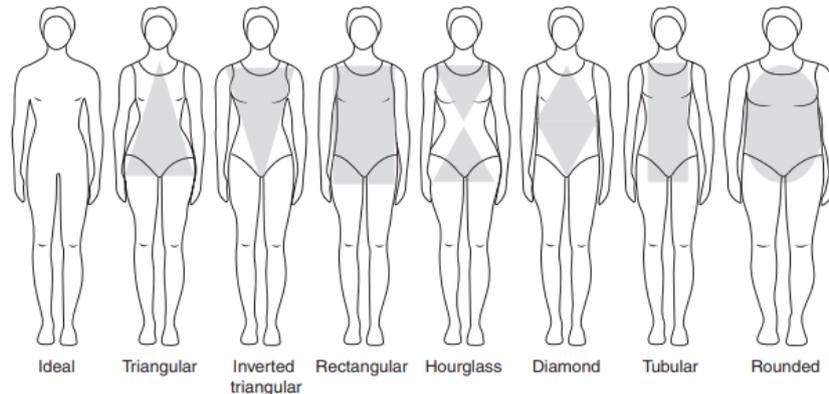
#### *2.2.6.2 Generación de avatares 3D y morfotipos representativos de un grupo poblacional.*

Dado el carácter multivariante de la antropometría poblacional y el efecto que tienen las proporciones corporales sobre los problemas de ajuste de las prendas de ropa (Shan et al., 2012), numerosos estudios se han enfocado a la obtención de un conjunto de morfotipos que representen distintas proporciones y formas corporales (August & Count, 1981; Simmons, 2003; Connell et al., 2006; Rasband & Liechty, 2006; Surville et al., 2010; Y. A. Lee, 2014). Con aplicaciones en tallaje o patronaje de ropa, la finalidad de la mayoría de estos estudios es obtener formas de referencia o prototipos para el diseño y ajuste de ropa a partir de la variación poblacional. Además, se considera que individuos con las mismas dimensiones pueden tener formas corporales distintas (Cools et al., 2014).

La mayoría de autores aplican una metodología similar para obtener los morfotipos que consiste en seleccionar unas dimensiones antropométricas clave para el ajuste de ropa y establecer rangos de medidas para cada dimensión (Y. A. Lee, 2014). De la combinación de estos rangos se generan los morfotipos. La mayoría de estudios se han centrado en morfotipos de la población femenina. En estos estudios, se utilizan letras (H, O, A, X, R, I, S), formas geométricas (rectángulo, óvalo, triángulo) (Figura 74), nombres de fruta (pera, manzana) u objetos con formas características (reloj de arena) para clasificar las formas corporales (Devarajan, 2003).

August (1981), estableció 11 morfotipos de cuerpo de mujer mediante la combinación de dimensiones de las vistas frontal y lateral que categorizó con nombres de letras: A, X, H, V, W, Y, T, b, d, i, and r. Más tarde Simmons (Simmons, 2003) definió 9 morfotipos que se integraron en el software FFIT (Female Figure Identification Technique) (Istook, 2004a, 2004b). Estos morfotipos fueron el resultado de validar la clasificación con 222 mujeres mayores de 18 años utilizando seis medidas (contorno de busto, contorno de cintura, contorno de cadera, altera de la cadera, abdomen y estómago). En una línea similar, Connell et al. (2006) desarrolló Body Shape Assessment Scale (BSAS©), un software de clasificación de formas corporales basado en cuatro morfotipos calculados a partir de la vista frontal: reloj de arena, pera, rectángulo y triángulo invertido. Esta escala fue el resultado de analizar escaneados 3D de 42 mujeres entre 20 y 55 años (Rasband & Liechty, 2006). Rasband (2006) definió 8 morfotipos: ideal, triángulo, triángulo invertido, rectángulo, reloj de arena, diamante, tubular y redondeada. Estos morfotipos se basaban en dos medidas principales, busto y cadera, que son las zonas que

tienden a variar más con el aumento de peso. Surville (2010) propuso cinco morfotipos: HOAXY y analizó la variación de estos morfotipos en positura sentado.



**Figura 74. Ejemplos de morfotipos. Fuente: (Y. A. Lee, 2014).**

Alemany et al. (2010) analizó el cambio en la distribución de tres morfotipos (triángulo, rectángulo y reloj de arena) con la edad utilizando una base de datos de más de 9,000 mujeres. Se observó un aumento progresivo con la edad del morfotipo asociado al triángulo en consonancia con la tendencia a aumento de peso que conlleva un aumento de volumen en la zona de caderas y nalgas.

Con un enfoque más estadístico Vinué et al. (2014) propuso un método para generar morfotipos basado en la partición jerárquica alrededor de una clasificación de medoides que permite seleccionar casos reales de la base de datos que representan a los morfotipos obtenidos. En este estudio se utilizaron cinco medidas: contorno de busto, contorno a la altura de las axilas, altura del cuello, contorno de cintura y contorno de cadera que se ponderaron mediante un operador OWA (Ordered Weighted Averaging). Con este método se obtuvieron entre 3 y 5 morfotipos en cada talla.

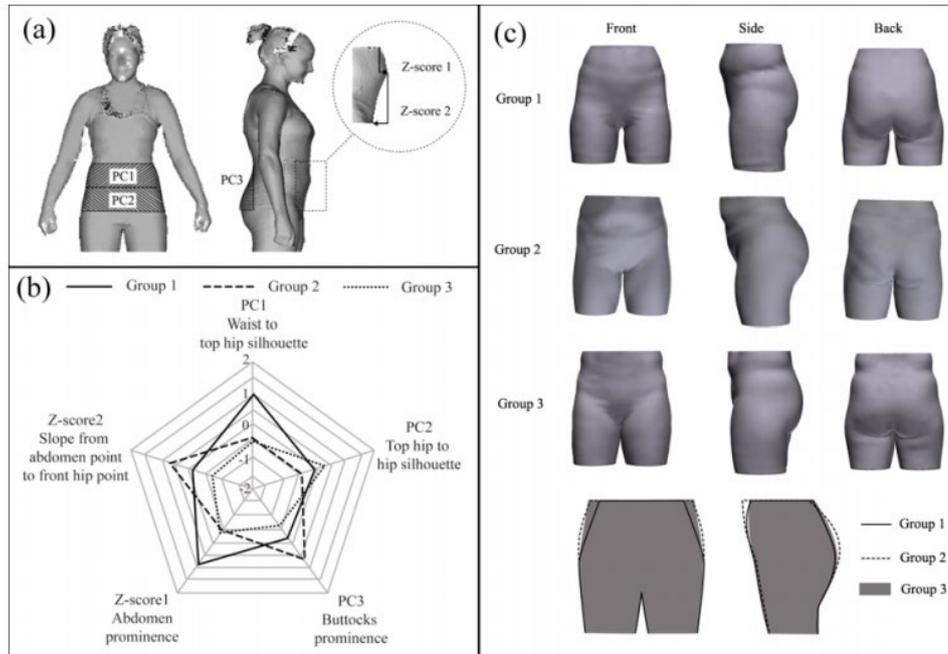
En la actualidad, las proporciones corporales en el sector de la confección se analizan mediante la variable 'drop' que consiste en un ratio entre contornos del cuerpo que son clave en el tallaje y patronaje de ropa (Mastamet-Mason et al., 2012; Lee, 2014). En particular se consideran, el contorno de pecho, contorno de cintura y contorno de cadera. Lee et al (2007) realizó un estudio comparativo de la población asiática y caucásica utilizando las proporciones del contorno de busto, cintura y cadera para establecer los morfotipos. La Tabla 4 especifica los rangos de 'drop' correspondientes a cada morfotipo establecido por Lee et al. (2014).

**Tabla 4. Rangos de ‘drop’ para clasificar las formas corporales. Adaptado de Lee et al. (2014).**

Morfotipos	Medidas
Reloj de arena	$(Busto - Cadera) \leq 1 \left\{ \begin{array}{l} (Caderas - Busto) < 3.6 \\ (Busto - Cintura) \geq 9 \\ (Cadera - Cintura) \geq 10 \end{array} \right.$
Reloj de arena inferior	$10 > (Cadera - Busto) \geq 3.6 \left\{ \begin{array}{l} (Caderas - Cintura) \geq 9 \\ \frac{CinturaAlta}{Cintura} < 1.193 \end{array} \right.$
Reloj de arena superior	$10 > (Busto - Cadera) > 2 \rightarrow (Busto - Cintura) \geq 9$
Óvalo	$10 > (Cadera - Busto) > 2 \left\{ \begin{array}{l} (Caderas - Cintura) \geq 7 \\ \frac{CinturaAlta}{Cintura} \geq 1.193 \end{array} \right.$
Triángulo	$(Cadera - Busto) \geq 3.6 \rightarrow (Cadera - Cintura) < 9$
Triángulo invertido	$(Busto - Cadera) \geq 3.6 \rightarrow (Busto - Cintura) < 9$
Rectángulo	$(Cadera - Busto) < 3.6 \left\{ \begin{array}{l} (Busto - Cintura) < 9 \\ y \\ (Cadera - Cintura) < 10 \end{array} \right.$  $(Busto - Cadera) < 3.6 \left\{ \begin{array}{l} (Busto - Cintura) < 9 \\ y \\ (Cadera - Cintura) < 10 \end{array} \right.$

La distribución de estos morfotipos entre la población es variable y depende del tamaño o índice de masa corporal (IMC), por lo que se espera una variación con el tallaje que afectaría al escalado de las prendas (Cools et al., 2014). Aunque este efecto, no ha sido objeto de estudio de momento en el estado del arte.

La relación de los morfotipos con la percepción de ajuste o el patronaje tampoco ha sido prácticamente objeto de estudio. Alexander y Presley (2005) encontraron relación entre el morfotipo, las preferencias de ajuste por zonas de las prendas de ropa y la satisfacción con la forma corporal. La mayor satisfacción con la forma corporal, la mostraron las mujeres con un morfotipo de triángulo invertido. En relación con el ajuste, las mujeres satisfechas con zonas específicas de su cuerpo, preferían la ropa más ajustada en esa zona. Song y Ashdown (2015), definen tres morfotipos relacionados con la forma de la cadera (curvy, hip tilt y straight) para mejorar el ajuste de los pantalones (Figura 75). Los morfotipos se obtuvieron a partir de un PCA de la población americana medida en el estudio SizeUSA que se validaron mediante la fabricación de las prendas y la visualización en un programa de simulación virtual.



**Figura 75. (a) Cinco variables identificadas en el PCA para definir los tres morfotipos (grupo), (b) gráfica con los valores de las cinco variables para cada morfotipo y (c) siluetas de frente y perfil para cada morfotipo (Song & Ashdown, 2015).**

Aunque en el ajuste de las prendas de ropa influye el morfotipo corporal (Pisut & Jo Connell, 2007) y su desviación del canon ideal utilizado en patronaje de ropa, la industria de diseño y confección de ropa, no ha incorporado este concepto. En un contexto en el que no se conocen los criterios, no se confeccionan los patrones de forma sistemática con información validada de la tabla de tallas, resulta complicado definir rangos de ‘drop’ realistas basados en umbrales de ajuste que permitan mejorar el patronaje y los sistemas de tallaje y escalado. Sin este conocimiento, no es posible establecer hipótesis correctas que permitan analizar los estudios antropométricos existentes y aprovechar estas grandes bases de datos para mejorar el ajuste de la ropa.

### 2.3. El ajuste de las prendas de ropa.

El ajuste de las prendas de ropa está condicionado por múltiples factores que varían en función de las preferencias individuales, la moda, el patronaje y dimensiones de la ropa, el tejido, aspectos culturales, contexto de uso, etc. (Yu, 2004b; Song & Ashdown, 2010; Shan et al., 2012). No hay una definición unánime de ajuste (Shan et al., 2012) ni protocolos de evaluación estandarizados que permitan conocer a qué población ajusta adecuadamente una prenda y su expansión en tallas (Bradtmiller, 2015). En este

contexto, varios autores han propuesto un concepto de ajuste de ropa, en el que se combinan la mayoría de estos aspectos (Geršak, 2002; S. Ashdown & Loker, 2010) . Todos ellos muestran la complejidad del concepto de ajuste y, por lo tanto, la dificultad que conlleva su modelización. En temimos generales, hay unanimidad en destacar estos dos factores:

- **Ajuste Físico:** Relacionado con propiedades dimensionales de la prenda y propiedades mecánicas del tejido que proporcionan variabilidad dimensional a la prenda. En movimiento o en posturas forzadas, el ajuste físico se denomina también ajuste funcional. A nivel individual, la percepción del ajuste físico de una prenda varía en función de la preferencia de cada persona a llevar una prenda más holgada o más suelta.
- **Ajuste Estético:** Está relacionada con la apariencia de la prenda sobre el cuerpo. Aunque algunos elementos como las arrugas, la caída del tejido o la posición de las costuras, tienen relación con la apariencia estética, se trata de un aspecto principalmente subjetivo que depende mucho de las preferencias personales, la satisfacción individual con el cuerpo y las tendencias de la moda. Se cataloga también como ajuste psicológico por la componente subjetiva e individual que implica este factor.

Estos dos factores principales que definen el ajuste de las prendas de ropa, apuntan a dos métodos de valoración del ajuste que se describen a continuación (Yu, 2004b): medida objetiva y evaluación subjetiva.

### **2.3.1 Medida objetiva del ajuste.**

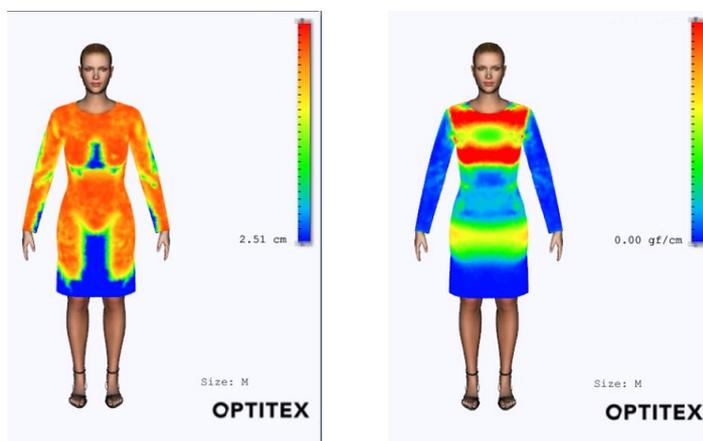
Los profesionales dedicados al patronaje de ropa utilizan maniqués para probar los prototipos de las prendas en las distintas fases del proceso de desarrollo (Figura 76). Los maniqués representan idealmente las medidas y formas corporales medias de una de las tallas de la población objetivo a la que se dirigen (Yu, 2004b). Sin embargo, la mayoría de maniqués comerciales no se ajustan a las necesidades de los fabricantes de ropa (Yu, 2004b). Las empresas diseñan y venden para segmentos de mercado específicos mientras que los maniqués comerciales cubren poblaciones mucho más genéricas en cuanto a rango de edad o canon dimensional.

Como resultado de algunos de los estudios antropométricos realizados a gran escala para el sector de la confección, se han generado colecciones de maniqués segmentados por tallas. La empresa Sizemic (<http://www.sizemic.eu/>), proporciona una familia de maniqués generados a partir del estudio SizeUK. Alvanon (<https://alvanon.com/>) diseñó su primera colección de maniqués basada en la antropometría de la población americana. La empresa CAD Modelling Ergonomics desarrolló los maniqués, FORMAX® con distintos morfotipos para la población masculina y femenina (Sereni & Franceschi, 2012). El procedimiento de evaluación del ajuste con maniqués físicos no suele estar protocolizado y consiste básicamente en vestir al maniquí y revisar los problemas de ajuste.



**Figura 76.** Izquierda. Tipos de maniqués comercializados por Alvanon (fuente: <https://alvanon.com/>). Derecha: Prueba de ajuste de una falda con dos tejidos diferentes utilizando un maniquí (fuente: Cornell Body Scan Research Group)

En la actualidad, estas empresas ofrecen la posibilidad de generar los maniqués personalizados con las medidas de referencia que utiliza cada empresa. En el proceso de transformación digital que están abordando las empresas del sector de la confección de ropa, se está empezando a extender el uso de maniqués digitales para realizar el patronaje en CAD. En esta línea, Alvanon ha lanzado recientemente una plataforma con más de 600 maniqués digitales para poder adaptarse a las necesidades específicas de las diferentes empresas. Esta plataforma está integrada con los softwares de patronaje digital 3D más utilizados; CLO3D (<https://www.clo3d.com/>), Browzwear (<https://browzwear.com/>) y Optitex (<https://optitex.com/>) que permiten realizar una evaluación virtual del ajuste.



**Figura 77.** Izquierda: Mapa de distancias entre la prenda y el cuerpo. Derecha: Mapa de tensión del tejido en la dirección trasversal (contornos corporales). Fuente: <https://optitex.com/>.

Aunque cada vez estos simuladores proporcionan resultados más realistas en determinadas formas corporales y tipos de prendas, la precisión no es suficiente para visualizar sobre un avatar de un/a usuario/a cómo va a quedar la prenda (Kim & LaBat,

2013b). Algunos de estos programas como el de Optitex, incluye herramientas para analizar el ajuste mediante mapas de tensión (Figura 77). Este tipo de análisis se ha utilizado en el diseño e innovación de prendas deportivas de alto rendimiento como un traje para natación (Naglic et al., 2016), indumentaria militar (Keefe et al., 2017) o incluyendo cálculos dinámicos en caso de un traje espacial (Kim et al., 2016).

El patronaje digital 3D pretende ahorrar costes y tiempo de desarrollo al reducir el número de iteraciones realizadas que implican la fabricación de prototipos y las pruebas de ajuste (Zakaria, 2017). De momento, el proceso de diseño puramente digital no es posible y, aunque se gane en agilidad, aún es necesario verificar el ajuste con prendas físicas (Baytar & Ashdown, 2015) (Figura 78).



**Figura 78. (a) Boceto inicial, (b) diseño virtual, (c) prototipo de muselina, (d) prenda real diseñada por Bill. Fuente: (Baytar & Ashdown, 2015).**

En la actualidad, se está abordando la simulación de prendas de ropa sobre el cuerpo mediante nuevas aproximaciones que reducir significativamente los tiempos de computación en la simulación para permitir su uso en aplicaciones de venta online. Estos nuevos métodos utilizan la inteligencia artificial en combinación con la computación gráfica para simular la deformación de las fibras del tejido. Los avances más relevantes en esta línea los está liderando la startup Seddi (<https://seddi.com/>), startup de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid que ya está obteniendo muy buenos resultados en las simulaciones (Rodríguez & Cirio, 2022; Rodríguez-Pardo & Garces, 2022).

### **2.3.2 Evaluación subjetiva del ajuste.**

La evaluación del ajuste de las prendas con maniqués sirve de apoyo al proceso de patronaje, pero no sustituye a las pruebas de ajuste con personas reales puesto que no permite verificar el ajuste a los movimientos, poner y quitarse la prenda y no considera la deformación de las partes blandas del cuerpo. Los cuerpos reales no son simétricos ni se ajusten perfectamente a todas las medidas ideales y los modelos reales pueden hacer comentarios sobre las sensaciones de ajuste (Song & Ashdown, 2010).

La descripción general de las pruebas de ajuste se ha incluido en el apartado 2.1.3.2, en el contexto de la descripción del proceso de desarrollo de nuevas prendas de ropa. En este apartado se ha revisado cómo sistematizar o protocolizar la evaluación del ajuste considerando que se trata de un aspecto subjetivo y condicionado por la persona que realiza la evaluación.

En el proceso de evaluación del ajuste de las prendas, intervienen el experto o experta en patronaje y el modelo o la modelo que se prueba la ropa. Ambos proporcionan información sobre las valoraciones del ajuste en diferentes zonas que pueden diferir en algunos aspectos. Además, hay que considerar si el modelo o la modelo es profesional y dedica a la valoración del ajuste, y por tanto tiene un criterio más homogéneo, o si se trata de un usuario o una usuaria representante del perfil de consumidor sin ningún tipo de entrenamiento, puesto que las valoraciones realizadas pueden ser diferentes (Ashdown & O'Connell, 2006; Song & Ashdown, 2010). En el estudio realizado por Ashdown (2006), en el que se analiza los juicios de valoración del ajuste de expertos y usuarios, comparándose con las holguras proporcionadas por la prenda (en este caso una chaqueta 'americana'), se concluye que los expertos son más consistentes que los usuarios en las valoraciones de ajuste. Por lo tanto, en las pruebas de valoración del ajuste que se han diseñado en esta tesis (apartado 4.3.2), se han recogido respuestas separadas que permitan evaluar las diferencias entre los juicios de valoración del ajuste de las 'expertas' que participaron en la experimentación y de los 'usuarias'. En este mismo estudio, se contrastó que no hay variabilidad entre las evaluaciones realizadas por expertos en dos sesiones diferentes. Por lo tanto, en el diseño experimental de esta tesis se considera que el criterio de las expertas participantes es consistente y no se considera necesario el realizar un estudio de fiabilidad del protocolo de evaluación subjetiva.

Para recabar la valoración del ajuste en las sesiones de pruebas de la prenda suele utilizarse una lista de verificación que recoge los aspectos más importantes relacionados con la apariencia de la prenda puesta (Smit, 2013). Estos aspectos se centran en la presencia de arrugas, bolsas o posición de las costuras y dobladillos (Ashdown & O'Connell, 2006; Wren & Gill, 2010). Sin embargo, en la experimentación planteada en este trabajo, se requiere categorizar el grado de ajuste de la prenda. Para ello, se ha recurrido a los cuestionarios de percepción subjetivas que son ampliamente utilizados en estudios de valoración subjetiva por parte de usuarios. Este tipo de cuestionarios, utilizan una escala Likert (LaBat & DeLong, 1990; Ashdown & DeLong, 1995; Yu, 2004b; Bye, 2005; Lee et al., 2012) con diferentes niveles en función del estudio o aspecto a valorar. S. Ashdown, ha utilizado este tipo de cuestionarios en sus estudios de investigación sobre la valoración subjetiva del ajuste en prendas de ropa con una escala Likert de 5 niveles para analizar la percepción de ajuste: '*muy ajustado*', '*ajustado*', '*correcto*', '*holgado*', '*muy holgado*' (Ashdown & DeLong, 1995). Mediante esta escala, ha validado que los usuarios son capaces de percibir diferencia en el ajuste entre 0.5 y 1.5 cm, dependiendo de la zona.

Puede ser interesante también analizar el ajuste global de la prenda, de este modo se podría estudiar la importancia del ajuste de las distintas zonas en relación con la valoración del ajuste global. Con el objetivo de analizar la consistencia de la valoración del ajuste por parte de expertos, S. Ashdown utiliza una escala de 1-7 para valorar el ajuste global (Ashdown & O'Connell, 2006). En Pierola et al. (2016a) la escala utilizada por el experto era de 1-10.

### **2.3.3 Métodos para modelizar la recomendación de talla.**

En este apartado se incluye una revisión de posibles metodologías que permitan relacionar la prenda con el usuario utilizando diferentes aproximaciones y algoritmos.

#### *2.3.3.1. Métodos estadísticos.*

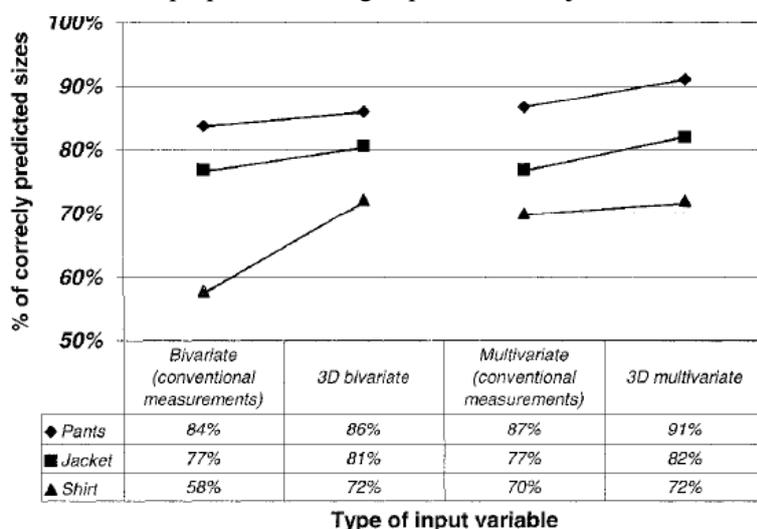
La predicción de talla se puede asociar a un problema de inferencia o de clasificación de usuarios en tallas utilizando como información de entrada (variables dependientes) información del usuario (por ej. antropometría y preferencias). Los métodos utilizados por diversos autores para recomendar la talla mediante métodos estadísticos son: regresión multilínea, regresión logística y análisis discriminante.

El primer estudio que analizó la efectividad de las tablas de tallas mediante estudios de ajuste con usuarios fue para la asignación de uniformes de mujer del ejército naval americano (Mellian et al., 1991). En este estudio, se siguió una aproximación sencilla en la que se redefinieron las tablas de tallas para mejorar la asignación manteniendo el método de clasificación basado en intervalos de medidas principales del cuerpo. El acierto de este método osciló entre el 49% en el caso de los pantalones y el 87% de la camiseta de manga corta.

Daanen (2011) aplicó un modelo multilínea para estimar las medidas corporales a partir de medidas antropométricas. Se realizó también un estudio de ajuste con 48 usuarias en el que se preguntaba directamente sobre los centímetros a corregir en la prenda para mejorar el ajuste. A partir de las medidas corporales estimadas, se realizaba el cálculo de la talla de camisa, aplicando la tabla de tallas basada en el contorno de pecho. Posteriormente se calculaba la corrección a realizar mediante otra regresión multilínea que estimaba el ajuste subjetivo valorado por la usuaria. Los modelos de predicción mostraban una bondad del ajuste alta en la estimación de las correcciones en la cintura ( $R^2 = 0,79$ ) y cadera ( $R^2 = 0,68$ ), y algo baja en la longitud del brazo ( $R^2 = 0,38$ ). El problema de la regresión multilínea, es que utiliza variables continuas, mientras que la valoración del ajuste es una variable discreta, por lo tanto, al valor pronosticado, hay que aplicarle un criterio de redondeo.

Aplicado a uniforme militares, Meunier (2000) utilizó análisis discriminante para analizar el acierto de la recomendación de talla utilizando distintos tipos de información antropométrica de entrada: bivariante, multivariante, medidas corporales y marcadores 3D (Figura 79). Los resultados muestran que el porcentaje mejora al introducir

antropometría multivariante y en 3D, siendo los máximos aciertos obtenidos de un 72% para la camiseta, un 82% para la chaqueta y un 91% para los pantalones. Las medidas corporales utilizadas para la aproximación multivariante fueron: estatura, contorno de busto, contorno de cintura, contorno de cadera y contorno de cuello. Solo se utilizó en el análisis la selección de la talla con mejor ajuste. No se analizaron los ajustes por zonas o si la talla seleccionada proporcionaba algún problema de ajuste.



**Figura 79. Porcentaje de acierto en la recomendación de talla para distintas combinaciones de variables antropométricas utilizando análisis discriminante. Fuente: (Meunier, 2000).**

El problema de clasificación en tallas a partir de medidas antropométricas de los usuarios combina variables ordinales y continuas. A partir de un estudio experimental de ajuste y selección de talla de prendas infantiles Pierola (2016a) realizó un análisis y evaluación de distintos métodos de clasificación (análisis discriminante, support vector machines, clustering, regresión logística, árboles de decisión, etc.) concluyendo que el método que mostraba mejores resultados era la combinación de regresión logística ordinal y los bosques aleatorios (random forest) con el que se obtenían aciertos del orden del 75%. Hay que considerar que en este estudio el modelo combinaba distintas prendas superiores o inferiores mientras que en el resto de estudios los modelos se ajustaban a una única prenda, por lo tanto, los valores de acierto, no son comparables. Basada en algoritmos de machine learning, Hu et al. (2009) utilizó un método híbrido de red neuronal y sistema inmunitario artificial para predecir el ajuste de prendas. El objetivo era aplicarlo a un asistente para el diseño de los patrones de prendas mediante sistemas CAD. El sistema mostró resultados prometedores, sin embargo, esta aproximación, requiere un gran número de datos para el entrenamiento y actúa como una caja negra en la que no se obtiene información sobre la relación causa-efecto entre las variables.

### 2.3.3.2. Sistemas de recomendación.

El rápido incremento que ha experimentado la venta online de productos y servicios, ha impulsado el desarrollo de métodos de modelización de los consumidores mediante los sistemas de recomendación (SR). Un SR calcula recomendaciones personalizadas que permiten mejorar la experiencia de compra guiando al usuario hacia productos de su interés entre un abanico muy amplio de opciones. Los sistemas de recomendación son una parte importante del ecosistema de información y comercio electrónico (Ekstrand, 2011). Existen distintos tipos de sistemas de recomendación, en función de las fuentes de información que utilizan, las necesidades de configuración y la estructura de funcionamiento (Aggarwal, 2016). Todos ellos utilizan algoritmos para estimar las recomendaciones que pueden ser no-probabilísticos (memory-based, por ej. vecino más cercano) o probabilísticos (model-based, por ej. clasificadores, árboles de decisión). A continuación se describen las cuatro categorías más relevantes de SR (Tondji, 2018) (Figura 80):

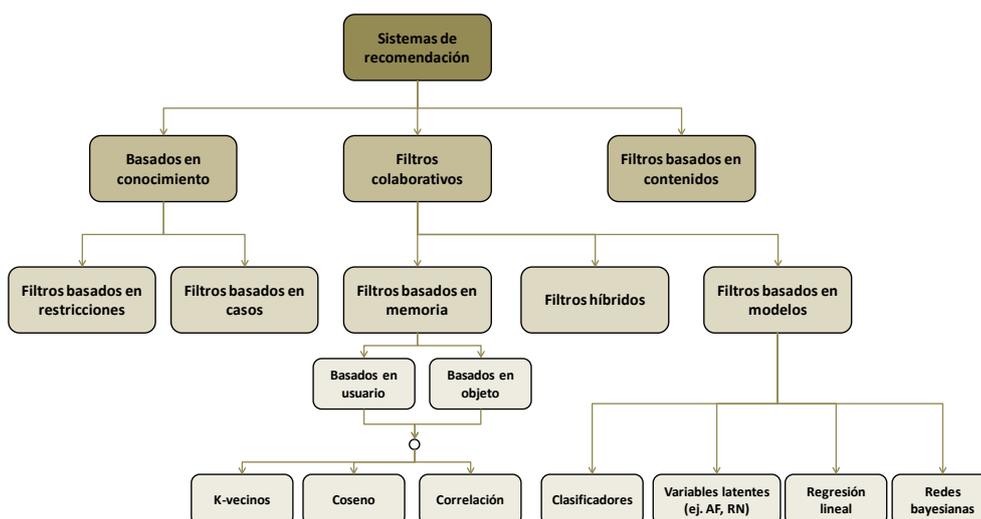


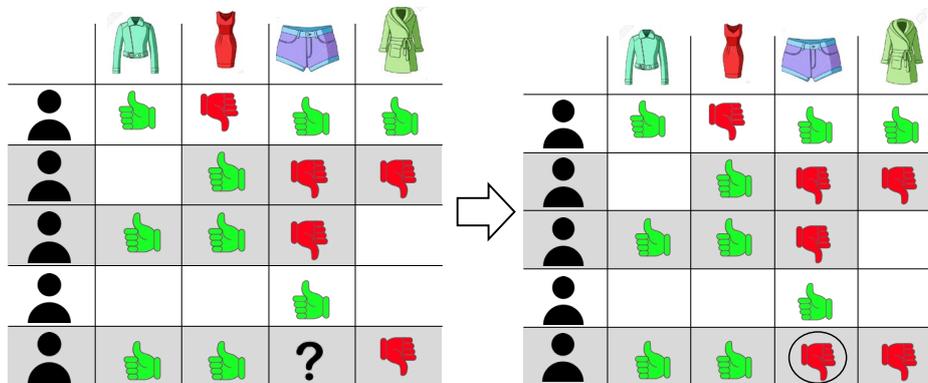
Figura 80. Clasificación y taxonomía de los sistemas de recomendación. Fuente: Adaptación de Tondji (2018).

#### Filtros colaborativos (FC).

Los filtros colaborativos calculan recomendaciones personalizadas comparando la información de varios clientes recopilada a través de perfiles, cuestionarios e historiales de compras, para encontrar aquellos con gustos similares. Utilizan técnicas de comparación de patrones para determinar las correlaciones entre los productos (items) que los clientes (users) con perfiles similares han comprado para generar recomendaciones nuevas de compra (Leavitt, 2006). Utilizan las valoraciones (ratings) que los usuarios han realizado sobre los productos. Estas valoraciones pueden ser una

puntuación en una escala como por ejemplo de cinco estrellas, o una valoración binaria (me gusta/no me gusta). Se basa en la hipótesis de que los usuarios que han valorado igual los mismos productos tienen preferencias similares. Los FC están específicamente diseñados para aplicaciones en las que no es posible acceder a información detallada del usuario y del producto (Yang et al., 2016). Este tipo de aproximación es la que utilizan webs como Amazon o Netflix para recomendar productos (Ekstrand, 2011).

Los FC *memory-based* pueden estar basados en el usuario (user-based) o en el objeto/producto (item-based). Mientras que los algoritmos basados en el usuario generan predicciones que consideran similitudes entre usuarios (Figura 81), los algoritmos basados en elementos generan predicciones considerando similitudes entre productos (Schafer et al., 2007; Prasad & Kumari, 2012).



**Figura 81. Ejemplo de funcionamiento de los filtros colaborativos basados en usuarios.**

La información del usuario que se utiliza en los FC puede recopilarse de forma implícita, explícita o una combinación de ambas. Los implícitos son métodos indirectos de recabar información para perfilar las preferencias del usuario, por ejemplo, los productos comprados, las devoluciones o el tiempo que pasa navegando en la web de un producto concreto. Los explícitos usan información directa proporcionada por los usuarios a través de cuestionarios, comentarios o calificaciones. La información explícita requiere atención dedicada del usuario. En un principio se pensaba que los usuarios no invertirían tiempo en aportar esta información, sin embargo, durante la última década, la experiencia ha demostrado que recopilar calificaciones explícitas es posible. En primer lugar, para el funcionamiento adecuado, un sistema de FC no se necesita muchas calificaciones de todas las personas. Solo se necesita un número relativamente pequeño de “primeros usuarios” que califiquen de manera frecuente y continua. Estos primeros usuarios proporcionan información suficiente para generar recomendaciones para los usuarios restantes del sistema. Y los usuarios restantes deben proporcionar un número limitado de calificaciones para que el sistema conozca sus preferencias (Schafer et al., 2007). El segundo motivo está relacionado con los beneficios que obtiene el usuario, como la motivación por contribuir al avance de una comunidad o la posibilidad de guardar su

histórico de valoraciones. Además, se puede incentivar la valoración de usuarios mediante regalos, privilegios, etc.

El problema principal de los filtros colaborativos es el conocido como ‘arranque en frío’. Se trata de situaciones en las que el recomendador no es capaz de realizar una recomendación debido a la falta de calificaciones. Este problema ocurre en tres contextos (Schafer et al., 2007):

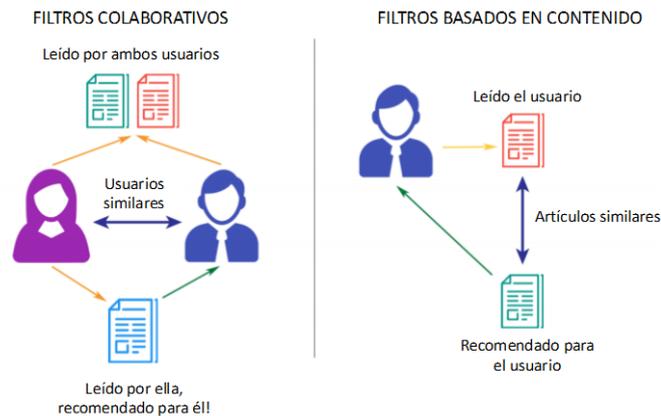
- *Nuevos usuarios*: Cuando se registra un nuevo usuario en el sistema operado bajo FC, no cuenta con ninguna valoración previa. Por lo tanto, no se le pueden ofrecer recomendaciones personalizadas. Este problema suele solucionarse con alguna de estas opciones: 1) ofreciendo sugerencias no personalizadas (genéricas a partir de la media poblacional); 2) pidiendo al usuario una descripción inicial de sus preferencias; 3) pidiendo al usuario datos socio-demográficos para ofrecer recomendaciones generales filtradas por grupos poblacional.
- *Nuevos productos*: Cuando se añade un nuevo producto al sistema de FC no cuenta con ninguna valoración, por lo tanto, no será recomendado. En productos que son totalmente desconocidos para los usuarios, esto puede ser un problema. En algunos casos, el sistema puede seleccionar de forma aleatoria los productos no evaluados y pedir a usuarios que los valoren.
- *Nueva comunidad*: El mayor problema de arranque en frío de estos sistemas es impulsar una nueva comunidad. Cuando uno de los principales valores que ofrecen los FC son las valoraciones personalizadas y estas no se pueden ofrecer por falta de datos, los usuarios pierden el interés por la comunidad y no se retienen lo suficiente como para construir base de datos de valoraciones. La solución habitual suele ser la inicializar la comunidad con un pequeño grupo de impulsores que se incentivan para que realicen las primeras valoraciones.

### **Filtros basados en contenido (content-based filtering).**

Los sistemas de recomendación basados en contenido recomiendan un producto a un usuario basándose en la descripción del producto y el perfil del usuario (calificaciones de productos anteriores). Parte de la hipótesis de que productos con características similares se valorarán igual (Schafer et al., 2007) (Figura 82). La clave de este método está en extraer de forma sencilla las características del producto que influyen en la predicción.

En los métodos basados en el contenido, las descripciones de los artículos, que están marcados con puntuaciones, se utilizan como datos de entrenamiento para crear un modelo de clasificación o regresión específico para cada usuario. Las variables dependientes corresponden a características del producto que ha comprado o calificado. La variable dependiente corresponde a las calificaciones especificadas o al comportamiento de compra. Este modelo específico del usuario se usa para predecir si

al individuo correspondiente le gustará un artículo para el que se desconoce su calificación o comportamiento de compra (Aggarwal, 2016).



**Figura 82. Esquema de funcionamiento de los filtros colaborativos versus filtros basados en contenido. Fuente: Adaptación de (Tondji, 2018).**

### **Métodos basados en conocimiento (knowledge-based methods).**

Los sistemas de recomendación basados en conocimiento sugieren productos a partir de la predicción de las necesidades y preferencias de los usuarios. Para ello se requiere conocimiento sobre la relación entre propiedades del producto y necesidades de los usuarios. Este método suele utilizarse en estas situaciones (Aggarwal, 2016):

- Usuarios que quieren indicar las especificaciones explícitas de lo que están buscando.
- Productos en los que es difícil recopilar calificaciones de los usuarios.
- Productos en los que la frecuencia de compra es muy baja (por ejemplo, coches) y las preferencias de los usuarios es muy difícil que se mantengan en el tiempo.

### **Sistemas de recomendación híbridos.**

Los sistemas de recomendación híbridos son aquellos que combinan dos o más de las técnicas descritas anteriormente para mejorar el rendimiento de las recomendaciones, generalmente para mitigar el problema de arranque en frío (Amatriain, 2013). Existen varios métodos para combinar técnicas las técnicas anteriores que pueden consultarse en bibliografía y que no se han desarrollado por no ser esta metodología el objeto de esta tesis.

### **Aplicación de los sistemas de recomendación en prendas de ropa.**

La venta de ropa on-line presenta una serie de problemas en los que el uso de sistemas de recomendación puede ser de utilidad:

- existe una oferta amplísima que requiere el uso de filtros para guiar al usuario en la compra,
- hay que combinar propiedades del producto y preferencias de los usuarios que no siempre son fáciles de encuestar, y que además son individuales e inciertas, puesto que dependen de tendencias locales y globales,
- se trata de un producto con alta frecuencia de compra, por lo que es viable generar históricos de compra y calificaciones de producto en poco tiempo.

Por el contrario:

- al tratarse de un producto de moda estacional, tiene una tasa de renovación muy alta, problemática para el ‘arranque en frío’,
- hay muchas propiedades de la prenda que intervienen en la selección, por lo tanto, la estructura y etiquetado de las mismas no es obvio y está condicionada por aspectos de contexto, además,
- se necesitan muchos datos para un funcionamiento adecuado y uno de los problemas generales de estos métodos es la escasez de datos (*sparse data*). Aunque existen muchos datos de compra generales de prendas y consumidores, cuando se baja al detalle de prendas específicas (los usuarios deben haber comprado o evaluado exactamente el mismo producto), el número de calificaciones es muy bajo (Z.-H. Hu et al., 2019).

Prácticamente todos los sistemas de recomendación de prendas están enfocados a aspectos estéticos gestionando información de estilo, tejidos, colores, etc. O incluyendo recomendación de complementos que combinen con la prenda (Y. Hu et al., 2015). Debido a la complejidad en la gestión de la información, la mayoría utilizan sistemas híbridos. Vogiatzis et al. (2012) proponen una combinación de recomendación basada en reglas de expertos (*knowledge-based*) para relacionar los aspectos de estilo con las preferencia de los usuarios creando para ello una ontología. La información relacionada con nuevas prendas de ropa la integran mediante un filtro colaborativo producto-producto. Otros combinan FC y métodos basados en contenidos (*content-based*) (K.-Y. Jung et al., 2004; X. Hu, Zhu, et al., 2014; X. Hu, Jiang, et al., 2014).

Aplicado a recomendación de prendas de ropa y en particular al caso de la recomendación de talla, el equipo de Size&Fit de la empresa alemana de venta online de ropa Zalando, aplica ciencia de datos a la información que recoge de ventas online y devoluciones de sus clientes. En esta línea, ha publica un estudio basado una aproximación probabilística bayesiana para recomendar talla (Nestler et al., 2021b). Como resultado, en un A/B test realizado en una tienda piloto, se obtuvieron reducción de un 3.8% en la tasa de devoluciones. El problema de definir un estándar de cuál es la talla con ajuste correcto y la iniciación en frío de los algoritmos, fueron algunos de los problemas reportados en el estudio. Recientemente, y aplicado a la recomendación de talla de calzado, se proponen por primera vez, varias metodologías de agrupamiento y análisis de arquetipos para realizar un filtrado colaborativo basado en el usuario,

ofreciendo mejores resultados que los métodos convencionales de recomendación (Alcacer et al., 2021). No se han encontrado más publicaciones sobre la aplicación de FC al problema de recomendación de talla de ropa. Ese mismo año, las empresas competidoras de Zalando, Asos (Dogani et al., 2019) y Amazon (Sembium et al., 2018) publicaron sendos artículos sobre la aplicación de métodos de aprendizaje automático para recomendar talla. En todos los casos se reflejan dos problemas: 1) a priori, no se sabe cuál es la *talla verdadera del usuario* y 2) tampoco se sabe la *talla verdadera del producto*, puesto que las el tallaje diere entre marcas, e incluso entre productos de una misma marca.

## **2.4. Revisión de sistemas de ayuda a la sección de talla de ropa.**

Finalmente se ha incluido una revisión de los sistemas de selección de talla que existen en la actualidad.

### **2.4.1 Tablas de tallas.**

Hay confusión en el tallaje. Existen variaciones entre el propio fabricante, entre fabricantes y entre países (Workman, 1991; Kinley, 2003; Otieno, 2008a; Apeageyi & Mandeya, 2010; Kasambala et al., 2016; Nestler et al., 2021b). Por lo tanto, la comunicación entre los fabricantes de tallas y los consumidores es imposible que sea correcta (Laitala et al., 2011). Prácticamente todos los portales de venta online de ropa incluyen enlaces con tablas de tallas que relacionan los intervalos de medidas corporales con la talla para ayudar a la selección. Estas tablas presentan varios problemas:

- Mayoritariamente los usuarios no se realizan las medidas corporales correctamente en casa (Ballester et al., 2018).
- Los intervalos de medidas corporales no tienen una buena correspondencia con las tallas asociadas (Wren & Gill, 2010). Además, la distribución de las tallas con respecto a las medidas varía en función de las prendas. Esta es una de las hipótesis que se va a contrastar en la tesis.
- Cuando hay medidas corporales que apuntan a intervalos de tallas distintas, no está claro el criterio a seguir para seleccionar una de las tallas posibles.
- En consecuencia, los consumidores no confían en estas tablas y la mayoría no las utilizan.
- Estas tablas no tienen en cuenta las preferencias individuales de los consumidores que, por este motivo, aunque recibieran una recomendación de talla correcta, en muchos casos compararían otra (Vecchi et al., 2015)

### **2.4.2 Nuevos sistemas de ayuda a la sección de talla.**

En los últimos años, muchas empresas, principalmente startups, han desarrollado soluciones orientada a resolver el problema de selección de talla y predicción del ajuste. Muchas de estas soluciones, se han desarrollado y han terminado por desaparecer por

dificultades en el desarrollo o en la implementación. Algunas de ellas llegaron a integrarse en portales de venta online como por ejemplo Virtusize (<http://www.virtusize.com/site/>) que fue integrada en la tienda online Asos<sup>4</sup> o My Virtual Model (<http://myvirtualmodel.com/>) que se integró en la web de venta online de H&M<sup>5</sup>. Sin embargo, tras un periodo de prueba, estos sistemas fueron eliminados. Por lo tanto, la existencia este tipo de sistemas de ayuda a la selección de talla, no implica que el problema haya sido resuelto. Existen muchos aspectos críticos a tener en cuenta en el funcionamiento de estos sistemas. A continuación, se resumen los principales sistemas que actualmente ofrecen servicio de recomendación de talla de ropa. Se han agrupado en tres grupos:

- 1) *Recomendadores basados en datos declarados por el usuario:* FitAnalytics (<https://www.fitanalytics.com/>) sigue esta aproximación. La información básica que se solicita para realizar la recomendación es la estatura, peso, edad, preferencia global de ajuste, morfotipo de vientre y de caderas. En función de si se trata de prenda superior, inferior o completa, también se solicita la talla de sujetador y la talla habitual de pantalón. La misma aproximación, la utiliza Fitizzy (<https://www.fitizzy.com/en/homepage/>). Este sistema fue evaluado en un estudio publicado por Daanen (H. Daanen, 2018) en que se concluyó que el nivel de acierto de la talla pronosticada era similar a la talla habitual. La empresa TrueFit (<https://www.truefit.com/en/Home>), además de este tipo de información de entrada del usuario, cuenta con información de detalle de las prendas de ropa, patrones, tejidos, etc. Y relaciona toda la información mediante algoritmos de Machine Learning.
- 2) *Recomendadores que utilizan escaneados 3D para extraer métricas corporales:* Suelen incluir también datos adicionales declarados por el usuario, como edad, género, etc. La mayoría de sistema suelen basarse en un sistema de medición con el móvil realizando una o dos fotos (Nettelo - <http://nettelo.com/>; 3DLook - <https://3dlook.me/>; MirrorSize - <https://www.mirrorsize.com/>). No aportan información sobre la relación entre las medidas antropométricas y la recomendación de talla. Una solución ingeniosa es la propuesta por MySizeID (<https://www.mysizeid.com/>) que, en lugar de utilizar la cámara, utiliza información del acelerómetro del móvil para calcular las medidas corporales. Aunque es sencillo de utilizar e implementar, no se espera un nivel de precisión aceptable.
- 3) *Probadores virtuales que muestran el ajuste de la prenda sobre el avatar.* Aunque se consiga recomendar la talla con un nivel de acierto elevado, el problema del ajuste de prendas va más allá, puesto que muchas de las prendas de ropa no ajustan adecuadamente en ninguna de sus tallas a determinados

<sup>4</sup> <https://econsultancy.com/asos-launches-new-virtual-fitting-tool-in-bid-to-reduce-returns/>, accedido Agosto 2019.

<sup>5</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=FsRyO3PEAG4>, accedido Agosto 2019.

morfotipos corporales. En estos casos, un probador virtual que emule cómo le va a quedar la prenda al usuario puede aportar información complementaria de valor para que el consumidor tome la decisión final de compra. Metail (<https://metail.com/>) sigue esta aproximación mediante un avatar corporal 3D que puede ser configurado por el usuario. El problema de estos probadores es que el realismo de la simulación no tienen todavía la suficiente precisión (D.-E. Kim & LaBat, 2013b). Además, se produce un efecto conocido como el ‘*uncanny valley*’ o ‘*valle inquietante*’ que hace referencia a la sensación de rechazo que pueden provocar en las personas un humanoide o avatar digital artificial cuando se consigue cierto grado de realismo. Este efecto, que se ha estudiado en robótica o animación, no ha sido objeto de estudio en los probadores virtuales de ropa (Dik, 2022). Según Dik (2022), un estudio de percepción de los avatares corporales, podría influir en la forma de representar al consumidor en probadores virtuales de ropa.

## **2.5. Conclusiones del estado del arte.**

A partir de la revisión del estado del arte, se extraen las siguientes conclusiones:

### ***2.5.1 Conclusiones sobre el proceso actual de desarrollo de prendas (ajuste y tallaje).***

- La falta de estándares comunes y la utilización de reglas empíricas y metodologías desarrolladas por diversos colegios de patronaje, profesionales y empresas en base a su experiencia, son las causas principales por las que no existe en la actualidad un procedimiento claro y sistemático de abordar la fase de patronaje que es la que más influencia tiene sobre el ajuste de la prenda.
- Aunque en los últimos años se han generado datos antropométricos de la población actualizados, la falta de conocimiento en cómo trasladar las medidas cuerpo al patrón, han impedido la actualización de los métodos actuales de patronaje. Por lo tanto, se sigue trabajando con un canon ideal que no representa a las proporciones reales de la población. Además, se demuestra que la fase de patronaje es de las más complejas del proceso de desarrollo de una nueva colección, puesto que requiere varias iteraciones manuales realizadas por expertos.
- En el tallaje de la prenda tampoco existe estandarización, ni dentro de una misma empresa, ni entre empresas. Además, no se conocen con certeza las equivalencias entre medidas prenda, talla y medidas cuerpo, por lo que la comunicación con el consumidor a través de la talla etiqueta es caótica.

Esta situación, tanto del proceso de desarrollo como del etiquetado de prendas, es un inconveniente para el desarrollo de sistema de recomendación de talla sencillo con fácil escalabilidad, puesto a hay que determinar las relaciones (medidas prenda) – (medidas cuerpo) – (etiquetado), de forma específica para cada prenda.

### **2.5.2 Conclusiones sobre aspectos metodológicos.**

- Para obtener la caracterización antropométrica de las personas, los sistemas de escaneado 3D de alta calidad son, más fiables que las medidas manuales, y permiten extraer del modelo 3D un gran número de medidas.
- La fiabilidad y precisión de los sistemas de escaneado 3D dependen de la tecnología de captura, del procesado y de los algoritmos de extracción de medidas, por lo que hay que cuantificar estos índices para cada aproximación metodológica.
- La valoración del ajuste de prendas de ropa, está influenciada por aspectos subjetivos. Por lo tanto, los métodos subjetivos son los más apropiados para estudiar la valoración del ajuste y por ello son los utilizados en la mayoría de estudios previos. En estos métodos, la evaluación del ajuste se realiza mediante escalas Likert de cinco niveles para el ajuste por zonas y escalas Likert de 1-7, 1-9 o 1-10 para la evaluación del ajuste global.
- La evaluación del ajuste de las prendas de ropa por parte de expertos en patronaje es consistente, sin embargo, la evaluación por parte de los usuarios presenta más variabilidad.
- En función del tipo de prenda, los usuarios son capaces de percibir entre 0-5-1.5 cm de variación en el tamaño de las prendas de ropa.
- La caracterización de la prenda no está clara. Las tablas de tallas no son creíbles y el criterio para extraer del patrón las medidas corporales de referencia no es conocido.
- Existen tres posibles aproximaciones para predecir el ajuste y la talla: mediante métodos estadísticos tradicionales, mediante sistemas de recomendación o combinando ambos.
- Los sistemas de recomendación requieren gran cantidad de datos vivos que vayan alimentando el modelo.
- Existen varias aproximaciones posibles en los sistemas de recomendación que podrían utilizarse y que dependen de qué información de entrada al modelo es accesible o tiene más impacto en la precisión de la recomendación. Sin esta información previa es difícil diseñar un sistema de recomendación óptimo.
- Los sistemas de recomendación actúan como una caja negra, por lo que no tiene información de los parámetros de entrada que son decisivos en las recomendaciones.
- Los sistemas basados en modelos estadísticos permiten conocer la relación de variables causa-efecto y trabajar con volúmenes de datos más pequeños por lo que son más adecuados para el propósito de esta tesis.
- La percepción del ajuste de las prendas de ropa y por tanto la selección de talla, depende de preferencias personales de ajuste. Se trata de un aspecto subjetivo que se tendrá que incluir en la predicción.
- La predicción de la talla no es suficiente para asegurar que la satisfacción de consumidor con el ajuste de la prenda. Hay prendas que no ajustan

adecuadamente a las personas en ninguna de sus tallas. Hay que predecir también esta situación. Plantear un modelo de predicción del ajuste por zonas podría ser de utilidad para resolver este problema. Como resultado, parece muy adecuado el modelo de predicción del ajuste en dos etapas: Etapa 1: Predicción del ajuste por zonas y Etapa 2: Predicción de la talla.

- Los probadores virtuales que permiten visualizar la prenda vestida sobre el avatar, no tienen aún la precisión suficiente como para mostrar con realismo la apariencia y los problemas de ajuste que se producen cuando una prenda no viste bien por (ej. arrugas, bolsas, costuras desplazadas).

### ***2.5.3 Conclusiones sobre las soluciones de recomendación de talla actuales.***

- Las soluciones actuales están desarrolladas mayoritariamente por startups y muchas de ellas desaparecen con el tiempo. Por lo tanto, muchos de los sistemas propuestos por estas empresas no funcionan correctamente. La recomendación de talla se trata de un problema a resolver muy atractivo para el desarrollo de nuevos negocios de base tecnológica.
- No se ha encontrado información sobre las variables de entrada y tipo de algoritmos que utilizan los sistemas actuales. Tampoco la información de la prenda y del consumidor que manejan. No son claros informando sobre el modelo de funcionamiento del sistema de recomendación que venden.
- Por lo tanto, la existencia de soluciones no asegura que sean óptimas y que el problema esté resuelto.

# Capítulo 3

## Objetivos e hipótesis

### 3.1 Objetivos.

Aunque en los últimos años han surgido muchas empresas y startups que plantean soluciones para el problema de selección de la talla, no se han aportado estudios sobre los fundamentos científicos en los que se apoyan estos sistemas. En el estado del arte se refleja la complejidad del problema del ajuste de ropa, en el que intervienen múltiples factores tanto objetivos (tipo de tejido, patronaje, número de tallas, moda, morfotipo del usuario, medidas corporales, etc.), como subjetivas (percepción de ajuste y preferencias del usuario).

También se confirma que la relación entre medidas corporales y selección de talla basada en una única medida principal o dos a lo sumo sigue siendo el conocimiento base utilizado sin cuestionarse si otros modelos más avanzados de relación entre medidas cuerpo y prenda pueden ayudar a mejorar la predicción del ajuste.

Siendo el ajuste de las prendas uno de los problemas de mayor relevancia en el sector de la confección, es de crucial interés avanzar en el conocimiento que permita relacionar con mayor precisión las dimensiones corporales y el ajuste que producen las prendas.

En este contexto, el objetivo general de la tesis es determinar las dimensiones antropométricas críticas y los modelos que permitan predecir el ajuste por zonas y la selección de talla de una prenda de ropa para una usuaria.

A partir de este objetivo general, se han definido los siguientes objetivos específicos:

- O1. Determinar la fiabilidad de las medidas antropométricas obtenidas a partir de escaneados 3D.
- O2. Caracterizar el ajuste de una prenda de ropa mediante métodos de valoración subjetiva.
- O3. Selección de las zonas de ajuste para cada prenda y asignación de conjuntos de medidas antropométricas a cada zona.
- O4. Entrenamiento de los modelos de regresión logística multinomial para la predicción de ajuste por zonas y recomendación de talla desde un punto de vista probabilístico.
- O5. Determinar las medidas antropométricas y zonas de ajuste que ofrecen resultados más robustos en los modelos de predicción.
- O6. Comparar la fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste y talla propuestos frente a los métodos actuales.
- O7. Extrapolar los modelos individuales de predicción de talla a la toda población objetivo mediante estudios antropométricos para estimar la cuota de mercado potencial y optimizar la distribución de tallas de cada prenda.

### **3.2 Hipótesis.**

Las hipótesis a contratar que se desprenden de los objetivos planteados son las siguientes:

- **Hipótesis 1 (H1):** La fiabilidad de las medidas antropométricas obtenidas a partir de métodos de escaneo corporal 3D es adecuada para su aplicación en algoritmos de recomendación de talla.  
Para contrastar H1 se ha realizado un estudio de repetibilidad que permitirá cuantificar la fiabilidad de las medidas antropométricas digitales utilizando un método de referencia de escaneo corporal 3D. Los resultados de este estudio junto con los resultados de validación de los modelos de predicción, permiten validar esta hipótesis.
- **Hipótesis 2 (H2):** Es posible caracterizar el ajuste de una prenda mediante pruebas de valoración subjetiva con usuarias realizadas por un experto o experta y con independencia de las preferencias individuales la usuaria.  
Para contrastar H2 se diseñará un protocolo de valoración de ajuste de las prendas que separe la preferencia de ajuste individual de la usuaria. El análisis de resultados del estudio experimental permitirá contrastar las diferencias entre la valoración del ajuste referida a un estándar neutro realizada por un experto o experta y la influencia de la preferencia en la valoración del ajuste de la usuaria.
- **Hipótesis 3 (H3):** Las zonas de ajuste que se utilizan actualmente en la recomendación de talla para cada tipo de prenda podrían no ser suficientes para obtener una predicción de talla fiable.

Para contrastar H3 se diseñará un protocolo y un cuestionario de valoración de ajuste de la prenda por zonas. La metodología de análisis y predicción de ajuste y talla mediante regresiones logísticas multinomiales permitirá determinar las zonas de ajuste que influyen en la selección de la talla.

- **Hipótesis 4 (H4):** Las zonas de ajuste que mejor predicen la selección de talla de una prenda pueden variar en función de su estilo (patronaje, diseño, tejido). Para contrastar la H4, se incluirán en el estudio experimental dos pantalones con estilos diferentes. El análisis de resultados del estudio experimental permitirá determinar si las zonas relevantes de ajuste para seleccionar la talla son las mismas o varían en función del estilo de la prenda.

- **Hipótesis 5 (H5):** El abordaje por zonas del modelo de predicción de talla permite conocer dónde se producen los desajustes cuando ninguna talla proporcione un ajuste adecuado.

Para contrastar H5 se calcularán los modelos de predicción de ajuste por zonas como etapa previa a los modelos de predicción de talla. De esta forma se podrá obtener, además del mapa de probabilidades de ajuste de cada talla, la probabilidad de ajuste adecuado por zonas proporcionando información adicional a la usuaria que podría ser determinante en la sección de la talla.

- **Hipótesis 6 (H6):** La selección de los conjuntos de medidas antropométricas y el criterio de definición de las mismas puede influir en la fiabilidad de los modelos de predicción.

Para contrastar H6 se calcularán los modelos de predicción de ajuste por zonas utilizando combinaciones de medidas de entrada en las que se modificará el criterio de definición obteniéndose aquellas que ofrecen mayor fiabilidad en el ajuste del modelo estadístico.

- **Hipótesis 7 (H7):** Los modelos multidimensionales de predicción de ajuste y selección de talla mejoran los resultados obtenidos por los métodos que solo contemplan una variable y sus intervalos.

Para contrastar H7 se llevará a cabo un estudio de validación de los modelos de predicción midiendo a un grupo de usuarias diferentes a las participantes en el estudio experimental utilizado en el entrenamiento. Como resultado de este estudio se comparará la recomendación de talla proporcionada por el modelo estadístico multivariante propuesto con el método actual unidimensional de recomendación de talla y con la talla habitual.

- **Hipótesis 8 (H8):** Los modelos que relacionan antropometría y ajuste pueden ser de utilidad para tomar decisiones estratégicas sobre los volúmenes de fabricación de las distintas tallas.

Para contrastar H8 se ha utilizado una base de datos antropométrica 3D de la población española de mujeres ponderada de acuerdo a la distribución demográfica de edad que permitirá calcular la distribución de tallas de cada prenda y el porcentaje de población que quedaría sin ajustar.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# Capítulo 4

## Material y métodos

### 4.1 Metodología.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se ha planteado un plan de trabajo estructurado en seis fases. La Figura 83 muestra el esquema de fases relacionadas con los objetivos parciales y los principales hitos que se describen a continuación:

#### **Fase 1: Definición inicial de la metodología.**

En esta fase se desarrolló el protocolo del diseño experimental. El estudio constó de dos bloques, la caracterización antropométrica, que se realizaba mediante el escaneo 3D de la forma corporal, y las pruebas de ajuste de las prendas, donde se recreaba la situación en un probador de una tienda.

Tras el escaneo 3D, se realizaba un procesado para el cálculo de las medidas antropométricas digitales. Se definió el listado de medidas relacionadas con el ajuste de prendas superiores e inferiores y se establecieron los puntos de referencia de cada medida.

Para realizar la valoración subjetiva del ajuste global y por zonas de las prendas, se diseñó un cuestionario y se diseñó el flujo de pruebas a realizar. Cada usuaria probó dos o tres tallas de cada prenda. Además de las valoraciones del usuario y de una experta en patronaje, se incluyeron las preferencias de ajuste y la talla seleccionada.

#### **Fase 2: Diseño del estudio.**

En esta fase se diseñó un estudio piloto para validar la metodología y protocolos a emplear en el estudio experimental. En primer lugar, se realizó una revisión de las variables predictivas y las variables a calcular en los modelos de predicción de ajuste por zonas y predicción de talla evaluada por la usuaria y por una experta. Este listado de variables que hay que registrar en el estudio experimental junto con la información recabada en el estado del arte, permitió definir los medios experimentales y los protocolos de medida, procesado y análisis que se describen en este capítulo. Además del diseño inicial de los protocolos, esta fase incluye la validación y rediseño para establecer la metodología definitiva utilizada en la fase 3 de estudio experimental. Siguiendo la estructura de la fase 1, la validación del protocolo se distribuyó en dos bloques:

- **Estudio de repetibilidad de las medidas antropométricas:** Aunque se haya establecido una postura de escaneado de acuerdo a la normativa, la forma en que el sujeto de ensayo adopta esta postura en cada sesión de medida varía ligeramente afectando a las medidas resultantes. La posición del cuello y la espalda más o menos estirados, el ángulo de las piernas y brazos o el control de la respiración son aspectos que influyen en el escaneado 3D y las medidas antropométricas resultantes. El objetivo de este estudio fue cuantificar la variabilidad de las medidas en distintos escaneados para conocer la incertidumbre que presentan las medidas de entrada a los modelos de predicción del ajuste y recomendación de talla. Para ello se realizó un estudio experimental en el que se midió dos veces la antropometría corporal de 26 voluntarias mediante un escáner 3D.
- **Estudio de valoración subjetiva del ajuste de las prendas de ropa:** Se definió un protocolo inicial de valoración del ajuste mediante cuestionarios diseñados a partir de información obtenida en el estado del arte y de la experiencia previa del IBV en estudios de valoración subjetiva de productos con usuarios. Con el objetivo de validar la metodología se realizó un estudio piloto con 20 usuarias y dos prendas: prenda superior (camisa) y prenda inferior (pantalón). Este estudio permitió ajustar los cuestionarios de valoración subjetiva del ajuste.

Como resultado, se diseñaron las sesiones experimentales de la fase 3 incluyendo una caracterización antropométrica de las usuarias, una evaluación subjetiva del ajuste de las prendas en dos o tres tallas, y la selección y evaluación de la talla adecuada para cada usuaria. Además, se incluyó, la información necesaria para una comparación con los métodos de recomendación de talla actuales.

### **Fase 3: Estudio experimental.**

En el estudio experimental participaron 47 usuarias. El estudio se realizó con cuatro prendas de ropa que fueron seleccionadas por la empresa Inditex: una chaqueta, una falda y dos pantalones. Se siguió la sesión de medida y los protocolos desarrollados y validados en la fase 2.

Los datos recopilados, se procesaron, codificaron y se construyó la base de datos que combinaba medidas antropométricas y valoración del ajuste de las cuatro prendas para las diferentes tallas.

**Fase 4: Cálculo del modelo de predicción del ajuste.**

Se parte de la hipótesis de que hay zonas en las prendas donde el ajuste es determinante para selección de la talla y que estas zonas podrían variar en función del estilo de la prenda. Por este motivo, el modelo de predicción de talla se ha planteado en dos etapas. En la primera etapa, se han desarrollado los modelos de predicción del ajuste por zonas para cada prenda. Esto permite determinar las zonas relevantes para el ajuste y las medidas corporales críticas.

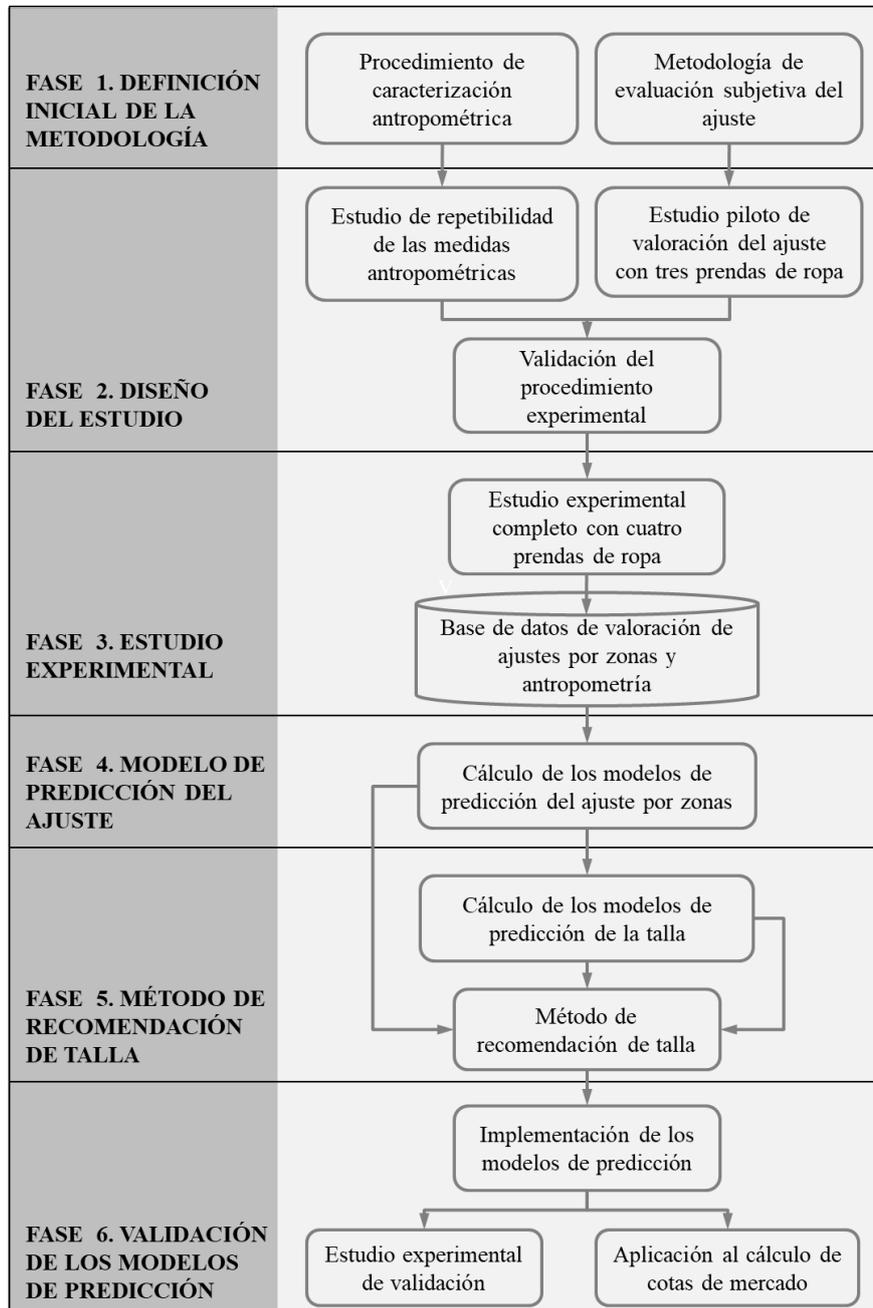
**Fase 5: Desarrollo del método de recomendación de talla.**

La segunda etapa del modelo, relaciona los ajustes en las zonas relevantes con la talla seleccionada. En esta fase, se han desarrollado los modelos de predicción de talla que proporcionan una probabilidad de que la talla ajuste ancha o estrecha. Hay que tener en cuenta, que hay sujetos que estarán más cerca de una talla que del resto, pero también hay sujetos entre dos tallas en los que la decisión no estará muy clara. La información previa que proporcionan los modelos de predicción del ajuste por zonas permitirá establecer criterios de decisión para estos casos.

**Fase 6: Validación del método.**

Los modelos desarrollados en las fases 4 y 5 se implementaron en un programa donde se introducía directamente el fichero de medidas antropométricas digitales obtenidas del escáner. Esta implementación se utilizó en un estudio de validación realizado con 20 usuarias que permitió analizar la tasa de acierto en la sección de talla introducida por los modelos de predicción desarrollados en la tesis en relación a los métodos actuales.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*



**Figura 83. Diseño metodológico de la tesis.**

## 4.2 Medios experimentales.

El estudio experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Formas Humanas del IBV. En el estudio de repetibilidad se utilizó un escáner corporal 3D. En el estudio de valoración del ajuste, se realizó un montaje para simular las pruebas de ropa realizadas en el probador de una tienda (Figura 84).



Figura 84. Distribución del laboratorio para realizar las sesiones de medida con cada usuaria.

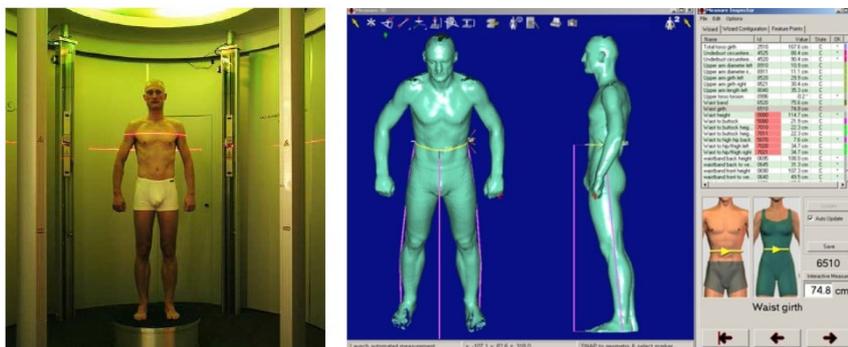
### 4.2.1 Medios utilizados en la caracterización antropométrica.

La caracterización antropométrica de los sujetos se realizó mediante el escáner de cuerpo completo **VITUS Smart XXL** y el software de tratamiento de datos **Anthroscan**, desarrollado por la empresa **Human Solutions** (Figura 85). Este equipamiento se utilizó en el estudio de fiabilidad de medidas antropométricas, en el estudio experimental de ajuste de prendas utilizado en el entrenamiento de los modelos de predicción y en el estudio de validación.

El escáner es de tecnología láser y consta de cuatro columnas en las que se alojan los sistemas ópticos formados por un proyector de haz láser y dos cámaras situadas simétricamente arriba y abajo del proyector. Estas cámaras registran la reflexión del haz láser sobre el cuerpo y, por triangulación, sitúan los puntos en el espacio. Los sistemas ópticos están motorizados y se desplazan a lo largo de las columnas realizando un barrido de la cabeza a los pies para registrar toda la superficie corporal. El escáner está cerrado simulando una cabina para evitar la entrada de luz a la región de escaneado y preservar la intimidad de los sujetos.

Las especificaciones técnicas del escáner se resumen a continuación:

- Área de escaneado: 100x120 cm de superficie y 210 cm de altura.
- Tiempo de escaneado: 11 segundos.
- Procesado: 15-20 segundos.
- Precisión: 0.5 %.
- Resolución: 4 mm.
- Adquisición de marcadores físicos.



**Figura 85.** Izquierda: Escáner Vitus Smart. Derecha: Escaneado 3D resultante visualizado con el software Antroscan. (Fuente: <https://www.human-solutions.com/>).

La potencia de los cuatro diodos láser del escáner es Clase II, no es perjudicial para la salud de los sujetos. Cuenta con el marcado CE certificado por TÜV y por la FDA (Food and Drug Administration) que avala también el cumplimiento de la normativa de la DHHS (U.S. Department of Health and Human Services).

La cabina del escáner 3D cuenta con un vestidor adyacente que permitió a las usuarias vestirse con la ropa estándar de medida y pasar directamente al interior del escáner.

En el interior del escáner se incluye un pedestal donde se sitúa el sujeto de medida y que integra una balanza de precisión de la marca SECA. Su tamaño es de 60 x 60 cm y la precisión es de 200 gr. La superficie de apoyo permite la limpieza previa a cada uso. La balanza está conectada al mismo PC del escáner de forma que el registro del peso se realiza de forma simultánea al escaneado.

La precisión del equipo utilizado, el escáner Vitus Smart, cumple con los requisitos establecidos en la norma ISO 20685-2:2015. Esta norma establece como procedimiento para calcular el error del sistema, la utilización de una esfera calibrada de ( $\varnothing=120.0159$  mm) escaneada en diferentes posiciones del volumen de escaneado (Kouchi et al., 2012b).

El procesamiento de los escaneados 3D y la obtención de las medidas antropométricas se realizó mediante el **software Anthroscan** que presenta las siguientes características:

- Cálculo automático de medidas antropométricas de acuerdo a la norma ISO-7250, ISO 8559 y ASTM D5219-15.
- Detección semiautomática de marcadores físicos y cálculo de medidas antropométricas basadas en los marcadores.
- Edición de puntos anatómicos sobre la malla escaneada.
- Proporciona la forma 3D del cuerpo en los siguientes formatos CAD: VRML, OpenInventor, TRI, OBJ, ASCII, DXF, STL (ASCII o binario).

#### 4.2.2 Medios utilizados en la valoración del ajuste de prendas de ropa.

Para realizar la valoración del ajuste, se realizó un montaje en el laboratorio que permitiera a las usuarias seleccionar las distintas tallas a probar, cambiarse preservando la intimidad y evaluar el ajuste utilizando un espejo que permita ver cómo queda la prenda simulando la situación en una tienda de ropa. Para ello se instaló:

- Un póster para cada una de las prendas que muestra, desde varios puntos de vista, a una modelo vistiendo la prenda (Figura 86). El objetivo es que la usuaria visualice el tipo de ajuste de la prenda en cada zona. Este apoyo visual está relacionado con el concepto de ajuste (concept-of-fit o CoF) que consiste en establecer el criterio de ‘ajuste correcto’. Este es un aspecto importante en prendas de moda, puesto que el ajuste forma parte del estilo de la prenda con diseño ‘oversizes’, ‘skinny’ o ‘high rise’. En este mismo póster se indicaban las zonas de valoración del ajuste para facilitar y homogenizar la interpretación de las usuarias. Estos posters se utilizaron en el estudio experimental completo incorporándose como mejora tras realizar el estudio piloto.





**Figura 86.** Posters de las cuatro prendas de ropa incluyendo las zonas de ajuste.

- Espejo de cuerpo completo para visualizar el ajuste de las prendas de frente, lateral y por detrás, tanto por parte de la usuaria como por parte de las expertas que participaron en las evaluaciones.
- Burro para colgar las prendas de ropa. Facilita la selección de las prendas de prueba al personal de laboratorio que guía la sesión.
- PC con el cuestionario digital de ajuste. Se diseñó un cuestionario para la valoración subjetiva del ajuste y para recabar la información de la sesión que se implementó en la plataforma SurveyMonkey para facilitar su procesado posterior.

#### **4.2.3 Material complementario.**

En las fases de experimentación se ha utilizado el siguiente material complementario:

- *Marcadores y pegatinas antialérgicas:* de acuerdo con la normativa que definen las medidas antropométricas corporales, ISO 7250 e ISO 8559, algunas medidas se referencian a puntos anatómicos que solo son detectables por palpación. Estos puntos se han identificado en el cuerpo mediante marcadores consistentes en semiesferas de resina de 20mm de diámetro que se adhieren mediante pegatinas de doble cara del mismo diámetro y con propiedades antialérgicas.



**Figura 87.** Colocación del marcador en el acromion derecho.

- *Lápiz borrable*: Se utiliza para marcar el punto anatómico donde se coloca el marcador identificado previamente por palpación por parte de técnicos experimentados.
- *Estadiómetro*: Se utilizó para medir la estatura de forma manual como medida de verificación y complementaria a las obtenidas por el escáner.
- *Hoja de consentimiento informado*: todas las usuarias firmaron una hoja de consentimiento informado para participar en el estudio tras explicarles la sesión de medida, el procedimiento de ensayo y el uso de los datos. Además de indicar la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento de la sesión.

### 4.3 Descripción de los protocolos.

#### 4.3.1 Protocolo de escaneado corporal 3D y procesado para extraer las medidas antropométricas.

A continuación, se describen los aspectos considerados en la definición del protocolo de escaneado y procesado corporal 3D:

#### Medidas antropométricas digitales.

Para la configuración del protocolo de escaneado 3D, en primer lugar, se definieron las medidas antropométricas que se relacionan con el ajuste de las prendas objeto de estudio. El listado se elaboró mediante una combinación de las medidas descritas en las normas UNE-EN ISO 8559-1:2021. Designación de tallas para prendas de vestir. Parte 1: Definiciones antropométricas para la medición del cuerpo e UNE-EN ISO 7250-1:2017. Definiciones de las medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico. Parte 1: Definiciones de las medidas del cuerpo y referencias (UNE-EN ISO 7250-1, 2017; UNE-EN ISO 8559-1, 2021). Estas medidas se consensuaron con expertas en ajuste de ropa. A cada medida se le asignó un código numérico para su manejo en los análisis estadísticos posteriores. El listado de medidas antropométricas obtenido finalmente a partir de los escaneados corporales 3D es el siguiente:

- Peso\_9800.
- Estatura\_0010.
- Altura de la cabeza\_0020.
- Altura7CV\_0030.
- DistanciaCuelloCadera\_0040.
- Altura de nalgas\_0090.
- DistanciaCuelloRodialla\_0050.
- AlturaRodilla\_0110.
- AlturaCintura\_0080\_mk.
- AlturaCinturaAlta\_0085\_mk.
- Altura de la cadera\_0090mk.

- AlturaEntrepierna\_0100.
- AlturaTobillo\_0120.
- AlturadelVientre\_0150.
- AlturaMaxcontornoVientre\_0155.
- AlturadelaEscápula\_0160.
- AlturaPecho\_0170.
- AlturaDelanteraCuello\_0180.
- DiámetroCuello\_1010.
- PerímetroCuelloMedio\_1510.
- PerímetroBaseCuello\_1520.
- DistanciaAxilaCinturaIzq\_2010.
- DistanciaAxilaCinturaDerecha\_2020.
- ContornoFrontalCintura\_2030.
- ContornoDiagonalTorso\_2510.
- AnchuradelHombro7Cv\_3010.
- AnchuraHombros\_3020.
- LongitudHombroDch\_3030.
- LongitudHombroIzqdo\_3031.
- ÁnguloHombroIzquierdo\_3910.
- ÁnguloHombroDerecho\_3911.
- AnchuradelTorso\_4010.
- ContornoFrontalentreaxilas\_4020.
- DistanciaentrePechos\_4030.
- DistanciaFrontalCuelloCinturaIzq\_4040.
- DistanciafrontalCuelloCinturacentrado\_4050.
- ContornoalrededordelCuelloentrePechos\_4070.
- DistanciaPechoCuelloizdo\_4080.
- DistanciaPechoCuellodcho\_4081.
- ContornoHorizontaldelPecho\_4510.
- ContornoTóraxbajoPecho\_4520.
- AnchuradelaEspalda\_5020.
- DistanciaTraseraCuelloAxilas\_5030.
- LongitudespaldaCuelloCintura\_5040.
- LongitudEspaldaCuelloCinturaIzq\_5050.
- LongitudEspaldaCuelloCinturaDer\_5051.
- LongitudespaldaLineaAxilasCintura\_5060.
- DistanciaCinturaNalgas\_5080.
- LongitudtotaldelTiro\_6010.
- TiroDelantero\_6011.
- TiroTrasero\_6012.

- ContornodeCintura\_6510.
- ContornodelaCinturaAlta\_6515.
- LongitudCinturaNalgasIzq\_7010.
- LongitudCinturaNalgasDer\_7011.
- DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq\_7020.
- DistanciaCinturaCaderaInferiorDer\_7021.
- ContornodeCaderas/Nalgas\_7520.
- ContornodeCaderaenTrocanter\_7525.
- ContornodeCaderaInferior\_7530.
- ContornodeIVientre\_7540.
- ContronoMáximodelIVientre\_7545.
- LongituddelBrazohastala7CV\_8010.
- LongituddelBrazohastala7CV\_8011.
- LongituddelBrazohastaelCuelloIzdo\_8020.
- LongituddelBrazohastaelCuelloDer\_8021.
- LongituddelBrazoAcromionIzq\_8030.
- LongituddelBrazoAcromionDer\_8031.
- LongitudBrazoSuperiorIzdo\_8040.
- LongitudBrazoSuperiorDer\_8041.
- LongitudAntebrazoIzq\_8050.
- LongitudAntebrazoDer\_8051.
- ContornodelBrazoSuperiorIzdo\_8520.
- ContornodelBrazoSuperiorDer\_8521.
- PerímetroCodoIzdo\_8530.
- PerímetroCodoIzdo\_8531.
- PerímetrodelAntebrazoIzdo\_8540.
- PerímetrodelAntebrazoDer\_8541.
- Perímetrode la MuñecaIzq8550.
- Perímetrode la MuñecaDer8551.
- AnchuradelBrazoSuperiorIzdo\_8910.
- AnchuradelBrazoSuperiorDcho\_8911.
- LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda\_9010.
- LongitudInternaPiernahastaTobilloDer\_9011.
- CosturaInternaIzda\_9020.
- CosturaInternaDer\_9021.
- CosturaExternaPiernaIzq\_9035.
- CosturaExternaPiernaDer\_9036.
- LongitudExternaPiernaTobilloIzq\_9040.
- LongitudExternaPiernaTobilloDer\_9041.
- PerímetroMusloIzq\_9515.

- PerímetroMusloDer\_9516.
- ContornoRodillaIzq\_9520.
- ContornoRodillaDer\_9521.
- PerímetroPantorrillaIzq\_9540.
- PerímetroPantorrillaDer\_9541.
- PerímetroTobillosIzq\_9550.
- PerímetroTobillosDer\_9551.

Las medidas descritas en estas normas siguen una definición anatómica. Sin embargo, el software de cálculo de medidas automáticas de Anthroscan utiliza una definición puramente geométrica. Se analizó la compatibilidad entre las medidas antropométricas descritas en ISO 8559 e ISO 7250 y las medidas calculadas por Anthroscan revisando resultados de trabajos previos (Alemany, 2013). Finalmente, se definió un conjunto de marcadores anatómicos que hay que detectar mediante palpación y marcar en el protocolo de escaneado para identificarlos sobre la superficie de escaneado 3D. Debido a su extensión, y para facilitar la lectura del documento, la descripción en detalle de las medidas antropométricas se ha incluido en el Anexo I. Definición de las medidas antropométricas.

#### **Marcadores anatómicos.**

Para selección de los marcadores físicos a utilizar en el protocolo de caracterización antropométrica, se han teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se ha analizado la correspondencia entre las medidas antropométricas automáticas calculadas por Anthroscan y las medidas antropométricas descritas por las normas ISO 8559 e ISO 7250. Como resultado, se deciden incorporar los siguientes marcadores:
  - **Décima costilla derecha e izquierda y cresta iliaca derecha e izquierda:** La posición de la cintura tal y como se define en estas normas se obtiene como el punto medio entre la décima costilla y la cintura y la espina iliaca. Estos puntos anatómicos no se reflejan en la geometría externa del cuerpo, así que solo pueden detectarse por palpación.
  - **Espina iliaca antero-superior derecha e izquierda:** Referenciada en la norma ISO 7250 para obtener la altura de la espina iliaca antero-superior.
  - **Séptima cervical y acromion derecho e izquierdo (definen la anchura de hombros):** Estos puntos anatómicos se utilizan en medidas que, aunque se pueden obtener de forma automática, el resultado obtenido no es satisfactorio. En un estudio previo, en el que se analizaron las diferencias de las medidas obtenidas a partir de marcadores físicos y las obtenidas de forma automática, se comprobó

que, en el caso de estos tres puntos, el cálculo automático no se correspondía con los puntos anatómicos reales (Alemany, 2013).

Así pues, en el protocolo se incluyeron finalmente 7 marcadores físicos en localizaciones anatómicas que se muestran en la Figura 88.

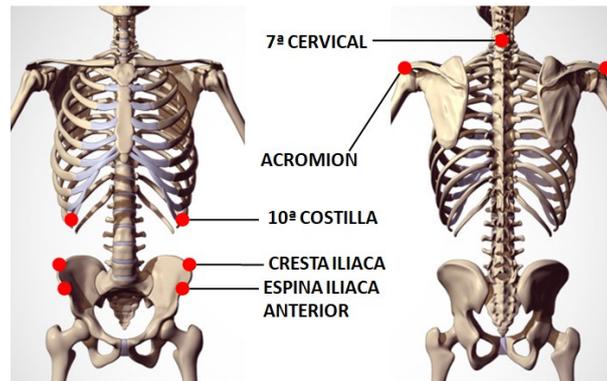


Figura 88. Localización de los puntos anatómicos.

#### **Ropa para la sesión de escaneado 3D.**

En el protocolo de captura de datos antropométricos mediante escáner 3D es fundamental la ropa utilizada por el sujeto puesto que influye de forma significativa en las medidas corporales, principalmente en el busto en mujeres (D.-E. Kim et al., 2015).

En el estudio de valoración subjetiva del ajuste de las prendas, la evaluación se realizó con la ropa interior que suelen llevar las usuarias. Por coherencia, se ha decidido realizar los escaneados con la ropa que lleva cada usuaria considerando que forma parte de la variabilidad corporal. El único condicionante que se indicó a las usuarias fue el que evitaran traer ropa de color negro porque no es compatible con el sistema óptico de escaneado láser.

#### **Postura de escaneado.**

La postura durante la sesión de digitalización es fundamental puesto que influye notablemente en la extracción posterior de medidas. El objetivo es obtener todas las medidas importantes para el estudio de forma precisa y tal y como están definidas en la normativa, evitando al máximo posible las zonas de sombra donde se perderá información. Por lo tanto, se ha optado por una adaptación de la postura A propuesta en la norma UNE-EN ISO 20685. El sujeto se sitúa de pie en el centro de la plataforma con la espalda recta, la cabeza mirando al frente. Los pies separados 30 cm y los codos ligeramente flexionados. Los puños cerrados con el dorso de la mano hacia delante y separados de los muslos unos 25 cm. A diferencia de la postura A de la norma, se ha optado por mantener los puños cerrados (no hay medidas relacionadas con la mano) y

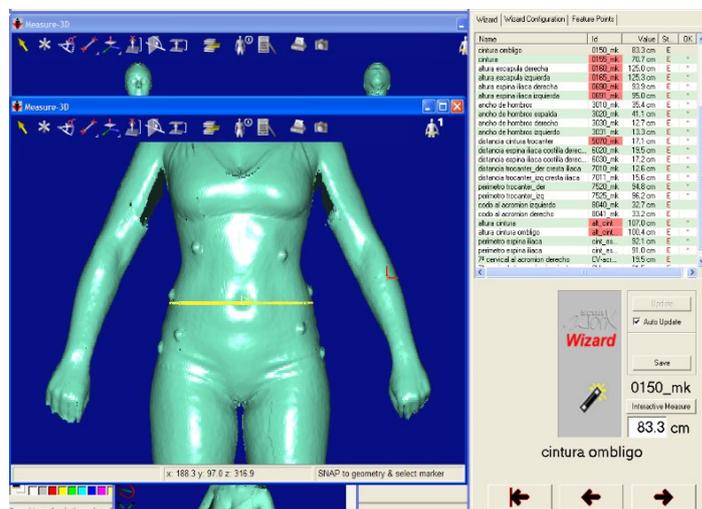
flexionar ligeramente los codos para que el programa Anthroscan detecte automáticamente esta articulación y pueda calcular adecuadamente las medidas relacionadas con la longitud de los brazos (Figura 89).



**Figura 89. Postura de escaneado de la fase experimental.**

### **Procesado de los escaneados 3D corporales.**

Los escaneados 3D se procesaron utilizando el software Anthroscan (Figura 90). Este software permite diseñar un fichero de configuración donde se definen las medidas a calcular indicando los puntos de referencia y si se trata de distancias euclídeas, longitudes pegadas al cuerpo o contornos. En este fichero se configuraron las medidas descritas en el Anexo I. Definición de las medidas antropométricas.



**Figura 90. Entorno del programa AnthroScan para la extracción de medidas corporales.**

Una vez calculadas las medidas, se realizó la exportación de datos a formatos estándar que incluyó el fichero de medidas en formato \*.csv y el escaneado 3D en formato \*.stl.

### 4.3.2 Protocolo de valoración subjetiva del ajuste.

La evaluación del ajuste consistió en una encuesta guiada en todo momento por un técnico de laboratorio que se aseguraba que la usuaria entendía la pregunta y resolvía sus dudas para que pudiera evaluar con seguridad las preguntas del cuestionario.

Las evaluaciones del ajuste las realizaba en primer lugar la usuaria y posteriormente una experta en confección y ajuste de ropa. La sesión estaba organizada de forma que la experta no conocía las evaluaciones de la usuaria y viceversa, de acuerdo con Ashdown (Ashdown & O’Connell, 2006; Song & Ashdown, 2010).

Con el objetivo de poder comparar el nuevo método de recomendación de talla propuesto en la tesis con el método que existe actualmente, se utilizó la tabla de tallas publicada en la web de compra online de Zara, que es la única información de soporte que se facilitaba en ese momento a las consumidoras para seleccionen la talla. Las prendas utilizadas en el estudio son de esta marca y deberían adecuarse a sus criterios de recomendación (Figura 91).

#### GUÍA DE TALLAS MUJER

ROPA							
Talla	34	36	38	40	42	44	46
Pecho (cm)	82	86	90	94	98	102	106
Cintura (cm)	64	66	70	74	78	82	86
Cadera (cm)	90	94	98	102	106	110	114
Talla	XXS	XS	S	M / 85	L / 90	XL	
Pecho (cm)	80	82	86	90	96	102	
Cintura (cm)	58	62	66	70	76	82	
Cadera (cm)	86	90	94	98	104	110	



Figura 91. Tabla de tallas insertada en la web de Zara como apoyo a la selección de talla durante el proceso de compra.

Además de la tabla de tallas, se les facilitó una cinta métrica para que tomaran las medidas corporales siguiendo las instrucciones de la propia tabla. La talla obtenida mediante este proceso, es la utilizada para iniciar las pruebas de ajuste. En algunos casos, si esta talla estaba muy alejada de la realidad (era excesivamente pequeña o grande) y no era viable realizar la prueba, el experto seleccionaba otra talla que pudiera estar más próxima a la de la usuaria. En cualquier caso, la talla resultante del método recomendado por la tabla de tallas de la empresa era el punto de partida para seleccionar la primera talla a evaluar.

En la valoración del ajuste por parte de la usuaria, se estableció una referencia común. La valoración subjetiva del ajuste por parte de la usuaria puede mezclar, el criterio individual que aplica cada usuaria, con su preferencia personal, que algunas usuarias separan y otras engloban como parte de la evaluación. Con el objetivo de diferenciar estos aspectos, se decidió:

- Indicar, desde el principio de la sesión de evaluación con cada prenda, que las usuarias observaran y utilizaran como referencia de ajuste la imagen del póster colgado junto al espejo donde se realizaba la valoración.
- Se realizaban dos preguntas a la usuaria, una relacionada con la percepción de ajuste: ‘...la prenda ME SIENTA...’ y otra pregunta relacionada con cómo me gustaría que me quedara, ‘...la PREFIERO...’.

La encuesta de evaluación subjetiva se utilizó de guía para desarrollar la parte de la sesión correspondiente a la evaluación del ajuste de prendas. Esta encuesta incluyó los siguientes bloques (Tabla 5):

**Tabla 5. Bloques y variables principales de la encuesta de percepción subjetiva.**

<p>Perfil de la usuaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código del usuario.</li> <li>• Preferencias generales de ajuste ‘usuaria’ global y por zonas para tres prendas: pantalones, chaqueta y falda.</li> </ul>																
<p>Selección de tallas de acuerdo a tabla de tallas del portal de venta online.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toma de automedidas.</li> <li>• Talla asignada por la tabla de Zara.</li> <li>• Valoración de talla Zara.</li> </ul>																
<p>Valoración del ajuste. Este protocolo de valoración se repite para cada talla valorada en las cuatro prendas. Cada usuaria prueba entre dos y tres tallas de cada prenda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talla Valorar: Corresponde la talla que se está probando y está evaluando en ese momento.</li> <li>• Valoración global del ajuste ‘usuaria’: Puntuación entre 1 (‘ajuste muy malo’) y 10 (‘ajuste excelente’).</li> <li>• Valoración global del ajuste ‘experta’: Puntuación entre 1 (‘ajuste muy malo’) y 10 (‘ajuste excelente’).</li> <li>• Valoración del ajuste por zonas: Para cada zona de la prenda evaluada (Figura 86): <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Valoración ‘experta’: <table border="1" data-bbox="647 1476 1225 1588"> <tr> <th colspan="5">EXPERTO: Le sienta...</th> </tr> <tr> <td>Estrecho /Corto</td> <td>Algo estrecho/corto</td> <td>Bien</td> <td>Algo holgado/largo</td> <td>Holgado/Largo</td> </tr> </table> </li> <li>○ Percepción ‘Usuaria’: <table border="1" data-bbox="638 1653 1216 1724"> <tr> <th colspan="3">USUARIO: Me sienta...</th> </tr> <tr> <td>Estrecho</td> <td>Bien</td> <td>Holgado</td> </tr> </table> </li> <li>○ Preferencia ‘Usuaria’:</li> </ul> </li> </ul>	EXPERTO: Le sienta...					Estrecho /Corto	Algo estrecho/corto	Bien	Algo holgado/largo	Holgado/Largo	USUARIO: Me sienta...			Estrecho	Bien	Holgado
EXPERTO: Le sienta...																	
Estrecho /Corto	Algo estrecho/corto	Bien	Algo holgado/largo	Holgado/Largo													
USUARIO: Me sienta...																	
Estrecho	Bien	Holgado															

	<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Mucho más estrecha/corta	Más estrecha/corta	Así	Más holgada/larga	Mucho más holgada/larga
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tres zonas de peor ajuste.</li> <li>¿Es mi talla? (Usuaría).</li> <li>La compraría.</li> <li>Motivos.</li> <li>¿Es su talla? (Experta).</li> <li>Comentarios sobre el ajuste.</li> </ul>				
Tras probar 2-3 tallas de la misma prenda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Talla seleccionada por la Experta.</li> <li>Talla seleccionada por la Usuaría.</li> </ul>				

La encuesta detallada se ha incluido en el Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.

#### 4.3.2.1 Procesado de la encuesta de percepción subjetiva.

Consistió en la codificación de las respuestas de la encuesta de percepción subjetiva para crear la base de datos de desajustes. Se trata de variables categóricas y la codificación se realizó considerando el tipo de análisis estadístico a realizar. El criterio de codificación fue el siguiente:

- Valoración global del ajuste ‘usuaria’/ ‘experta’.

Mal ajuste								Buen ajuste	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Valoración del ajuste por zonas para las tres preguntas:
  - Valoración ‘experta’: tras un primer estudio exploratorio de los datos, se agrupó la respuesta en 3 niveles.

Estrecho	Algo estrecho	Bien	Algo holgado	Holgado
	-1	0		1

- Valoración ‘usuaria’,

Estrecho	Bien	Holgado
-1	0	1

- Preferencia ‘usuaria’:

Mucho más estrecha/corta	Más estrecha/corta	Así	Más holgada/larga	Mucho más holgada/larga
-1		0		1

- La codificación de las tallas para cada prenda en las preguntas ‘talla de acuerdo a la tabla de tallas’, ‘talla a valorar’, ‘tallas seleccionada por la usuaria’ ‘talla seleccionada por la experta’ fue la siguiente:

34	36	38	40	42	44	46	Una talla más
1	2	3	4	5	6	7	8

XS	S	M	L	Una talla más
1	2	3	4	5

XS	S	M	L	XL	Una talla más
1	2	3	4	5	6

XS	S	M	L	XL	XXL	Una talla más
1	2	3	4	5	6	7

#### **4.4 Descripción del estudio de repetibilidad de las medidas antropométricas.**

##### **4.4.1 Selección de la muestra del estudio de fiabilidad.**

En el estudio de fiabilidad participaron 26 mujeres. El número mínimo de sujetos para realizar este estudio de fiabilidad se ha calculado de acuerdo con la metodología propuesta por Walter (Walter et al., 1998). Se ha considerado como hipótesis del test de fiabilidad un 5% de nivel de significación, una potencia de test del 80% y un ICC mínimo de 0.8 y esperado 0.95. Como resultado, para el diseño experimental mínimo, se requieren 13 sujetos con dos repeticiones.

Los datos repetibilidad pueden variar en función índice de masa corporal (IMC) de las mujeres por el efecto de la deformación del tejido blando, se decidió duplicar el número de sujetos a 26 (13x2) para permitir posibles análisis por grupo de IMC. Si se compara el tamaño de muestra con otras publicaciones relacionadas con el estudio de errores de medidas antropométricas, Kouchi et al. (Kouchi & Mochimaru, 2011) midieron 40 sujetos (20 hombres y 20 mujeres) para determinar la precisión de medidas corporales manuales y los errores en la localización de puntos anatómicos. En este caso se realizaron 5 repeticiones. Dekker (2000) evaluó la precisión y validez de las medidas obtenidas

mediante escáner corporal midiendo a 18 sujetos (hombres y mujeres) con dos repeticiones.

Los criterios de inclusión para el estudio fueron los siguientes:

- Mujeres entre 18 y 60 años.
- Distribución de peso y estatura que represente a la población española de mujeres. Como referencia para definir la distribución de peso y estatura se han utilizado los resultados del estudio antropométrico de la mujer realizado en España (Alemany et al., 2010).
- Se pidió a las voluntarias que trajeran su ropa interior habitual de color claro para ajustarse a los requerimientos de medida del escáner.

Todas las participantes fueron medidas con el escáner láser corporal dos veces.

#### ***4.4.2 Descripción de la sesión del estudio de repetibilidad.***

La duración de la sesión fue de una hora aproximadamente. El estudio consistió en la medición mediante el escáner corporal Vitus Smart. Se realizaron dos repeticiones a cada participante. En cada repetición, la participante salía del escáner, entraba de nuevo y se colocaba en la postura de escaneado. De esta manera se intentaba simular el efecto del posicionamiento y la postura en las medidas corporales obtenidas.

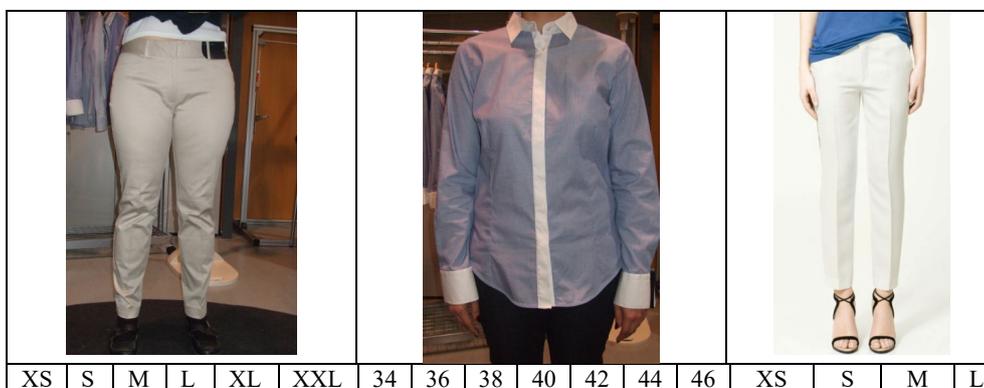
Una vez terminada la sesión, a los sujetos se les gratificó con cheques regalo de 15€.

### **4.5 Descripción del estudio piloto de valoración del ajuste.**

#### ***4.5.1 Descripción de las prendas de ropa del estudio piloto.***

Para definir en detalle los protocolos del diseño experimental se planteó, en primer lugar, un estudio piloto con tres prendas de ropa, una prenda superior y dos prendas inferiores que requieren medidas corporales diferentes para la predicción de talla (Figura 92).

- Para la prenda superior, el objetivo fue seleccionar una prenda con poco rango de ajuste, por el patronaje y por no utilizar tejidos con mucha capacidad de deformación. De esta forma se estimula que haya bastantes desajustes en la experimentación. Con estas premisas, la prenda superior seleccionada fue una camisa de patrón ajustado fabricada en tejido de algodón sin fibras elásticas.
- Para analizar la consistencia del método en una misma prenda, en el caso de la prenda inferior se seleccionaron dos modelos distintos de pantalón. El pantalón es una de las prendas más complicadas en cuanto a ajuste y en función del diseño y el tejido se fabrican en rangos que pueden ir desde 4 tallas a 7.



**Figura 92. Prendas de ropa evaluadas en el estudio piloto.**

#### **4.5.2 Selección de las usuarias del estudio piloto.**

En el estudio piloto participaron 20 mujeres entre 22-58 años, compradoras habituales de Zara. Todas realizaron el escaneado corporal y la prueba de valoración subjetiva del ajuste de las tres prendas de ropa en varias tallas.

### **4.6 Estudio experimental completo.**

En el estudio experimental completo se ha generado la base de datos de antropometría y valoraciones de ajuste de las cuatro prendas para entrenar los modelos de regresión logística multinomial para la predicción del ajuste por zonas y talla de cada prenda.

#### **4.6.1 Descripción de las prendas de ropa del estudio experimental completo.**

Para realizar el estudio experimental completo, la selección de las prendas fue realizada por personal de la empresa Inditex atendiendo a criterios relacionados con el porcentaje de devoluciones. El personal de la empresa seleccionó cuatro prendas que presentaron problemas de devoluciones claramente relacionadas con problemas de ajuste.

Las cuatro prendas seleccionadas y sus rangos de tallas se presentan en la Figura 93.



Figura 93. Prendas de ropa evaluadas en el estudio experimental completo.

#### 4.6.1.1 Selección de las usuarias del estudio experimental completo.

En el estudio experimental completo participaron 47 mujeres de edades comprendidas entre 25-35, de acuerdo a la población objetivo indicado por la empresa. Todas las participantes realizaron el escaneado corporal y las encuestas de valoración subjetiva de las cuatro prendas en varias tallas.

Para el reclutamiento de participantes se recurrió a la búsqueda de voluntarias informando del objetivo del estudio y de los criterios de inclusión a personas pertenecientes a la base de datos de ensayos del Instituto de Biomecánica de Valencia.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Mujeres de edad comprendida entre 25-35 años.
- Compradoras habituales de Zara.
- Que hayan comprado alguna vez ropa online.

Se les solicitó que trajeran ropa interior clara que usaran habitualmente para evitar problemas de medida con el escáner corporal. Para incentivar la participación, se ofreció una gratificación en forma de cheque regalo por valor de 30 € para todas las participantes.

#### **4.6.2 Descripción de la sesión de medida del estudio experimental completo.**

La duración de cada sesión experimental fue de dos horas. El perfil de las usuarias reclutadas para los ensayos fue el de mujeres de 25 a 35 años que hubieran comprado alguna vez en las tiendas de Zara. Se les solicitó que trajeran ropa interior clara. El desglose aproximado de la sesión fue el siguiente (Tabla 6):

**Tabla 6. Distribución aproximada de tiempos de la sesión de medida.**

Recepción, descripción del estudio y la sesión de medida, firma del consentimiento informado y adjudicación de código de sujeto	5 min
Escaneado corporal 3D	15 min
<i>Prueba de ajuste falda</i>	
Automedidas y selección de la talla de acuerdo a las tablas de la web	5 min
Prueba talla 1	7 min
Prueba talla 2	5 min
Prueba talla 3 (opcional)	5 min
<i>Prueba de ajuste pantalón 1</i>	
Automedidas y selección de la talla de acuerdo a las tablas de la web	5 min
Prueba talla 1	8 min
Prueba talla 2	6 min
Prueba talla 3 (opcional)	6 min
<i>Prueba de ajuste pantalón 2</i>	
Prueba talla 1	6 min
Prueba talla 2	6 min
Prueba talla 3 (opcional)	6 min
<i>Prueba de ajuste chaqueta</i>	
Automedidas y selección de la talla de acuerdo a las tablas de la web	5 min
Prueba talla 1	8 min
Prueba talla 2	6 min

Prueba talla 3 (opcional)	6 min
La usuaria se viste de nuevo con su ropa	5 min
Gratificación y despedida	5 min
TOTAL	120 min

El objetivo de probar y valorar varias tallas consistió en recabar información no solamente de la talla que ajuste adecuadamente, sino también información de ajustes incorrectos tanto estrechos como holgados. Esto es necesario para identificar los umbrales del ajuste correcto y mejorar el ajuste del modelo estadístico.

A los sujetos se les identificaba con un código de sujeto que anotaba en los ficheros de escaneado y en el formulario de valoración subjetiva para, posteriormente, poder establecer la correspondencia entre los dos bancos de datos. De esta forma, no se registró ningún dato personal durante la sesión de medida.

## 4.7 Análisis estadístico y tratamiento de datos.

### 4.7.1 Análisis de la fiabilidad de las medidas antropométricas digitales.

Para analizar la fiabilidad de las medidas antropométricas se utilizó el coeficiente de correlación intra-clase (ICC) y el error estándar de la medida (SEM) utilizando los métodos de Eliasziw (1994), la desviación media absoluta (MAE) y el coeficiente de variación (CV). En el estudio de fiabilidad en el que se consideran únicamente los errores aleatorios, el modelo de  $k$  medidas repetidas para  $i$  sujetos corresponde a la Ec 4.5 (Eliasziw et al., 1994; Kouchi et al., 1996).

$$x_{ik} = \mu + \pi_i + \epsilon_{ik} \quad \text{Ec 4.5}$$

Donde  $\mu$  es la media,  $\pi_i$  es el efecto del sujeto y  $\epsilon_{ij}$  es el error aleatorio. Para analizar la fiabilidad del método de medida se proponen los indicadores ICC (Intra-class Correlation Coefficient), SEM (Standard Error of the Measurement) y MAD (Mean of the Absolute Differences) (Eliasziw et al., 1994; Ballester et al., 2022).

$$SEM = \hat{\sigma}_e = \sqrt{MSE} \quad \text{Ec 4.6}$$

$$ICC = \frac{\hat{\sigma}_S^2}{\hat{\sigma}_S^2 + \hat{\sigma}_e^2} \quad \text{Ec 4.7}$$

El SEM se estimó como la raíz cuadrada de la suma de cuadrados del error del Anova de medidas repetidas (Ec 4.6).

El  $ICC_{ma}$  es la fiabilidad de cada medida antropométrica que se calculó mediante la Ec 4.7 donde  $\hat{\sigma}_S^2$  es la varianza inter-sujeto y  $\hat{\sigma}_e^2$  es la varianza del intra-sujeto relacionada con el número de repeticiones que en este caso son dos.

El ICC proporciona una medida relativa de la fiabilidad, tomando valores entre 0 y 1. Para la interpretación de los resultados se utilizó la siguiente escala:  $ICC \geq 0.90$  es excelente;  $0.75 \leq ICC \leq 0.90$  buena;  $0.50 \leq ICC \leq 0.75$  moderada y  $ICC \leq 0.50$  mala (Bragança et al., 2018).

El SEM da un valor absoluto del error de la media. El Coeficiente de Variación del SEM (CV) complementa la información, al normalizar la magnitud del error en relación al tamaño de la variable. Se calcula como el cociente entre el SEM y el valor medio de la variable examinada.

$$CV = \frac{SEM}{\mu} \quad \text{Ec 4.8}$$

El MAD se calcula con la Ec 4.9, donde  $d_{12}$  es la diferencia entre las medidas repetidas  $x_1$  y  $x_2$ , y  $n$  es el número de sujetos.

$$MAD = \frac{\sum |d_{12}|}{n} \quad \text{Ec 4.9}$$

La mayoría de autores (Gordon & Bradtmiller, 1992; Bradtmiller & Gross, 1999; Perkins et al., 2000) toman como referencia para evaluar el MAD, el error máximo permitido propuesto en el estudio ANSUR (U.S. Army's 1987-1988 Anthropometric Survey) (Gordon et al., 1989) para un conjunto de medidas antropométricas registradas de forma manual. Los valores de referencia para cada medida se han incluido en la Tabla 2 del apartado 2.2.3.2 del estado del arte.

#### **4.7.2 Cálculo de los modelos estadísticos de predicción.**

##### *4.7.2.1 Perfil antropométrico de las usuarias.*

Se verificó la representatividad del perfil antropométrico de las usuarias participantes en el estudio de la fase dos respecto a la población objetivo de las prendas de ropa. Para realizar esta comparativa, se ha utilizado la base de datos de la población femenina en España que tiene un tamaño de muestra de 2.786 usuarias entre 25-35 años, medidas en 2007 utilizando el mismo escáner corporal 3D utilizado en esta tesis. El perfil antropométrico se ha representado mediante gráficos bivariados de medidas antropométricas principales en los que se superponen las usuarias participantes en el estudio y la base de datos representativa de la población.

##### *4.7.2.2 Estudio de las medidas antropométricas relevantes en la valoración del ajuste por zonas.*

El listado de medidas antropométricas calculadas en el estudio es muy amplio. Es necesario realizar un cribado inicial para trabajar con paquetes de medidas más reducidos en el cálculo de los modelos de predicción basados en regresión logística multinomial.

El proceso de cribado y selección de variables antropométricas se realizó para cada prenda y zona de ajuste de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Reducción de variables antropométricas de experto, eliminando aquellas que no tienen relación evidente con la prenda (por ejemplo, en el caso de la chaqueta, se eliminaron las medidas relacionadas con la longitud o perímetro de piernas).
2. Estudio exploratorio preliminar de la relación entre las medidas antropométricas y la percepción de ajuste por zonas. Este estudio consistió en un modelo lineal general (MLG) que permitió determinar la relación entre las medidas antropométricas (variables independientes) y la valoración de ajuste realizada por la experta (Zona de AJUST...Le Sienta), agrupada en tres niveles (estrecho, bien, holgado) considerando también como factor la talla evaluada (Talla Valorar). En este análisis se comprobó la homocedasticidad o supuesto de homogeneidad de varianzas, mediante el test de Levene de SPSS para el análisis univariante que rechaza la hipótesis nula de que las varianzas del grupo son iguales.

Mediante este estudio se descartaron las variables que no mostraron ninguna relación y se definió el listado de medidas antropométricas definitivo con el que se entrenaron los modelos de regresión logística del ajuste por zonas en cada prenda.

#### 4.7.2.3 Obtención de los modelos de regresión logística multinomial para la predicción del ajuste por zonas y recomendación de la talla.

La metodología propuesta en la tesis consiste en relacionar variables antropométricas continuas con variables categóricas correspondientes a la percepción de ajuste o la talla seleccionada. Con esa finalidad, se ha optado por utilizar un modelo de regresión logística multinomial que permite modelar relaciones entre variables independientes y una variable dependiente ordinal mediante las siguientes ecuaciones:

$$P (ESTRECHO/CORTO) = \frac{e^{Z_{EST/CORT}}}{1 + e^{Z_{EST/CORT}} + e^{Z_{HOL/LARG}}} \quad \text{Ec. 4.10}$$

$$P (HOLGADO/LARGO) = \frac{e^{Z_{HOL/LARG}}}{1 + e^{Z_{EST/CORT}} + e^{Z_{HOL/LARG}}} \quad \text{Ec. 4.11}$$

$$P (BIEN) = 1 - P(EST/CORT) - P(HOL/LARG) \quad \text{Ec. 4.12}$$

Siendo Z la ecuación obtenida del ajuste de la regresión logística con la siguiente expresión:

$$Z = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n \quad \text{Ec. 4.13}$$

Donde  $B_0, B_1, B_2, \dots, B_n$  son los coeficientes que se obtienen del ajuste de la regresión logística y  $x_1, x_2, \dots, x_n$  son las variables predictoras (medidas antropométricas del usuario y características de la prenda). Representando las ecuaciones del modelo de regresión

logística multinomial de forma gráfica, las curvas de probabilidad tendrían una forma similar a la mostrada en el ejemplo de la Figura 94. En esta gráfica se puede observar que, para un contorno de cintura pequeño (80 cm), la probabilidad de que la prenda ajuste ‘holgada’ es muy alta (90%), la probabilidad que ajuste ‘bien’ es muy baja (10%) y la probabilidad que ajuste ‘estrecha’ es cero. Para un contorno de cintura medio (98 cm), que coincide con la cumbre de la curva verde de ajuste ‘bien’, la probabilidad de ajuste ‘bien’ es la más alta (58%) mientras que la probabilidad de ajuste ‘holgado’ es del 21%, igual que la probabilidad de ajuste ‘estrecho’. Finalmente, para un contorno de cintura grande (120 cm), la probabilidad de ajuste ‘holgado’ es cero, la probabilidad de ajuste ‘bien’ es de un 10%, mientras que la probabilidad de ajuste ‘estrecho’ es la más alta (90%). En todos los casos, la suma de las tres probabilidades siempre es del 100%.

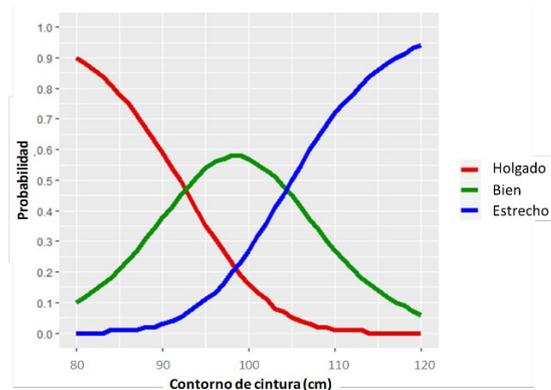


Figura 94. Representación gráfica de las ecuaciones de regresión logística multinomial.

En la propuesta de análisis realizado en este trabajo, el cálculo de los modelos de predicción se realizó en dos fases (Figura 95).

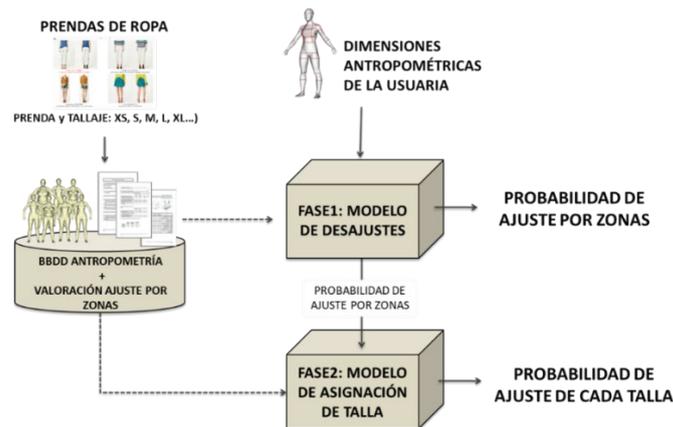


Figura 95. Esquema descriptivo de la generación de los modelos de recomendación de talla.

En una primera fase se calcularon los modelos de predicción de ajuste para cada zona de la prenda objeto de estudio. Obteniéndose los coeficientes de las ecuaciones de regresión para cada zona y para cada prenda.

Una vez obtenidas las ecuaciones de predicción del ajuste por zonas y, se calcularon las probabilidades de ajuste ‘estrecho’, ‘bien’ y ‘holgado’ de cada participante en el estudio a partir de sus medidas antropométricas. Con esta nueva base de datos ampliada, en una segunda fase, se calcularon los modelos de regresión para predecir el ajuste de cada talla.

Para cada prenda se utilizó como variables de entrada en el modelo de predicción de talla las probabilidades de ajuste ‘estrecho’, ‘bien’ y ‘holgado’ de cada zona de la prenda. En este proceso se determinó qué zonas de ajuste gobiernan la selección de la talla para cada prenda. Así, para el cálculo de la probabilidad del ajuste de las tallas se aplicaron las siguientes ecuaciones

$$P(TALLA PEQUEÑA) = \frac{e^{Z_{TALLA PEQUEÑA}(Talla_i)}}{1 + e^{Z_{TALLA PEQUEÑA}(Talla_i)} + e^{Z_{TALLA GRANDE}(Talla_i)}} \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$P(TALLA GRANDE) = \frac{e^{Z_{TALLA GRANDE}(Talla_i)}}{1 + e^{Z_{TALLA PEQUEÑA}(Talla_i)} + e^{Z_{TALLA GRANDE}(Talla_i)}} \quad \text{Ec. 4.15}$$

$$P(TALLA BIEN) = 1 - P(TALLA PEQ.) - P(TALLA GRANDE) \quad \text{Ec. 4.16}$$

Para la realización del análisis estadístico se utilizó la aplicación SPSS Inc. for Windows, Version 16.0. Chicago, SPSS Inc. La función utilizada para el ajuste de los modelos de regresión logística multinomial fue NOMREG.

Para seleccionar el modelo ajustado se aplicaron los siguientes criterios de acuerdo al método propuesto por Shalizi (2015) para selección de variables en modelos de predicción:

- Se utilizó el método de ‘pasos sucesivos hacia delante’ de la función NOMREG. Este método va introduciendo variables en el modelo una a una, dejando en el modelo aquellos con el nivel de significación más pequeño y considerando la razón de verosimilitud. Posteriormente, el modelo se vuelve a estimar. En cada paso se reevalúan los coeficientes y su significación, eliminando del modelo aquellas variables que no considera significativas o relevantes en la predicción. La construcción del modelo se detiene cuando no hay más variables que cumplan con los criterios de entrada o eliminación o cuando el modelo actual es el mismo que el anterior.
- Para asegurar la consistencia del modelo de predicción obtenido se fueron probando diferentes paquetes de medidas antropométricas de entrada y

observando cuáles de ellas se identificaban en el modelo como significativas o relevantes. Se realizaron varias iteraciones de forma sistemática hasta introducir todo el listado de variables antropométricas identificadas como variables de interés para cada modelo. El modelo finalmente seleccionado fue el que presentó mayor porcentaje de acierto en la tabla de clasificación y mayor  $R^2$  de Nagelkerke.

- De acuerdo con la propuesta de Shalizi (2015), en el criterio de selección de variables se primó la obtención de un porcentaje de acierto mayor en la tabla de clasificación y se aplicó un criterio conservador para los p-valores  $\leq 0,1$ . El objetivo es minimizar la posibilidad de cometer un error tipo II, es decir, considerar como cero un coeficiente que no lo es y dejar fuera una variable relevante para el modelo.

En todo caso, la fiabilidad de los modelos de predicción obtenidos se evaluará en la fase de validación mediante una muestra de test no utilizada en la fase de entrenamiento.

En los modelos de regresión logística multinomial, no se requiere cumplir con los supuestos de homocedasticidad y normalidad de las variables predictoras, por lo tanto, no se analizaron estos supuestos.

#### *4.7.2.4 Preferencia del sujeto versus evaluación de experto.*

Uno de los aspectos a analizar en esta tesis es la influencia de la preferencia del usuario en la percepción del ajuste y en la selección de talla. Se contrastó la valoración de la usuaria con la realizada por la experta para analizar la consistencia de los modelos y el porcentaje de acierto. La metodología utilizada fue la siguiente:

- En el estudio piloto:
  - Análisis de correlaciones de las valoraciones de usuaria y experta.
  - Influencia de la variable ‘Valorador’ (usuaria y experta) en la evaluación del ajuste por zonas mediante un Modelo Lineal General Univariante considerando la valoración del ajuste en cada zona como variable dependiente y la variable ‘Valorador’ como factor fijo.
  - Diferencias en la selección de la talla más adecuada para la usuaria.
  - Variabilidad de las valoraciones de la usuaria y la experta.
  - Ajuste de los modelos de predicción mediante Regresión Logística Multinomial para las valoraciones de ajuste de la usuaria y de la experta, valorando el porcentaje de éxito de la tabla de clasificación y la pseudo  $R^2$  de Nagelkerke.
- En el estudio experimental completo:
  - Ajuste de los modelos de predicción mediante Regresión Logística Multinomial para las valoraciones de ajuste de la usuaria y de la experta, valorando el porcentaje de éxito de la tabla de clasificación y la pseudo  $R^2$  de Nagelkerke.

## 4.8 Validación de los modelos de predicción de ajuste y talla.

### 4.8.1 Diseño experimental de validación.

Finalmente, se realizó un estudio de validación en el que se midieron 20 usuarias que no habían participado en el estudio experimental previo. A cada usuaria, se le asignó la talla en las cuatro prendas de ropa mediante los modelos de predicción y se comprobó el éxito de la asignación realizando pruebas de ajuste con las prendas. A continuación, se explica en detalle el procedimiento de la validación.

#### 4.8.1.1 Implementación software de los modelos de predicción.

Se realizó una implementación en software de las ecuaciones de predicción para cada prenda de ropa. Tenía como objetivo controlar in situ el nivel de acierto, tanto de los modelos de predicción de talla, como de los modelos de ajuste por zonas. Primero se seleccionaba la prenda a evaluar y posteriormente se importaba el fichero de medidas antropométricas digitales de la usuaria obteniéndose automáticamente la siguiente información:

- Percentil poblacional al que corresponden las medidas antropométricas de cada usuaria. Permite detectar medidas antropométricas extremas.
- Probabilidad de percepción de ajuste estrecho, adecuado o ancho en cada zona.
- Probabilidad de ajuste estrecho, adecuado o ancho de cada talla.

Medida	Valor	Percentiles
Waistband	82.5	Entre 50-75
Belly circumference	87.8	Entre 50-75
High hip girth	89.4	Entre 50-75
Hip girth	103	Entre 50-75
Buttock girth	100.5	Entre 50-75
Pmuslomedio 9511_9510	59.2	Entre 75-95
Weight	62	Entre 50-75
Hip height	69.9	Entre 5-25
Ppantmedio 9541_9540	40.2	Entre 75-95
Hip thigh girth	96.9	Entre 50-75
Crotch length rear	40.8	Entre 50-75
Waist to hip thigh right	34.1	Entre 25-50
High waist girth	75	Entre 50-75
Waist to high hip back	8	Entre 50-75
Dev waist band from waist back	-3.6	Entre 50-75
Waist to thigh left	34.6	Entre 50-75
Waistband height	91.5	Entre 5-25
Crotch height	66.7	Entre 5-25
Media 9030_9031	92.35	Entre 5-25
Knee height	40.2	Entre 5-25

Figura 96. Implementación software que muestra el rango de percentiles de la población correspondiente a cada medida de la usuaria.



Figura 97. Implementación software que muestra el cálculo de probabilidades de que la prenda sea estrecha, adecuada o ancha por zonas y por cada talla.

#### 4.8.1.2 Selección de la muestra de validación.

La validación se realizó con 20 usuarias, de las cuales, 11 realizaron la validación en el laboratorio del IBV y 9 realizaron la validación en una empresa de diseño y fabricación de ropa. Las 11 usuarias del IBV se seleccionaron para cubrir todo el rango de tallas. El resto de participantes fueron seleccionadas por la empresa que participó en la validación.

#### 4.8.1.3 Descripción del ensayo de validación.

La validación se realizó con las mismas prendas que se utilizaron en el estudio experimental completo: la falda, los dos modelos de pantalón y la chaqueta.

La sesión consistió en el siguiente proceso:

- Escaneado 3D de la participante y extracción de las medidas corporales.
- Posteriormente para cada prenda:
  - Cálculo de la talla recomendada por el modelo de predicción obtenido en el estudio experimental previo.
  - Valoración subjetiva del ajuste por zonas de la talla recomendada realizada por la experta y la usuaria. Esta selección era ciega. La usuaria

no podía ver la selección y valoración realizada por la experta. Para tener suficiente resolución, se ha utilizado una escala Likert entre 1 y 9. Siendo 1 (Muy Estrecho/Corto), 5 (Bien) y 9 (Muy Holgado/Largo). Posteriormente, en el análisis de validación, se recodificó la escala considerando: 1-4 = Estrecho/corto; 5 = Bien y 6-9=Holgado/largo.

Muy Estrecho/Corto				Bien				Muy Holgado/Largo
1	2	3	4	5	6	7	8	9

- Talla seleccionada por la experta.
- Talla seleccionada por la usuaria. Esta selección era ciega. La usuaria no podía ver la selección realizada por la experta.
- Talla recomendada por la tabla de tallas de Zara online.
- Talla habitual.

#### 4.8.1.4 Estudio de la fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas y talla.

Para analizar el funcionamiento de los modelos de regresión logística multinomial obtenidos, se comparó la talla recomendada por la distribución de probabilidades calculada mediante las ecuaciones del modelo y la talla seleccionada por la experta. Se consideró la talla seleccionada por la experta como ‘Talla Verdadera’. Este estudio comparativo se realizó con las 20 usuarias que participaron en el estudio de validación y que no formaban parte de la base de datos de entrenamiento del modelo. Como resultado se obtuvo el porcentaje de acierto en la predicción de talla de los modelos de regresión logística multinomial.

El cálculo de la talla pronosticada por el modelo se realizó aplicando los siguientes pasos para cada prenda:

- Cálculo de las probabilidades de ajuste por cada zona de la prenda utilizando las ecuaciones obtenidas e introduciendo las medidas antropométricas de cada usuaria participante en la validación.
- Cálculo de las probabilidades de ajuste de cada talla a partir de las probabilidades de ajuste por zonas obtenidas en el paso anterior.
- Árbol de decisión para identificar la talla recomendada a partir del mapa de probabilidades de ajuste por talla. Este árbol de decisión se aplica para cada prenda y considera en primer lugar, las probabilidades de ajuste ‘bien’ para toda la serie de tallas de la prenda. La talla recomendada es la que muestra la probabilidad más alta siempre que esté por encima del valor de corte 0,5. En caso de las probabilidades estén por debajo del valor de corte, se analiza la Probabilidad de ajuste ‘grande’ de la talla más pequeña y la probabilidad de ajuste ‘pequeño’ de la talla más grande para contrastar si la talla recomendada

estaría fuera de la serie de tallas disponible. Por lo tanto, el árbol de decisión aplicado al mapa de probabilidades de ajuste de talla es el siguiente:

- Si la Probabilidad de Ajuste Bien,  $P(AB) \geq 0,50$ , se selecciona la talla que cumple con la condición.
- Si la Probabilidad de Ajuste Bien de todas las tallas,  $P(AB) < 0,50$ , significa que no hay ninguna talla disponible adecuada. Se revisa entonces si su talla adecuada sería una menos o una más del rango de tallas:
  - Se revisa la Probabilidad de Ajuste Grande,  $P(AG)$  de la talla más pequeña. Si la Probabilidad de Ajuste Grande,  $P(AG)_{XS} \geq 0,50$ , entonces la talla recomendada es una menos que la más pequeña disponible.
  - Se revisa la Probabilidad de Ajuste Pequeño de la talla más grande disponible  $P(AP)_L \geq 0,50$ , entonces la talla recomendada es una más que la más grande disponible.

En el caso de usuarias que han obtenido una probabilidad de ajuste ‘bien’ baja ( $PB < 0,6$ ), se ha analizado la probabilidad de ajuste por zonas. Es habitual que, en ciertas prendas, algunas usuarias puedan tener morfotipos o dimensiones corporales que, aun teniendo claro cuál sería su talla, no le ajusta bien. En ese caso, se han analizado las probabilidades de ajuste por zonas y se han comparado con la valoración de ajuste realizada por la experta. El objetivo es validar la contribución de la predicción de ajuste por zonas, como información complementaria a la recomendación de talla, para que la usuaria tome la decisión de acuerdo a sus preferencias personales.

Por último, se ha analizado la fiabilidad de las predicciones de ajuste por zonas de las cuatro prendas comparando el resultado de ajuste estrecho/corto, bien y holgado/largo resultante del modelo de predicción generado utilizando la probabilidad más alta con la valoración del ajuste en la misma zona realizada por la experta.

#### *4.8.1.5 Comparación con otros métodos de recomendación de talla.*

Se ha realizado un estudio comparativo del método propuesto con otros métodos o alternativas para seleccionar la talla. A continuación, se describen los métodos considerados en la validación:

- **Método de Regresión Logística Multinomial (RLM):** Es el método propuesto y desarrollado en esta tesis.
- **Talla habitual:** Es la talla declarada por la usuaria. Sería la talla que seleccionaría en un proceso de compra online. Se especificó que indicaran la talla habitual comprando la marca Zara, correspondiente a las prendas del estudio.
- **Tabla de tallas de Zara (Talla Zara):** Es la tabla correspondiente a los intervalos de medidas principales indicados en la web de Zara como referencia

para seleccionar la talla. El proceso de medida para obtener la talla Zara se realizó siguiendo las instrucciones de la web.

- **Asignación mediante intervalos óptimos de la medida principal (IO):** Del estado del arte se concluye que, en el proceso de desarrollo de nuevos productos, las empresas no verifican si el intervalo de acomodación de la serie de tallas que han diseñado cumple con los intervalos de la tabla de tallas de la empresa. Por lo tanto, es habitual que los rangos de medidas corporales que se publican en la tabla de tallas, no concuerden con los rangos reales que viste la serie de tallas de la prenda. Se podría deducir que hay un desfase en los intervalos de las medidas corporales entre la tabla de tallas y el intervalo de ajuste real de la prenda. En ese caso, eliminar el desfase encontrando los intervalos de la medida antropométrica principal con respecto al ajuste de la prenda, podría ser suficiente para recomendar la talla. En ese caso, cada prenda tendría una tabla de tallas específica. Para aplicar este método, se han seguido los siguientes pasos:
  - De la base de datos de valoración del ajuste en el estudio experimental, se han seleccionado solo los casos en los que la talla era adecuada para la usuaria considerando el criterio de la experta.
  - Se ha analizado la relación de la talla seleccionada con posibles medidas principales (contornos de pecho, para prenda superior y contornos de cintura, cadera o vientre para prendas inferiores) obteniendo estadísticos descriptivos (media, desviación estándar y percentiles) de las medidas corporales por talla seleccionada.
  - A partir de los estadísticos, se ha optimizado tanto el tamaño del intervalo, como los valores de los intervalos para cubrir al máximo de usuarias por talla.

La tabla de intervalos por talla definida para la medida principal seleccionada se ha aplicado a las medidas antropométricas de las usuarias participantes en el estudio de validación.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# Capítulo 5

## Resultados

El capítulo de resultados se ha dividido en cuatro bloques de acuerdo a la estructura de objetivos e hipótesis planteada en el capítulo 3:

- En el primer apartado se presentan los resultados del estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas digitales.
- En el segundo bloque de resultados se ha validado la metodología a utilizar, en particular, la encuesta subjetiva para valorar el ajuste de las prendas de ropa comparando y la utilización de los modelos de regresión logística multinomial para predecir el ajuste de las prendas de ropa.
- El tercer bloque corresponde a los modelos de predicción calculados a partir del estudio experimental completo. En primer lugar, se ha realizado una reducción del listado de medidas antropométrica a utilizar como variables de entrada en cada modelo. Seguidamente, se ha reportado un resumen de la fiabilidad teórica de los modelos utilizando las valoraciones de la experta y de la usuaria. Finalmente se han presentado los modelos de predicción obtenidos, implementados y utilizados en la fase de validación experimental. De acuerdo al planteamiento propuesto en dos fases, se han incluido los modelos de predicción de ajuste para todas las zonas de la cada prenda y el modelo de predicción de la talla.
- El cuarto bloque de resultados corresponde al estudio de validación del método de predicción mediante regresión logística multinomial comparado con otros métodos de recomendación de talla.

- El último bloque extiende la aplicación de los modelos de predicción de ajuste a toda la población para su aplicación en el diseño del tallaje de la prenda mediante criterios coste-beneficio.

## **5.1 Estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas digitales.**

### **5.1.1 Descripción de la muestra del estudio de fiabilidad.**

Un total de 26 usuarias participaron en el estudio. Los sujetos fueron seleccionados para cubrir una amplia gama de altura y peso corporal. Este número de sujetos nos permite analizar la fiabilidad de las medidas antropométricas en mujeres considerando hasta dos grupos de IMC, de acuerdo a los métodos de diseño de experimentos óptimos (Walter et al., 1998). Estableciendo una hipótesis de fiabilidad del 5% de nivel de significancia con el 80% de potencia, un ICC mínimo aceptable de 0.8 y un ICC esperado de 0.95 y dos repeticiones el número mínimo de sujetos necesarios para cada grupo es de 13.

La Tabla 7 muestra la descripción de las participantes en el estudio. Inicialmente, se han considerado dos grupos. Grupo 1 IMC 1  $\leq 22,7$  y Grupo 2 IMC 2  $> 22,7$ .

Tabla 7. Descripción estadística, Media  $\pm$  Desviación Estándar (Rango), de la muestra de participantes por grupo de IMC.

	<b>Grupo IMC 1 N=13</b>	<b>Grupo IMC 2 N=13</b>	<b>Total N=26</b>
<b>Age (years)</b>	29.9 $\pm$ 9.2 (19-41)	41 $\pm$ 9.8 (24-58)	35.4 $\pm$ 10.9 (19-58)
<b>Weight (Kg)</b>	57.4 $\pm$ 5.1 (50.7-66.1)	67.2 $\pm$ 8.3 (53.4-83.5)	62.3 $\pm$ 8.4 (50.7-83.5)
<b>Height (mm)</b>	1649.8 $\pm$ 54.2 (1565.4-1740.0)	1622.8 $\pm$ 59.2 (1519.9-1622.8)	1636.3 $\pm$ 57.3 (1519.9-1740.0)
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	21.1 $\pm$ 1.3 (18.7-22.8)	25.5 $\pm$ 3.3 (22.8-32.7)	23.3 $\pm$ 3.4 (18.7-32.7)

### **5.1.2 Resultados de fiabilidad de las medidas antropométricas.**

Los resultados del análisis de fiabilidad no han mostrado diferencias significativas por grupo de IMC, se han omitido las tablas de fiabilidad por grupo y se ha reportado únicamente los resultados del total de la muestra (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados de fiabilidad de las medidas antropométricas: ICC, CV, SEM y MAD.

	ICC	CV (%)	SEM (mm)	MAD (mm)
Estatura_0010	0,999	0,1	1,7	1,8
Altura7CV_0030	0,998	0,1	2,1	2,3
DistanciaCuelloCadera_0040	0,969	0,8	4,4	4,9
DistanciaCuelloRodialla_0050	0,991	0,3	3,0	3,0
DistanciaCinturaRodilla_0060	0,992	0,3	1,9	2,1
AlturaCintura_0080_mk	0,994	0,3	3,1	3,2

AlturaCinturaAlta_0085_mk	0,992	0,4	3,9	3,6
Altura de la cadera_0090mk	0,987	0,5	4,0	4,4
AlturaEntrepierna_0100	0,995	0,4	3,0	3,3
AlturaRodilla_0110	0,978	0,7	3,3	3,2
AlturadelVientre_0150	0,872	1,7	16,6	12,4
AlturaPecho_0170	0,998	0,2	2,3	2,5
AlturaDelanteraCuello_0180	0,999	0,1	1,9	2,3
PerímetroCuelloMedio_1510	0,979	1,0	3,2	3,3
ContornoFrontalCintura_2030	0,990	1,5	6,0	6,2
AnchuraHombros_3020	0,924	2,0	7,6	7,6
LongitudHombroDch_3030	0,955	1,2	1,6	1,6
AnchuraHombros_3020	0,944	1,2	4,3	4,1
ContornoFrontalentreaxilas_4020	0,933	2,1	7,5	8,6
AnchuradelTorso_4010	0,980	1,2	2,2	2,1
DistfrontalCuelloCinturacentrado_4050	0,932	1,2	3,8	3,9
DistanciaPechoCuelloizdo_4080	0,963	1,3	3,4	3,5
ContornoHorizontaldelPecho_4510	0,994	0,7	6,2	6,2
ContornoTóraxbajoPecho_4520	0,982	1,3	10,2	9,2
AnchuradelaEspalda_5020	0,889	2,1	7,2	7,5
DistanciaTraseraCuelloAxilas_5030	0,933	2,0	3,4	3,8
DistanciaFrontalCuelloCinturaIzq_4040	0,953	0,9	3,8	4,3
DistanciaCinturaNalgas_5080	0,931	2,6	4,8	5,1
ContornodeCintura_6510	0,994	0,9	7,5	7,0
ContornodelaCinturaAlta_6515	0,995	0,8	6,2	6,6
ContornodeCaderasNalgas_7520	0,996	0,6	5,3	5,9
LongituddelBrazohastaelCuelloIzdo_8020	0,985	0,6	3,7	4,6
LongituddelBrazoAcromionIzq_8030	0,982	0,7	3,8	4,5
LongitudBrazoSuperiorIzdo_8040	0,977	0,9	2,7	3,2
LongitudAntebrazoIzq_8050	0,972	0,8	2,0	2,1
ContornodelBrazoSuperiorIzdo_8520	0,998	0,5	1,4	1,5
PerímetroCodoIzdo_8530	0,990	0,6	1,4	1,5
PerímetrodelAntebrazoIzdo_8540	0,993	0,5	1,2	1,4
PerímetrodelMuñecalzq8550	0,965	1,0	1,6	1,7
LongitudInternaPiernaTobilloIzda_9010	0,995	0,4	2,7	2,6
CosturaInternaIzda_9020	0,996	0,3	2,6	2,5
PerímetroMusloIzq_9515	0,990	0,8	4,8	4,3

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

ContornoRodillalq_9520	0,984	0,9	3,3	3,0
PerímetroTobilloslq_9550	0,996	0,4	0,9	1,0

Los resultados obtenidos, muestran valores de ICC por encima de 0,9 (fiabilidad excelente) para todas las medidas excepto la Altura del Vientre\_0150 y la Anchura de la Espalda\_5020. El CV está por debajo del 2% excepto en cinco medidas: Anchura Hombros\_3020, Contorno Frontal entre Axilas\_4020, Anchura de la Espalda\_5020, Distancia Trasera Cuello-Axilas\_5030 y Distancia Cintura-Nalgas\_5080. En líneas generales, los resultados muestran valores adecuados de fiabilidad de acuerdo a los diferentes indicadores calculados.

## 5.2 Resultados de la validación metodológica (estudio piloto).

### 5.2.1 Descripción de la muestra del estudio piloto.

En el estudio piloto participaron 20 usuarias. La Tabla 9 muestra las variables descriptivas de las participantes en el estudio.

**Tabla 9. Descripción estadística, Media  $\pm$  Desviación Estándar (Rango), de la muestra de participantes en el estudio piloto.**

	N=20 Mujeres
<b>Edad</b>	33.6 $\pm$ 8.6 (22-58)
<b>Peso (Kg)</b>	59.5 $\pm$ 7.8 (45.4-73.9)
<b>Estatura (mm)</b>	1640.4 $\pm$ 52.5 (1555.0-1753.0)
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	22.0 $\pm$ 2.8 (17.3-27.7)

### 5.2.2 Efecto del valorador (experto y usuario).

Uno de los aspectos a evaluar en el estudio piloto ha sido la influencia en las evaluaciones del ajuste y selección de talla realizadas por el experto y por la usuaria. Las valoraciones muestran correlaciones significativas (Rho de Spearman,  $p \leq 0,01$ ) entre 0,55 y 0,82, dependiendo de la zona a evaluar (Tabla 10).

**Tabla 10. Correlación entre la valoración del ajuste del experto y la valoración de la usuaria en las distintas zonas del pantalón blanco del estudio piloto.**

Zona de ajuste	Correlación	
Cintura	0,618**	
Cadera	0,817**	
Muslo	0,635**	
Pantorrilla	0,654**	
Tiro Delantero	0,597**	
Pierna	0,554**	
Tiro Trasero	0,850**	

\*\*  $p \leq 0,01$

La relación entre la evaluación del ajuste y las medidas antropométricas se ha analizado mediante un Modelo Lineal General. Para este análisis se ha considerado la codificación: 1=Estrecho; 2=Bien; 3=Holgado.

Los resultados muestran que el factor, 'Evaluador' no ha resultado significativo ( $p \leq 0,05$ ) en ninguna zona (Tabla 11-Tabla 25). La potencia observada, es muy baja (ente 0,1-0,4) en todas las zonas. Por lo tanto, no se puede afirmar que la valoración de la experta y la valoración de la usuaria sean diferentes. En todos los casos el contraste de Levene no es significativo. A continuación, se muestran los resultados para las zonas de ajuste del pantalón blanco.

**Tabla 11. Resultados del MLG. Variable dependiente: Cintura\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig. (p-valor)	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	,278 <sup>a</sup>	,278	,533	,467	,112
Intersección	532,900	532,900	1023,416	,000	1,000
Valorador	,278	,278	,533	,467	,112
Error	45,822	,521			
Total	579,000				
Total corregida	46,100				

**Tabla 12. Estadísticos descriptivos. Variable: Cintura\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
Experto	2,4889	,81464
Usuario	2,3778	,78303
Total	2,4333	,79645

**Tabla 13. Resultados del MLG. Variable dependiente: Cadera\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	,278 <sup>a</sup>	,278	,435	,511	,100
<b>Intersección</b>	332,544	332,544	520,916	,000	1,000
<b>Valorador</b>	,278	,278	,435	,511	,100
<b>Error</b>	56,178	,638			
<b>Total</b>	389,000				
<b>Total corregida</b>	56,456				

**Tabla 14. Estadísticos descriptivos. Variable: Cadera\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
<b>Experto</b>	1,8667	,81464
<b>Usuario</b>	1,9778	,78303
<b>Total</b>	1,9222	,79645

El gráfico muestra los estadísticos descriptivos para la variable 'Cadera\_ajuste' en función del 'Valorador'. El eje vertical representa el 95% IC Cadera\_ajuste, con valores que van de 1,60 a 2,20. El eje horizontal muestra los Valoradores: Experto y Usuario. Para el grupo 'Experto', el punto medio es 1,8667 y el intervalo de confianza del 95% se extiende aproximadamente de 1,62 a 2,11. Para el grupo 'Usuario', el punto medio es 1,9778 y el intervalo de confianza del 95% se extiende aproximadamente de 1,75 a 2,20.

**Tabla 15. Tabla de resultados del MLG. Variable dependiente: Cadera\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	1,111 <sup>a</sup>	1,111	1,879	,174	,273
<b>Intersección</b>	298,844	298,844	505,305	,000	1,000
<b>Valorador</b>	1,111	1,111	1,879	,174	,273
<b>Error</b>	52,044	,591			
<b>Total</b>	352,000				
<b>Total corregida</b>	53,156				

**Tabla 16. Estadísticos descriptivos. Variable: Muslo\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
Experto	1,7111	,72683
Usuario	1,9333	,80904
Total	1,8222	,77282

**Tabla 17. Tabla de resultados del MLG. Variable dependiente: Pantorrilla\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	,178 <sup>a</sup>	,178	,494	,484	,107
Intersección	418,178	418,178	1162,910	,000	1,000
Valorador	,178	,178	,494	,484	,107
Error	31,644	,360			
Total	450,000				
Total corregida	31,822				

**Tabla 18. Estadísticos descriptivos. Variable: Pantorrilla\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
Experto	2,1111	,57296
Usuario	2,2000	,62523
Total	2,1556	,59796

**Tabla 19. Tabla de resultados del MLG. Variable dependiente: Tiro Delantero\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	,400 <sup>a</sup>	,400	,861	,356	,151
<b>Intersección</b>	480,711	480,711	1034,574	,000	1,000
<b>Valorador</b>	,400	,400	,861	,356	,151
<b>Error</b>	40,889	,465			
<b>Total</b>	522,000				
<b>Total corregida</b>	41,289				

**Tabla 20. Estadísticos descriptivos. Variable: Tiro Delantero\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
<b>Experto</b>	2,2444	,64511
<b>Usuario</b>	2,3778	,71633
<b>Total</b>	2,3111	,68112

**Tabla 21. Tabla de resultados del MLG. Variable dependiente: Pernera\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	1,243 <sup>a</sup>	1,243	2,440	,122	,339
<b>Intersección</b>	497,146	497,146	975,904	,000	1,000
<b>Valorador</b>	1,243	1,243	2,440	,122	,339
<b>Error</b>	41,263	,509			
<b>Total</b>	539,000				
<b>Total corregida</b>	42,506				

**Tabla 22. Estadísticos descriptivos. Variable: Pernera\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
Experto	2,3333	,79772
Usuario	2,5789	,59872
Total	2,4458	,71998

**Tabla 23. Tabla de resultados del MLG. Variable dependiente: Tiro Trasero\_ajuste; Factor fijo: Valorador.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	F	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	,178 <sup>a</sup>	,178	,343	,560	,089
Intersección	306,178	306,178	590,294	,000	1,000
Valorador	,178	,178	,343	,560	,089
Error	45,644	,519			
Total	352,000				
Total corregida	45,822				

**Tabla 24. Estadísticos descriptivos. Variable: Tiro Trasero\_ajuste y gráfico de barras de error con intervalo de confianza del 95%.**

Valorador	Media	Desviación típica
Experto	2,3333	,79772
Usuario	2,5789	,59872
Total	2,4458	,71998

En cuanto a la selección de la talla que mejor ajusta, no se han observado diferencias relevantes entre la selección de la experta y la usuaria. En el caso del pantalón blanco que se muestra a continuación, solo varía en tres casos (Tabla 25).

Tabla 25. Tabla de contingencia: Talla seleccionada por la EXPERTA \* Talla seleccionada por la USUARIA.

		Talla seleccionada por la USUARIA						Total
		XS	S	M	L	XL	XXS	
Talla seleccionada por la EXPERTA	XS	6	0	0	0	0	0	6
	S	0	21	0	0	0	0	21
	M	0	0	6	0	0	0	6
	L	0	0	2	6	0	0	8
	XL	0	0	0	1	2	0	3
	XXS	0	0	0	0	0	1	1
Total		6	21	8	7	2	1	45

Aunque los resultados son muy similares, durante la realización de los ensayos, se observó una mayor consistencia en el criterio de evaluación del ajuste de la experta. La experta utiliza un criterio de valoración de ajuste por zonas fijo que aplica de forma sistemática a todas las usuarias. En cambio, en el caso de las usuarias, aunque se acuerde un concepto de ajuste de la prenda al inicio de la prueba, tienden a mezclar criterios de preferencia individual que pueden estar relacionados con aspectos de confort, estética o tendencias de moda.

Cabe esperar entonces que la evaluación de la experta permita clasificar con mayor robustez el ajuste y generar, por tanto, un modelo con mejores pronósticos. En los gráficos de valoración del ajuste en relación a las medidas antropométricas, el experto muestra una dispersión algo menor que el usuario (Figura 98).

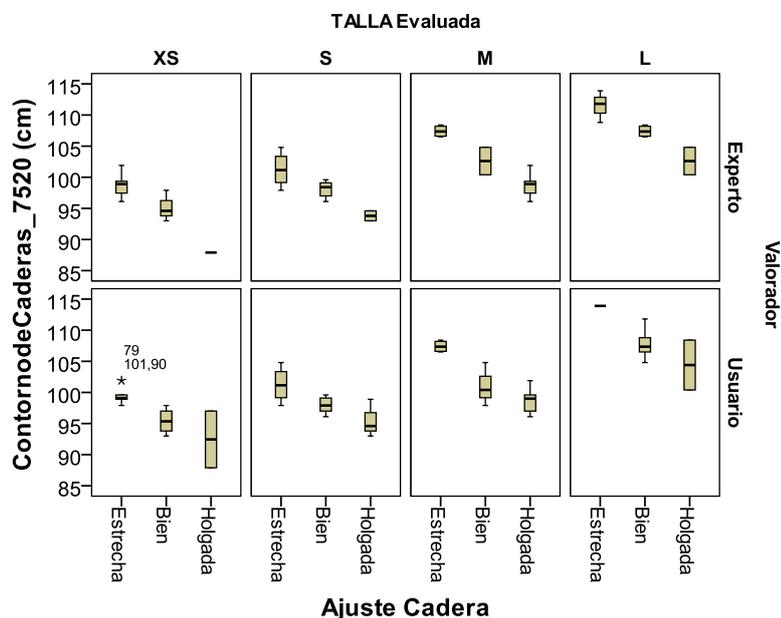


Figura 98. Gráfica caja-bigote que muestra la dispersión de la relación de la variable contornodeCaderas\_7520 con la valoración del ajuste realizado por la Experta y la Usuaria.

Posteriormente se han calculado los modelos de predicción de ajuste. Tal y como se describe en material y métodos (apartado 4.7.2.3), para la obtención de los modelos de predicción del ajuste por zonas se calculó un modelo de regresión logística multinomial que combina variables categóricas (tipo de ajuste – variable dependiente) con variables continuas (medidas antropométricas – variables independientes). Se utilizó un método de cálculo de modelo ‘por pasos sucesivos hacia adelante’.

En el estudio piloto se calcularon los modelos de predicción del ajuste considerando la variable de valoración del ajuste de la experta (Le sienta...) y la valoración de la usuaria (Me sienta...), introduciendo las medidas antropométricas como variables de entrada y eligiendo de ajuste de pasos sucesivos hacia adelante. Tras realizar varios análisis, se optó por recalcular las variables de valoración del ajuste en tres niveles, con una mejor distribución de las respuestas, utilizando como valoración central de referencia la valoración de ‘Bien’. Así, se unificó la valoración de ‘muy estrecho’ y ‘Estrecho’ en un solo nivel (‘Estrecho’) y la valoración de ‘Muy ancho’ y ‘Ancho’ en ‘Ancho’. La codificación de las variables de valoración del ajuste quedó de la siguiente forma:

<b>Valoración del ajuste (Le sienta.../Me sienta...)</b>		
<i>Estrecho/Corto</i>	<i>Bien</i>	<i>Holgado/Largo</i>
-1	0	1

La talla evaluada se introdujo en el modelo como factor fijo de entrada forzada.

En la Tabla 26 se muestran los resultados del pantalón blanco. Salvo en la pantorrilla, en el resto de zonas, la predicción de la valoración del experto muestra un porcentaje de acierto algo mayor en la tabla de clasificación.

**Tabla 26. Resultados de los modelos de predicción el ajuste por zonas del pantalón blanco: porcentaje de acierto y R<sup>2</sup> de Nagelkerke.**

<b>Zona de ajuste</b>	<b>EXPERTO Porcentaje de acierto (R<sup>2</sup> de Nagelkerke)</b>	<b>USUARIO Porcentaje de acierto (R<sup>2</sup> de Nagelkerke)</b>
<b>Cintura</b>	86,7% (0,833)	84,4% (0,740)
<b>Cadera</b>	100% (1,000)	91,1% (0,918)
<b>Muslo</b>	77,8% (0,778)	75,6% (0,616)
<b>Pantorrilla</b>	84,4% (0,701)	91,1% (0,917)
<b>Tiro Delantero</b>	86,7% (0,828)	80,0% (0,750)
<b>Pernera</b>	100% (1,000)	93,3% (0,955)
<b>Tiro Trasero</b>	84,4% (0,849)	78,4 % (0,680)

Aunque los resultados parecen apuntar a que la valoración del experto es algo más consistente que la del usuario y la fiabilidad de los modelos podría ser mejor, los resultados no suficientemente determinantes para tomar una decisión. El estudio piloto se ha realizado con 20 usuarias y las diferencias son pequeñas. Por lo tanto,

se seguirá profundizando más en las valoraciones experta versus usuaria en el estudio experimental completo.

### **5.2.3 Evaluación de aspectos metodológicos relevantes.**

#### *5.2.3.1. Concepto de ajuste.*

El concepto de ajuste surge por la necesidad de establecer un criterio para evaluar un ajuste como estrecho, bien u holgado. Por ejemplo, en el caso de los pantalones, existen una gran diversidad de estilos (pitillos, culotte, rectos, camal ancho, acampanados, etc.) cuyo ajuste ideal muestra diferencias importantes en la relación prenda-cuerpo. El contorno de muslo no queda igual de ajustado en un pantalón de pernera ancha que en un pantalón de estilo pitillo. Esto ocurre en todas las prendas, ya sea por los criterios de estilo, en el caso de ropa de moda, por criterios de seguridad y confort, en el caso de prendas de uso laboral o por criterios de rendimiento en el caso de prendas deportivas.

Por lo tanto, surge la necesidad de establecer el concepto de ajuste de una prenda antes de realizar el estudio de evaluación de ajuste con usuarias. En este caso, al tratarse de prendas de moda, se decidió incluir en el estudio experimental definitivo, un poster de la modelo vistiendo la prenda con el ajuste representativo del estilo que se ha concedido para la prenda.

#### *5.2.3.2. Caracterización de las prendas.*

Inicialmente se planteó la medición de las prendas para introducir la relación prenda-cuerpo como variable de predicción. Durante el estudio piloto se obtuvieron las siguientes conclusiones relacionadas con la medición de las prendas:

- La obtención de las medidas de las prendas relacionadas con cada desajuste es complicada. La mayoría de prendas presenta volúmenes, pinzas o costuras que son difíciles de posicionar en una superficie plana que permita la medición con fiabilidad. Si además el tejido es elástico, es difícil evitar la deformación de la prenda al estirla durante el proceso de medida. Se trata de un proceso que lleva bastante tiempo y genera medidas poco fiables.
- La relación de las medidas de la prenda con las medidas antropométricas de cada usuaria que realiza la prueba es un invariante que solo cambia entre tallas. Esto es así en la aproximación planteada en esta tesis en la que se ha previsto calcular un modelo de predicción específico para cada prenda utilizada en la experimentación. En este caso, la variable talla, es equivalente a considerar las dimensiones de la prenda.

Por lo tanto, la caracterización de las prendas de ropa en los modelos de predicción se ha introducido a través de la variable talla.

### 5.2.3.3. Encuestas y Análisis estadístico.

Como resultado del estudio piloto, se ha ajustado y mejorado el diseño de las encuestas de valoración del ajuste y se ha optimizado la codificación de las variables de acuerdo a los análisis posteriores a realizar.

Se ha realizado un análisis estadístico preliminar para observar la relación entre variables y confirmar la adecuación de los modelos de predicción de ajuste basados en regresión logística. Las principales conclusiones obtenidas son:

- El resultado del ajuste de una prenda en cada zona muestra relación con las medidas antropométricas de la usuaria y esta relación es multidimensional. No hay una única medida que explique el ajuste y siempre aparecen zonas de superposición, valores de la medida corporal similares pueden mostrar valoraciones de ajuste distintas.
- Hay usuarias que están entre dos tallas, ninguna talla les va bien. En otros casos, aunque una de las tallas es la más adecuada para la usuaria, presenta problemas de ajuste en alguna zona, por lo que no se quedaría con la prenda en un contexto de compra online. Por lo tanto, desarrollar un modelo de predicción que genere como resultado una única solución que sea la talla recomendada a comprar no parece suficiente. Será necesario dar información sobre el ajuste por zonas de la prenda para que la usuaria tome la última decisión. Con este objetivo, la aproximación propuesta en dos fases en la que se calcula las probabilidades de ajuste por zonas de las prendas además de la probabilidad de ajuste de cada talla, parece muy adecuada.
- Hay que considerar también la preferencia de la usuaria. Sin embargo, las valoraciones de experta parecen más consistentes para el cálculo de los modelos. Proporcionar el mapa de ajustes por zonas y la probabilidad de ajuste de las tallas más cercanas a la usuaria permitirá que la selección en base a la preferencia sea una decisión de la compradora.

Finalmente, se ha establecido el cálculo de los modelos de predicción basados en regresión logística multinomial que permiten obtener las probabilidades de ajuste. Estos modelos se obtendrán en dos fases, primero la predicción de ajustes por zonas de la prenda y posteriormente la predicción de ajuste de cada talla. Se observa la necesidad de aplicar un criterio o árbol de decisión para evaluar el acierto en las recomendaciones una vez obtenido el mapa de probabilidades. Esto se llevará a cabo tras el estudio experimental completo en el que se contará con un mayor número de evaluaciones por prenda.

## 5.3 Cálculo de los modelos de predicción de ajuste y talla. Estudio experimental completo.

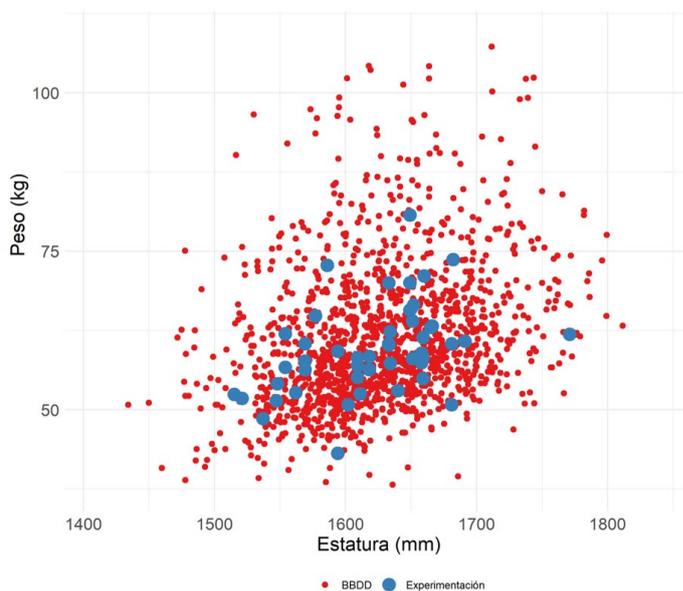
### 5.3.1 Descripción de la muestra del estudio experimental completo.

En el estudio experimental participaron 47 usuarias entre 25 y 35 años, de acuerdo con el intervalo de edad objetivo definido por la empresa Inditex. También se solicitó que fueran usuarias de tiendas online de ropa. La Tabla 27 muestra la descripción de las participantes en el estudio.

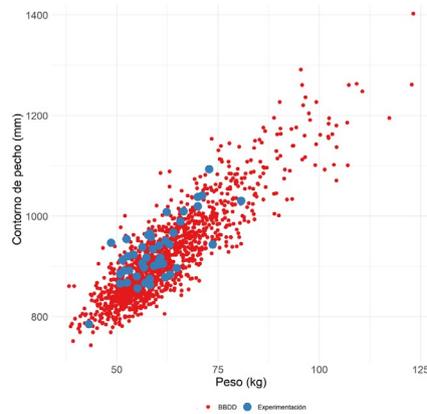
**Tabla 27. Descripción estadística, Media  $\pm$  Desviación Estándar (Rango), de la muestra de participantes en el estudio experimental completo.**

	N=47 Mujeres
<b>Edad</b>	29.4 $\pm$ 2.8 (25 - 35)
<b>Peso (Kg)</b>	59.5 $\pm$ 7.1 (43.1 - 80.7)
<b>Estatura (mm)</b>	1620.6 $\pm$ 51.6 (1515.0 - 1771.0)
<b>IMC (Kg/m2)</b>	22.6 $\pm$ 2.5 (17.0 - 29.7)

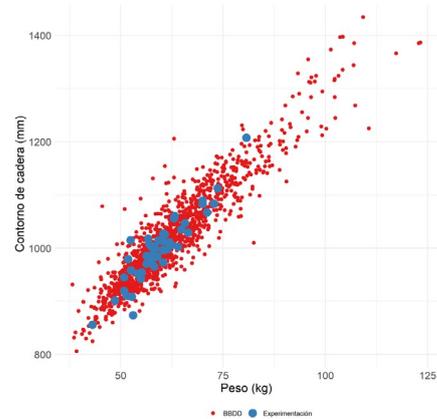
Para comprobar el perfil antropométrico de las usuarias en relación a la población objetivo del estudio, se ha realizado gráficos de dispersión bivariados de las medidas principales en tallaje de ropa en las que se representa la variabilidad de la población española de mujeres del grupo de edad 25-35 años del estudio antropométrico realizado en 2007-2008 en España (Alemany et al., 2010) superpuesta con las dimensiones de las usuarias participantes en el estudio experimental (Figura 99-Figura 101).



**Figura 99. Gráfico bivariado Estatura\_0011 - Peso\_9800 de las participantes (azul) superpuesto con la población española de mujeres del grupo de edad 25-35 (rojo).**



**Figura 100. Gráfico bivariado Peso\_9800 – Contorno pecho\_4510 de las participantes (azul) superpuesto con la población española de mujeres de edad 25-35 (rojo).**



**Figura 101. Gráfico bivariado Peso\_9800 – Contorno cadera\_7520 de las participantes (azul) superpuesto con la población española de mujeres de edad 25-35 (rojo).**

En antropometría la distribución del peso y los contornos corporales que se correlacionan con el peso muestran una distribución de frecuencias sesgada a la izquierda en caso de muestras representativas de la variabilidad poblacional. Este efecto se observa también en la dispersión de la población española representada en las gráficas anteriores. Sin embargo, la distribución de la muestra participante en el estudio experimental corresponde con el rango de medidas que cubre la zona de mayores frecuencias en la distribución (Figura 99). Por lo tanto, no se representa el grupo con mayores valores de peso que corresponderían a las tallas más grandes. Hay que recordar que en los criterios de selección de la muestra se exigió que las usuarias fueran compradoras habituales de ropa online. Es posible que este criterio incluyera en esta distribución, puesto que las tallas más grandes tienen habitualmente más problemas de ajuste y, por consiguiente, más dificultad para comprar online (Oldham Kind & Hathcote, 2000).

### **5.3.2 Reducción de las variables antropométricas para cada prenda y zona de ajuste.**

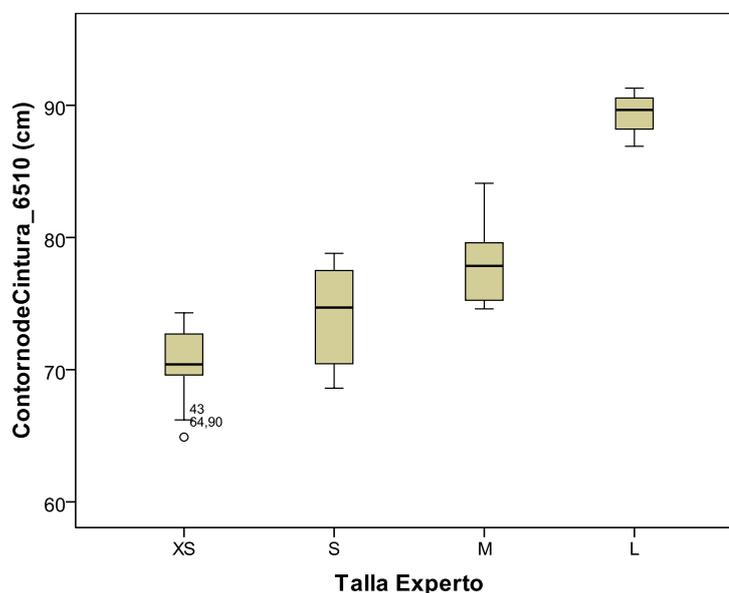
El objetivo principal de este estudio es reducir el número de medias antropométricas a utilizar como variables dependientes en el cálculo de los modelos de predicción de ajuste. El listado de medidas corporales obtenido de la normativa de referencia y las prácticas de patronaje, es muy extenso. No es recomendable utilizar un número tan elevado de variables de entrada para los modelos de predicción basados en regresión logística multinomial. Además, el número de variables a incluir condiciona el tamaño de la muestra. Como paso previo al cálculo de los modelos de predicción, se ha realizado una reducción de variables antropométricas siguiendo el proceso descrito en material y métodos (4.7.2.2) que tiene como objetivo, detectar

aquellas variables que son irrelevantes al no mostrar relación con las variables a predecir. Tras este proceso, se ha obtenido el listado de medidas inicial para el cálculo de los modelos de predicción para cada prenda y zona de ajuste.

Este estudio consiste en un análisis estadístico preliminar que es no determinante en el desarrollo de los modelos de predicción, que son la clave del estudio de investigación. Por claridad en la lectura del documento, en este apartado, solo se han indicado tan solo las medidas antropométricas iniciales de partida para cada prenda, y el listado de medidas finales obtenidas tras el análisis de cada prenda por zonas. Los resultados detallados de esta sección se han incluido en el Anexo III. Material suplementario. Resultados del estudio de reducción de las variables antropométricas.

#### *5.3.2.1. Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la FALDA.*

Los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla muestran que existen solapes importantes en la relación de una medida antropométrica principal con la talla seleccionada. Es decir, dos usuarias con la misma medida antropométrica principal pueden estar clasificadas en tallas diferentes. En el caso de la falda, el *ContornodeCintura\_6510* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 102 se muestra este solape ilustrando la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla. Este resultado sugiere que el problema de ajuste de las prendas es multidimensional y que en la selección final de la talla influye un conjunto de medidas corporales y que la aplicación de tablas de tallas basadas en segmentar una medida principal en rangos no es un método fiable.



**Figura 102. FALDA: Diagrama caja-bigotes del ContornodeCintura\_6510 de las usuarias para las tallas seleccionadas por el experto.**

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en la falda son 37 (Tabla 28).

**Tabla 28. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste de la falda.**

Estatura 0010	ContornodeCaderasNalgas 7520
Altura7CV 0030	ContornodeCaderaenTrocanter 7525
DistanciaCinturaRodilla 0060	ContornodeCaderaInferior 7530
AlturaCintura 0080 mk	ContornodelVientre 7540
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContronoMáximodelVientre 7545
AlturadeNalgas 0090	LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda 9010
AlturadelaCadera 0090mk	LongitudInternaPiernahastaTobilloDer 9011
AlturaEntrepierna 0100	CosturaInternaIzda 9020
AlturaRodilla 0110	CosturaInternaDer 9021
AlturadelVientre 0150	CosturaExternaPiernaIzda 9035
AlturaMaxcontornoVientre 0155	CosturaExternaPiernaIzda 9036
ContornoFrontalCintura 2030	PerímetroMusloIzq 9515
LongitudtotaldelTiro 6010	PerímetroMusloIzq 9516
TiroTrasero 6012	ContornoRodillaIzq 9520
ContornodeCintura 6510	ContornoRodillaIzq 9521
ContornodelaCinturaAlta 6515	PerímetroPantorrillaIzq 9540
DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq 7020	PerímetroPantorrillaDer 9541
DistanciaCinturaCaderaInferiorDer 7021	Peso 9800
ContornodelaCaderaAlta 7510	

Como resultado del estudio estadístico preliminar, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cintura incluye 15 variables en la cintura (Tabla 29) y 23 en la cadera (Tabla 30).

**Tabla 29. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA de la FALDA.**

AlturaNalgas 0090	ContornoCinturaAlta 6515	ContornoVientre 7540
AlturaCadera 0090mk	ContornodeNalgas 7520	ContornoMáximoVientre 7545
LongitudtotalTiro 6010	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
TiroTrasero 6012	ContornoCaderaTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516
ContornoCintura 6510	ContornoCaderaInferior 7530	Peso 9800

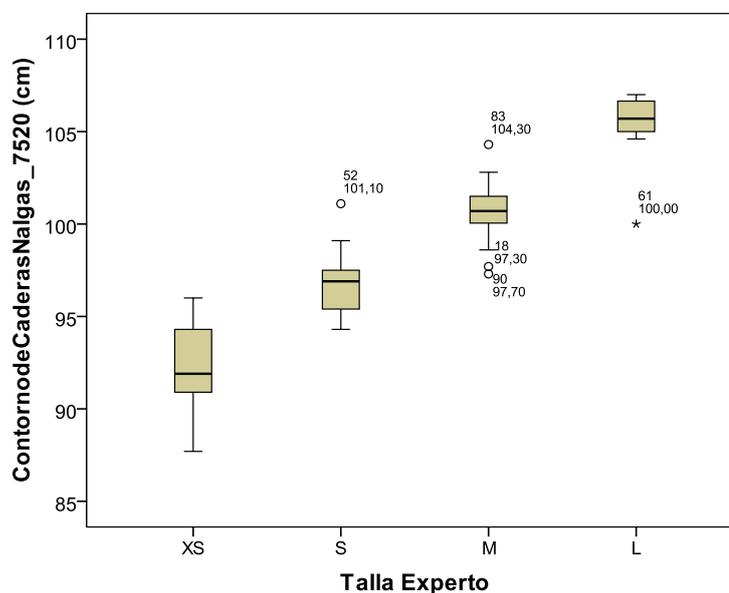
**Tabla 30. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CADERA de la FALDA.**

LongitudtotaldelTiro 6010	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515
TiroTrasero 6012	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516
ContornodeCintura 6510	ContornodeCaderaInferior 7530	Peso 9800
ContornoCinturaAlta 6515	ContornodelVientre 7540	
ContornoCaderaAlta 7510	ContornoMáximodelVientre 7545	

No se han encontrado relaciones significativas y consistentes entre las medidas antropométricas y la valoración del ajuste en el tiro delantero. No hay un criterio claro para descartar medidas, por lo tanto, las 37 medidas pre-seleccionadas por los expertos se utilizarán en el proceso de cálculo del modelo de predicción (Tabla 28).

### 5.3.2.2. Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del PANTALÓN RECTO.

Al igual que en el caso de la falda, los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla del pantalón recto muestran que la existen solapes importantes en la relación de una medida antropométrica principal con la talla seleccionada. Es decir, dos usuarias con la misma medida antropométrica principal pueden estar clasificadas en tallas diferentes. El *ContornodeCaderasNalgas\_7520* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 103 se muestra este solape ilustrando la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla seleccionada por la experta.



**Figura 103. PANTALÓN RECTO: Diagrama caja-bigotes del ContornodeCaderasNalgas\_7520 para las tallas seleccionadas por la experta.**

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en el pantalón son 45 (Tabla 31).

**Tabla 31. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste del pantalón.**

Estatura 0010	ContornodeCaderasNalgas_7520
Altura7CV 0030	ContornodeCaderaenTrocanter_7525
AlturaCintura 0080 mk	ContornodeCaderaInferior_7530
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContornodeVientre_7540
Alturadenalgas 0090	ContronoMáximodelVientre_7545
Alturadelacadera 0090mk	LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda_9010
AlturaEntrepierna 0100	LongitudInternaPiernahastaTobilloDer_9011
AlturaRodilla 0110	CosturaInternaIzda_9020
AlturaTobillo 0120	CosturaInternaDer_9021
AlturadelVientre 0150	CosturaExternaPiernaIzda_9035
AlturaMaxcontornoVientre 0155	CosturaExternaPiernaIzda_9036
ContornoFrontalCintura 2030	LongitudExternaPiernaTobilloIzq_9040
DistanciaCinturaNalgas 5080	LongitudExternaPiernaTobilloDer_9041
LongitudtotaldelTiro 6010	PerímetroMusloIzq_9515
TiroDelantero 6011	PerímetroMusloIzq_9516
TiroTrasero 6012	ContornoRodillaIzq_9520
ContornodeCintura 6510	ContornoRodillaIzq_9521
ContornodelaCinturaAlta 6515	PerímetroPantorrillaIzq_9540
LongitudCinturaNalgasIzq 7010	PerímetroPantorrillaDer_9541

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

LongitudCinturaNalgasDer 7011	PerímetroTobillosIzq 9550
DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq 7020	PerímetroTobillosDer 9551
DistanciaCinturaCaderaInferiorDer 7021	Peso 9800
ContornodelaCaderaAlta 7510	

Como resultado del estudio estadístico preliminar, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste incluye 35 variables antropométricas en la cintura (Tabla 32), 29 en la cadera (Tabla 33), 22 en el muslo (Tabla 34), 23 en la pantorrilla (Tabla 35), 38 en el tiro delantero (Tabla 36), 32 en la pernera (Tabla 37) y 20 en el tiro trasero (Tabla 38) .

**Tabla 32. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del Pantalón Recto.**

AlturaCintura 0080 mk	ContornodeCintura 6510	LongitudExtIzq 9040
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongitudExtDer 9041
Alturadenalgas 0090	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
Alturadelacadera 0090mk	ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaEntrepierna 0100	ContornoCaderaTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaRodilla 0110	ContornodaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
AlturadelVentre 0150	ContornoVentre 7540	PerímetroPantorrillaIzq 9540
AlturaMaxCVentre 0155	ContornoMáxVentre 7545	PerímetroPantorrillaDer 9541
ContFrontalCintura 2030	LongitudIntPiernaTobIzda 9010	PerímetroTobillosIzq 9550
LongtotaldelTiro 6010	LongitudIntPiernaTobDer 9011	PerímetroTobillosDer 9551
TiroDelantero 6011	CosturaExtIzda 9035	Peso 9800
TiroTrasero 6012	CosturaExtPiernalzda 9036	

**Tabla 33. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CADERA el Pantalón Recto.**

AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContornodeCintura 6510	PerímetroMusloIzq 9515
Alturadenalgas 0090	ContornodelaCinturaAlta 6515	PerímetroMusloIzq 9516
Alturadelacadera 0090mk	ContornoCaderaAlta 7510	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaRodilla 0110	ContornoNalgas 7520	ContornoRodillaIzq 9521
AlturadelVentre 0150	ContCaderaenTrocanter 7525	PerímetroPantorrillaIzq 9540
AlturaMaxContVentre 0155	ContCaderaInferior 7530	PerPantorrillaDer 9541
ContFrontalCintura 2030	ContornodelVentre 7540	PerTobillosIzq 9550
LongitudtotaldelTiro 6010	ContornoMáxVentre 7545	PerímetroTobillosDer 9551
TiroDelantero 6011	LongitudExtTobilloIzq 9040	Peso 9800
TiroTrasero 6012	LongitudExtTobilloDer 9041	

**Tabla 34. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el MUSLO del Pantalón Recto.**

ConFrontalCintura 2030	ContornoCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
LongtotaldelTiro 6010	ContornoVentre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	ContornoMáxVentre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornodeCintura 6510	LongitudExtTobilloIzq 9040	PerímetroTobillosIzq 9550
ContornoCinturaAlta 6515	LongitudExtTobilloDer 9041	PerímetroTobillosDer 9551
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9516	

ContCaderaTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520	
--------------------------	-------------------------	--

**Tabla 35. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la PANTORRILLA del Pantalón Recto.**

ContornoCaderaAlta 7510	CosturaInternaIzda 9020	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCaderasNalgas 7520	CosturaInternaDer 9021	ContornoRodillaIzq 9521
ContornoCaderaenTrocanter 7525	CosturaExtIzda 9035	PerímetroPantorrillaIzq 9540
ContornoCaderaInferior 7530	CosturaExtDer 9036	PerímetroPantorrillaDer 9541
ContornoVentre 7540	LongitudExtIzq 9040	PerímetroTobilloIzq 9550
ContornoMáxVentre 7545	LongitudExtDer 9041	PerímetroTobilloDer 9551
LongitudInt 9010	PerMusloIzq 9515	Peso 9800
LongitudInt 9011	PerMusloIzq 9516	

**Tabla 36. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO DELANTERO del Pantalón Recto.**

Estatura 0010	ContornodeCintura 6510	CosturaExtIzda 9036
Altura7CV 0030	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongitudExtzq 9040
AlturaCintura 0080mk	ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtDer 9041
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContornoCaderasNalgas 7520	PeriMusloIzq 9515
Alturanalgas 0090	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	PeriMusloIzq 9516
AlturaCadera 0090mk	ContornodeCaderaInferior 7530	ContRodillaIzq 9520
AlturaEntrepierna 0100	ContornoVentre 7540	ContRodillaIzq 9521
AlturaRodilla 0110	ContornoMáxVentre 7545	PerPantorrillaIzq 9540
AlturadelVentre 0150	LongitudInt 9010	PerPantorrillaDer 9541
AlturaMaxContVentre 0155	LongitudIntDer 9011	PerTobilloIzq 9550
LongitudtotaldelTiro 6010	CosturaInternaIzda 9020	PerTobilloDer 9551
TiroDelantero 6011	CosturaInternaDer 9021	Peso 9800
TiroTrasero 6012	CosturaExtIzda 9035	

**Tabla 37. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste de la PERNERA del Pantalón Recto.**

Estatura 0010	ContornoCaderaAlta 7510	CosturaExtIzda 9036
Altura7CV 0030	ContornoCaderasNalgas 7520	LongitudExtIzq 9040
AlturaCintura 0080 mk	ContornoCaderaenTrocanter 7525	LongitudExtDer 9041
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContornodeCaderaInferior 7530	PerMusloIzq 9515
Alturadenalgas 0090	ContornodelVentre 7540	PerMusloIzq 9516
AlturaCadera 0090mk	ContornoMáxVentre 7545	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaEntrepierna 0100	LongitudIntIzda 9010	ContornoRodillaIzq 9521
AlturaRodilla 0110	LongitudIntDer 9011	PerPantorrillaIzq 9540
AlturaTobillo 0120	CosturaIntIzda 9020	PerPantorrillaDer 9541
AlturadelVentre 0150	CosturaInteDer 9021	Peso 9800
AlturaMaxContVentre 0155	CosturaExtIzda 9035	

**Tabla 38. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO TRASERO del Pantalón Recto.**

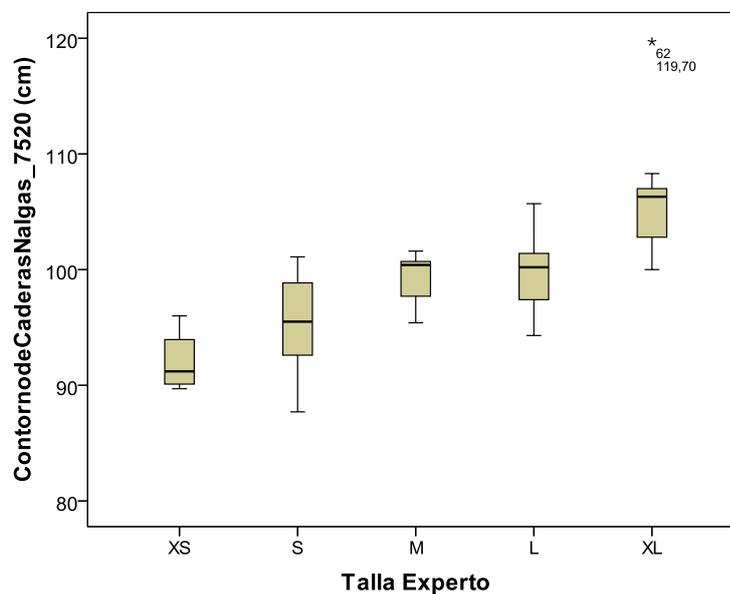
LongtotaldelTiro 6010	ContornoVentre 7540	ContRodillaIzq 9521
TiroDelantero 6011	ContornoMáxVentre 7545	PerPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	LongitudExtIzq 9040	PerPantorrillaDer 9541

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtDer 9041	PerímetroTobillosIzq 9550
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515	PerímetroTobillosDer 9551
ContCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516	Peso 9800
ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9520	

### 5.3.2.3. Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del PANTALÓN ESTRECHO.

Los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla del pantalón estrecho muestran, de nuevo, solapamientos importantes en la relación de la medida antropométrica principal con la talla seleccionada. En este caso, hasta tres usuarias con la misma medida antropométrica principal están clasificadas en tallas diferentes. El *ContornodeCaderasNalgas\_7520* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 104 se muestra este solape ilustrando la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla seleccionada por la experta. En este pantalón se han diseñado 5 tallas, por lo que existen más opciones de ajuste que en el pantalón recto. Las tallas centrales S, M y L son las que más solape muestran, siendo las tallas M y L muy parecidas en términos de ajuste en base a la dimensión del contorno de cadera en las nalgas.



**Figura 104. PANTALÓN ESTRECHO: Diagrama caja-bigotes del ContornoCaderasNalgas\_7520 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.**

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en el pantalón son 45, al igual que en el pantalón recto (Tabla 31).

Como resultado del estudio estadístico preliminar, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste incluye 15 variables en la cintura (Tabla 39), 17 en la cadera (Tabla 40), 17 en el muslo (Tabla 41), 24 en la pantorrilla (Tabla 42), 23 en el tiro delantero (Tabla 43), 29 en la pernera (Tabla 44) y 16 en el tiro trasero (Tabla 45).

**Tabla 39. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del Pantalón Estrecho.**

ContFrontalCintura 2030	ContornodeCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCinturaAlta 6515	ContornoVentre 7540	ContornoRodillaIzq 9521
ContornoCaderAlta 7510	ContornoMáxVentre 7545	PePantorrillaIzq 9540
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515	PeriPantorrillaDer 9541
ContCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloDer 9516	Peso 9800

**Tabla 40. Variables antropométricas para el cálculo del modelo de predicción de ajuste en la CADERA del Pantalón Estrecho.**

LongtotaldelTiro 6010	ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
TiroTrasero 6012	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaDer 9521
ContornoCintura 6510	ContornoVentre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
ContornoCinturaAlta 6515	ContornoMáxVentre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516	

**Tabla 41. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el MUSLO del Pantalón Estrecho.**

ContornoCintura 6510	ContornodelVentre 7540	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCinturaAlta 6515	ContornoMáxVentre 7545	ContornoRodillaIzq 9521
ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtIzq 9040	PerPantorrillaIzq 9540
ContornoNalgas 7520	LongitudExtDer 9041	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderaInferior 7530	PerímetroMusloDer 9516	ContornoRodillaIzq 9520

**Tabla 42. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la PANTORRILLA el Pantalón Estrecho.**

Estatura 0010	TiroTrasero 6012	LongitudExtDer 9041
Altura7CV 0030	ContornoCaderAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
AlturaCintura 0080 mk	ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
Alturadenalgas 0090	ContornoCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
Alturadelacadera 0090mk	ContornoVentre 7540	PerímetroPantorrillaIzq 9540
AlturadelVentre 0150	ContornoMáxVentre 7545	PerímetroPantorrillaDer 9541
AlturaMaxContVentre 0155	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800

**Tabla 43. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO DELANTERO del Pantalón Estrecho.**

Alturadenalgas 0090	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
AlturaCadera 0090mk	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaEntrepierna 0100	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
LongtotaldelTiro 6010	ContornodeCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
TiroDelantero 6011	ContornodelVentre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	ContronomÁxVentre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCintura 6510	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800
ContornoCinturaAlta 6515	LongitudExtDer 9041	

**Tabla 44. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste de la PERNERA del Pantalón Estrecho.**

Estatura 0010	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
Altura7CV 0030	ContornodeNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaCintura 0080mk	ContCaderaTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
Alturadenalgas 0090	ContornoVentre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
AlturaCadera 0090mk	ContronomÁxVentre 7545	PerPantorrillaDer 9541
AlturaEntrepierna 0100	CosturaExtIzda 9035	PerTobilloIzq 9550
AlturaRodilla 0110	CosturaExternaPiernaIzda 9036	PerTobilloDer 9551
AlturadelVentre 0150	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800
AlturaMaxContVentre 0155	LongitudExtDer 9041	

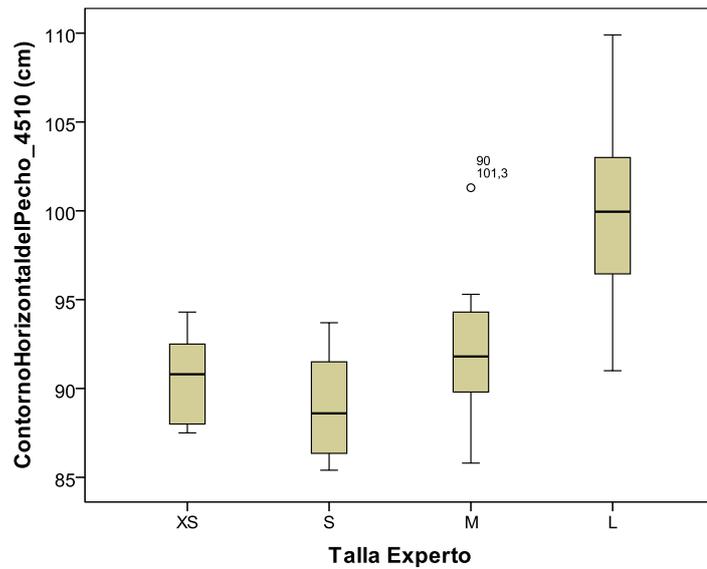
**Tabla 45. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO TRASERO del Pantalón Estrecho.**

TiroTrasero 6012	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
ContornodeCintura 6510	ContornodelVentre 7540	PerímetroPantorrillaIzq 9540
ContornodelaCinturaAlta 6515	ContronomÁxVentre 7545	PerímetroPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516	
ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520	

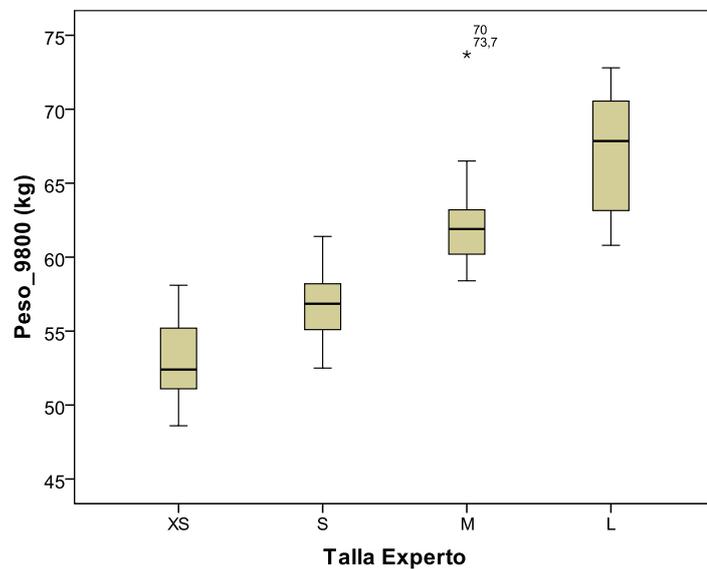
#### 5.3.2.4. Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la CHAQUETA.

En el caso de la chaqueta, los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla muestran solapamientos importantes en la relación de las medidas antropométricas principales con la talla seleccionada. El *Contorno horizontal de Pecho\_4510* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 105 se muestra este solape ilustrando la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla seleccionada por la experta. Para un mismo valor de esta medida, hay usuarias clasificadas en las cuatro tallas disponibles. Por lo tanto, un sistema de clasificación basado únicamente en intervalos de esta medida no podría funcionar adecuadamente. Gráficas similares se obtienen con otras medidas principales como el *Contorno de Busto\_4515* o el *Contorno de Tórax bajo*

*Pecho\_4520*. En el caso de la chaqueta, la media que mejor representa la segmentación por tallas en el *Peso\_9800* (Figura 106).



**Figura 105. CHAQUETA: Diagrama caja-bigotes del ContornoHorizontaldePecho\_4510 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.**



**Figura 106. CHAQUETA: Diagrama caja-bigotes del Peso\_9800 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.**

Mediante criterio de experto, se han seleccionado 75 medidas antropométricas para realizar el estudio exploratorio por zonas de la chaqueta (Tabla 46).

**Tabla 46. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste de la chaqueta.**

Estatura_0010	LongitudespaldaCuelloCintura_5040
Altura7CV_0030	LongitudespaldaCuelloCinturaIzq_5050
DistanciaCuelloCadera_0040	LongitudespaldaCuelloCinturaDer_5051
AlturaCintura_0080_mk	LongitudespaldaLineaAxilasCintura_5060
AlturaCinturaAlta_0085_mk	DistanciaCinturaNalgas_5080
Alturadelacadera_0090mk	ContornodeCintura_6510
AlturaEntrepierna_0100	ContornodelaCinturaAlta_6515
AlturadelVientre_0150	LongitudCinturaNalgasIzq_7010
AlturaMaxcontornoVientre_0155	LongitudCinturaNalgasDer_7011
AlturadelaEscápula_0160	DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq_7020
AlturaPecho_0170	DistanciaCinturaCaderaInferiorDer_7021
AlturaDelanteraCuello_0180	ContornodeCaderasNalgas_7520
DiámetroCuello_1010	ContornodeCaderaenTrocanter_7525
PerímetroCuelloMedio_1510	ContornodeCaderaInferior_7530
PerímetroBaseCuello_1520	ContornodelVientre_7540
DistanciaAxilaCinturaIzq_2010	ContronoMáximodelVientre_7545
DistanciaAxilaCinturaDerecha_2020	Arm length to neck back left_8010
ContornoFrontalCintura_2030	Arm length to neck back right_8011
ContornoDiagonalTorso_2510	LongituddelBrazohastaelCuelloIzdo_8020
AnchuradelHombro7Cv_3010	LongituddelBrazohastaelCuelloDer_8021
AnchuraHombros_3020	LongituddelBrazoAcromionIzq_8030
LongitudHombroDch_3030	LongituddelBrazoAcromionDer_8031
LongitudHombroIzqdo_3031	LongitudBrazoSuperiorIzq_8040
ÁnguloHombroIzquierdo_3910	LongitudBrazoSuperiorDer_8041
ÁnguloHombroDerecho_3911	LongitudAntebrazoIzq_8050
AnchuradelTorso_4010	LongitudAntebrazoDer_8051
ContornoFrontalentreaxilas_4020	ContornodelBrazoSuperiorIzdo_8520
DistanciaentrePechos_4030	ContornodelBrazoSuperiorDer_8521
DistanciaFrontalCuelloCinturaIzq_4040	PerímetroCodoIzdo_8530
DistanciafrontalCuelloCinturacentrado_4050	PerímetroCodoIzdo_8531
LongitudfrontalCuelloCinturacentrado_4060	PerímetrodelAntebrazoIzdo_8540
ContornoalredordelCuelloentrePechos_4070	PerímetrodelAntebrazoDer_8541
DistanciaPechoCuelloizdo_4080	PerímetrodelMuñecaIzq8550
DistanciaPechoCuellodcho_4081	PerímetrodelMuñecaDer8551
ContornoHorizontaldelPecho_4510	AnchuradelBrazoSuperiorIzdo_8910
ContornoTóraxbajoPecho_4520	AnchuradelBrazoSuperiorDcho_8911
AnchuradelaEspalda_5020	Peso_9800
DistanciaTraseraCuelloAxilas_5030	

Como resultado del estudio estadístico preliminar, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste es de 29 medidas en el pecho (Tabla 47),

25 en la cintura (Tabla 48), 20 en los hombros (Tabla 49), 23 en la espalda (Tabla 50), 19 en la sisa (Tabla 51), 24 en el contorno de manga (Tabla 52), 34 en el largo de la chaqueta (Tabla 53) y 38 en el largo de la manga (Tabla 54).

**Tabla 47. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el PECHO de la Chaqueta.**

PerímetroCuelloMedio 1510	AnchuraEspalda 5020	PerímetroCodoIzdo 8530
PerímetroBaseCuello 1520	ContornodeCintura 6510	PerímetroCodoIzdo 8531
ContFrontalCintura 2030	ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroAntebrazoIzdo 8540
ContDiagonalTorso 2510	ContornodeNalgas 7520	PerímetroAntebrazoDer 8541
ContFrontalentreaxilas 4020	ContCaderaTrocanter 7525	PerímetroMuñecalzq8550
DistanciaentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	PerímetroMuñecaDer8551
DistPechoCuelloizdo 4080	ContornodelVientre 7540	AnchBrazoSupIzdo 8910
DistPechoCuellodcho 4081	ContronomáxVientre 7545	AncBrazoSupDcho 8911
ContHorizontalPecho 4510	ContBrazoSuperiorIzdo 8520	Peso 9800
ContÓraxbajoPecho 4520	ContBrazoSuperiorDer 8521	

**Tabla 48. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA de la Chaqueta.**

ContFrontalCintura 2030	ContornoNalgas 7520	PerAntebrazoIzdo 8540
ContDiagonalTorso 2510	ContCaderaTrocanter 7525	PerAntebrazoDer 8541
AnchuradelTorso 4010	ContCaderaInferior 7530	PerimetrMuñecalzq8550
ContFrontalentreaxilas 4020	ContornoVientre 7540	PerímetroMuñecaDer8551
DistentrePechos 4030	ContronomáxVientre 7545	AnchBrazoSupIzdo 8910
ContHorizontaldelPecho 4510	ContBrazoSupIzdo 8520	AnchBrazoSupDcho 8911
ContÓraxbajoPecho 4520	ContBrazoSupDer 8521	Peso 9800
ContornoCintura 6510	PerímetroCodoIzdo 8530	PerímetroAntebrazoIzdo 8540
ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroCodoIzdo 8531	PerímetroAntebrazoDer 8541

**Tabla 49. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en los HOMBROS de la Chaqueta.**

Estatura 0010	ContornoCinturaAlta 6515	ContornodelBrazoSupDer 8521
ÁnguloHombroIzq 3910	ContornoNalgas 7520	PerCodoIzdo 8530
ÁnguloHombroDer 3911	ContCaderaTrocanter 7525	PeCodoIzdo 8531
DistentrePechos 4030	ContornoCaderaInferior 7530	PerímetroMuñecaIzq8550
ContHorizontalPecho 4510	ContornodelVientre 7540	PerímetroMuñecaDer8551
AnchuraEspalda 5020	ContronomáxVientre 7545	Peso 9800
ContornoCintura 6510	ContornoBrazoSupIzdo 8520	

**Tabla 50. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la ESPALDA de la Chaqueta.**

ContDiagonalTorso 2510	AnchuraEspalda 5020	ContBrazoSupIzdo 8520
LongHombroDch 3030	ContornodeCintura 6510	ContBrazoSupDer 8521
LongHombroIzqdo 3031	ContornoCinturaAlta 6515	PerCodoIzdo 8530
ÁnguloHombroIzq 3910	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerCodoIzdo 8531
ÁnguloHombroDe 3911	ContCaderaTrocanter 7525	AnchBrazoSupIzdo 8910
DistentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	AnchBrazoSuDcho 8911

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

ContHorizontalPecho 4510	ContornoVentre 7540	Peso 9800
ContTóraxbajoPecho 4520	ContronomáxVentre 7545	

**Tabla 51. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la SISA de la Chaqueta.**

PerímetroCuelloMedio 1510	ContornoCintura 6510	ContBrazoSuperiorIzdo 8520
ConFrontalCintura 2030	ContornoCinturaAlta 6515	ContBrazoSuperiorDer 8521
ContornoDiagonalTorso 2510	ContCaderasNalgas 7520	AnchBrazoSupIzdo 8910
AnchuradelTorso 4010	ContCaderaTrocanter 7525	AnchBrazoSupDcho 8911
DistanciaentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	Peso 9800
ContHorizontalPecho 4510	ContornoVentre 7540	
ContTóraxbajoPecho 4520	ContronomáxVentre 7545	

**Tabla 52. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el CONTORNO DE MANGA de la Chaqueta.**

ContDiagonalTorso 2510	ContornoNalgas 7520	PerímetroCodoIzdo 8531
AnchuraTorso 4010	ContornoCaderaTrocanter 7525	PerAntebrazoIzdo 8540
ContFrontalentreaxilas 4020	ContornodeCaderaInferior 7530	PeAntebrazoDer 8541
DistentrePechos 4030	ContornodelVentre 7540	PerímetroMuñecaIzq8550
ContHorizontalPecho 4510	ContronomáximodelVentre 7545	PerímetroMuñecaDer8551
ContTóraxbajoPecho 4520	ContBrazoSuperiorIzdo 8520	AnchBrazoSupIzdo 8910
ContornoCintura 6510	ContBrazoSuperiorDer 8521	AnchBrazoSupDcho 8911
ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroCodoIzdo 8530	Peso 9800

**Tabla 53. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del LARGO DE LA CHAQUETA.**

Estatura 0010	DistanciaentrePechos 4030	LongBrazo7CVDer 8011
Altura7CV 0030	ContCuelloentrePechos 4070	LongBrazoCuelloIzdo 8020
AlturaCintura 0080 mk	DistPechoCuelloizdo 4080	LongBrazoCuelloDer 8021
AlturaCinturaAlta 008mk	DistPechoCuellodcho 4081	LongBrazoAcromIzq 8030
AlturaCadera 0090mk	ConHorizontatPecho 4510	LongBrazoAcromDer 8031
AlturaEntrepierna 0100	ContornodeCintura 6510	LongBrazoSupIzq 8040
AlturadelVentre 0150	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongBrazoSupDer 8041
AlturaMaxContVentre 0155	ContCaderasNalgas 7520	LongAntebrazoIzq 8050
AlturaEscápula 0160	ContCaderaenTrocanter 7525	LongAntebrazoDer 8051
AlturaPecho 0170	ContornoVentre 7540	Peso 9800
AlturaDelantCuello 0180	ContronomáxVentre 7545	
ContDiagonalTorso 2510	LongBrazo7CVIzq 8010	

**Tabla 54. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del largo de manga.**

Estatura 0010	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongBrazoSupDer 8041
Altura7CV 0030	ContoNalgas 7520	LongAntebrazoIzq 8050
AlturaCintura 0080 mk	ContCaderaenTrocanter 7525	LongAntebrazoDer 8051
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContCaderaInferior 7530	ContBrazoSuperiorIzdo 8520
AlturaCadera 0090mk	ContornodelVentre 7540	ContBrazoSuperiorDer 8521
AlturaEntrepierna 0100	ContronomáxVentre 7545	PerímetroCodoIzdo 8530

AlturadelVentre 0150	LongBrazo7CVIzq 8010	PerímetroCodoIzdo 8531
AltMaxContVentre 0155	LongBrazo7CVDer 8011	PerAntebrazoIzdo 8540
AlturaEscápula 0160	LongBrazoCuelloIzdo 8020	PerAntebrazoDer 8541
AlturaPecho 0170	LongBrazoCuelloDer 8021	AnchBrazoSupIzdo 8910
AlturaDelCuello 0180	LongBrazoAcromIzq 8030	AnchBrazoSupDcho 8911
ContDiagonalTorso 2510	LongiBrazoAcromDer 8031	Peso 9800
ContornodeCintura 6510	LongBrazoSupIzq 8040	

### 5.3.3 Cálculo de los modelos de predicción del ajuste por zonas.

#### 5.3.3.1 Predicción del ajuste por zonas. Experta versus usuaria.

Tras los resultados del estudio piloto, el cálculo de los modelos de predicción se realizó con las tres variables de valoración del ajuste: valoración de la experta (Le sienta...), valoración de la usuaria (Me sienta...) y preferencia de la usuaria (Prefiero...) utilizando la siguiente codificación de variables:

Valoración del ajuste (Le sienta.../Me sienta.../Prefiero...)		
<i>Estrecho/Corto</i>	<i>Bien</i>	<i>Holgado/Largo</i>
-1	0	1

El ajuste de los modelos de regresión logística multinomial se realizó de acuerdo al procedimiento descrito en material y métodos (apartado 4.7.2.3). Estos modelos de predicción se han calculado para todas las zonas de ajuste en las cuatro prendas utilizando la misma base de entrenamiento.

Prácticamente en todos los casos, la valoración de la experta ha mostrado mayor consistencia y los modelos de predicción obtenidos proporcionan mayor porcentaje de aciertos y mejor  $R^2$  (Tabla 55 - Tabla 58).

**Tabla 55. Porcentaje de acierto y fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas de la falda para las valoraciones de la experta, la usuaria y la preferencia.**

	FALDA					
	Experta		Usuaria		Preferencia	
	Acierto	$R^2$ Nagelkerke	Acierto	$R^2$ Nagelkerke	Acierto	$R^2$ Nagelkerke
<b>Cintura</b>	80%	0,765	76,5%	0,674	73,0%	0,647
<b>Cadera</b>	85%	0,654	78,3%	0,483	74,8%	0,455
<b>Longitud</b>	78%	0,618	71,2%	0,420	58,5%	0,345

**Tabla 56. Porcentaje de acierto y fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón recto para las valoraciones de la experta, la usuaria y la preferencia.**

	PANTALON RECTO					
	Experta		Usuaria		Preferencia	
	Acierto	$R^2$ Nagelkerke	Acierto	$R^2$ Nagelkerke	Acierto	$R^2$ Nagelkerke
<b>Cintura</b>	91,7%	0,899	89,0%	0,852	89,0%	0,851

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

<b>Cadera</b>	82,6%	0,874	78,0%	0,804	80,7%	0,787
<b>Muslo</b>	82,6%	0,826	75,2%	0,697	68,8%	0,649
<b>Pantorrilla</b>	80,7%	0,723	80,7%	0,723	68,8%	0,550
<b>Tiro Del.</b>	82,5%	0,758	73,4%	0,551	74,3%	0,298
<b>Pernera</b>	78,0%	0,712	66,1%	0,413	59,6%	0,356
<b>Tiro Tras.</b>	75,2%	0,676	75,2%	0,462	72,5%	0,478

**Tabla 57. Porcentaje de acierto y fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón estrecho para las valoraciones de la experta, usuaria y la preferencia.**

	<b>PANTALON ESTRECHO</b>					
	<b>Experta</b>		<b>Usuaria</b>		<b>Preferencia</b>	
	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>
<b>Cintura</b>	84,2%	0,817	<b>85,8%</b>	0,811	85,0%	0,723
<b>Cadera</b>	73,3%	0,628	70,8%	0,599	61,7%	0,492
<b>Muslo</b>	71,8%	0,650	<b>76,7%</b>	0,668	73,3%	0,651
<b>Pantorrilla</b>	80,0%	0,810	70,8%	0,606	60,2%	0,547
<b>Tiro Del.</b>	80,8%	0,527	65,8%	0,248	65,0%	0,235
<b>Pernera</b>	82,6%	0,815	65,8%	0,496	59,2%	0,385
<b>Tiro Tras.</b>	75,0%	0,496	70,0%	0,280	66,7%	0,242

**Tabla 58. Porcentaje de acierto y fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas de la chaqueta para las valoraciones de la experta, la usuaria y la preferencia.**

	<b>CHAQUETA</b>					
	<b>Experta</b>		<b>Usuaria</b>		<b>Preferencia</b>	
	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>
<b>Pecho</b>	81,8%	0,822	73,6%	0,627	66,8%	0,527
<b>Cintura</b>	79,8%	0,784	<b>81,8%</b>	0,652	78,5%	0,609
<b>Hombros</b>	72,5%	0,632	<b>77,7%</b>	0,578	76,9%	0,521
<b>Espalda</b>	71,2%	0,669	57,0%	0,476	62,0%	0,551
<b>Sisa</b>	71,9%	0,702	73,6%	0,624	<b>76,0%</b>	0,621
<b>Cont. Manga</b>	83,5%	0,857	81,0%	0,725	83,5%	0,709
<b>Largo total</b>	79,3%	0,624	79,3%	0,642	76,0%	0,526
<b>Long. Manga</b>	76,5%	0,721	<b>78,3%</b>	0,650	68,7%	0,597

A partir de estos resultados, se optó por utilizar los modelos de predicción del ajuste obtenidos a partir de las valoraciones de la EXPERTA para calcular la predicción de talla. A continuación, se reportan los modelos de predicción del ajuste por zonas obtenidos para cada prenda y zona, siguiendo el esquema de entrenamiento de las ecuaciones de regresión logística multinomial de la Figura 107.

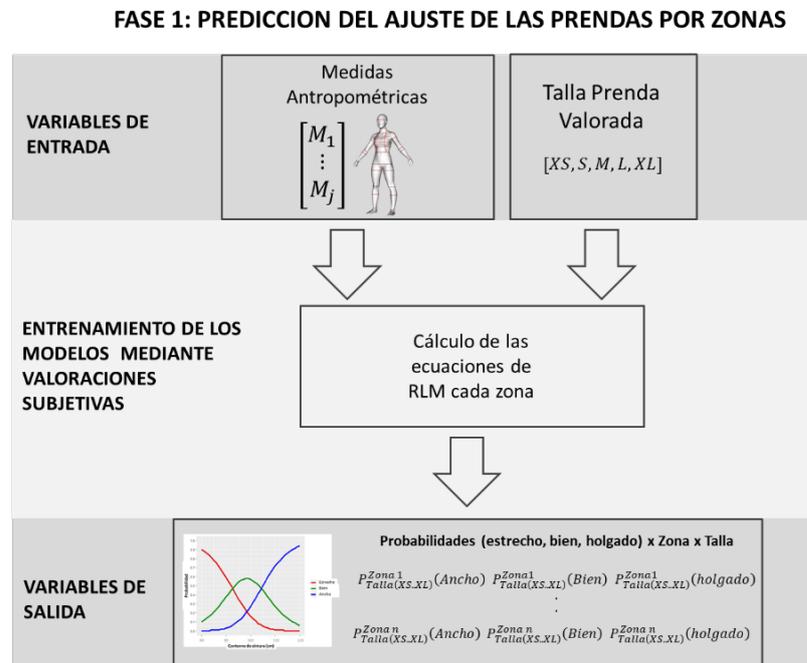


Figura 107. Entrenamiento de los modelos de RLM para predecir el ajuste por zonas.

Para introducir las dimensiones de la prenda en el modelo se optó por utilizar la talla de cada prueba y valoración (variable *Talla Valorar*), puesto que las dimensiones de la prenda solo varían por talla. Por lo tanto, la variable Talla Valora se introduce en el modelo como factor fijo de entrada forzada.

La base de datos de valoraciones de ajuste obtenida para cada prenda en la fase experimental y utilizada para entrenar los modelos de predicción, tiene un tamaño de muestra entre 84 y 121 valoraciones, según el tipo de prenda (Tabla 59).

Tabla 59. Tamaño de la base de datos de valoraciones por prenda.

Falda	Pantalón recto	Pantalón estrecho	Chaqueta
118	109	84	121

### 5.3.3.1 Predicción del ajuste por zonas de la falda.

#### Modelo predicción ajuste de la CINTURA.

Para el cálculo del modelo de regresión multinomial, se utilizaron como variables independientes las 15 medidas antropométricas obtenidas en el estudio exploratorio previo, resumidas en la Tabla 29, que se introdujeron como covariables en el modelo de regresión con efectos principales. La variable dependiente es *I. Cintura*

- *Le sienta... (EXPERTO)*. La variable *Talla Valorar* se introdujo como factor forzado en el modelo.

Los coeficientes obtenidos en el cálculo del modelo se muestran en la Tabla 60.

**Tabla 60. Modelo de predicción del ajuste de la Cintura en la falda.**

1. Cintura_Le_sienta_3		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-86,292	23,815	13,130	,000
	[Talla_valorar=XS]	8,267	2,782	8,829	,003
	[Talla_valorar=S]	6,669	2,420	7,592	,006
	[Talla_valorar=M]	1,333	1,616	,680	,410
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	ContornodelaCinturaAlta_6515	,585	,221	7,002	,008
	Alturadelacadera_0090mk	,490	,172	8,163	,004
Contron MáximodelVentre_7545	-,026	,150	,029	,864	
<b>Holgada</b>	Intersección	67,455	15,393	19,204	,000
	[Talla_valorar=XS]	-10,286	2,410	18,215	,000
	[Talla_valorar=S]	-7,397	2,046	13,071	,000
	[Talla_valorar=M]	-4,770	1,639	8,474	,004
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	ContornodelaCinturaAlta_6515	-,205	,121	2,838	,092
	Alturadelacadera_0090mk	-,210	,097	4,741	,029
Contron MáximodelVentre_7545	-,345	,109	10,110	,001	

El coeficiente de Nagelkerke para valorar la bondad del modelo es 0,719. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 78,0% (Tabla 61).

**Tabla 61. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la Cintura de la falda.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	15	5	1	71,4%
Bien	4	23	8	65,7%
Holgada	0	8	54	87,1%
<b>Porcentaje global</b>	<b>16,1%</b>	<b>30,5%</b>	<b>53,4%</b>	<b>78,0%</b>

Las ecuaciones de predicción del ajuste de cintura en la falda son:

$$Z_{CINT\_EST}(XS) = -86,29 + 8,27 + 0,585 * ContCintAlt_{6515} + 0,49 * AltCad_{0090mk} - 0,026 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.17}$$

$$Z_{CINT\_HOL}(XS) = 67,46 - 10,29 - 0,205 * ContCintAlt_{6515} - 0,21 * AltCad_{0090mk} - 0,345 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.18}$$

$$Z_{CINT\ EST}(S) = -86,29 + 6,67 + 0,585 * ContCintAlt_{6515} + 0,49 * AltCad_{0090mk} - 0,026 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.19}$$

$$Z_{CINT\ HOL}(S) = 67,46 - 7,40 - 0,205 * ContCintAlt_{6515} - 0,21 * AltCad_{0090mk} - 0,345 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.20}$$

$$Z_{CINT\ EST}(M) = -86,29 + 6,67 + 0,585 * ContCintAlt_{6515} + 0,49 * AltCad_{0090mk} - 0,026 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.21}$$

$$Z_{CINT\ HOL}(M) = 67,46 - 4,77 - 0,205 * ContCintAlt_{6515} - 0,21 * AltCad_{0090mk} - 0,345 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.22}$$

$$Z_{CINT\ EST}(L) = -86,29 + 0,585 * ContCintAlt_{6515} + 0,49 * AltCad_{0090mk} - 0,026 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.23}$$

$$Z_{CINT\ HOL}(L) = 67,46 - 0,205 * ContCintAlt_{6515} - 0,21 * AltCad_{0090mk} - 0,345 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.24}$$

### Modelo predicción ajuste de la CADERA.

Se consideraron como variables independientes 13 medidas antropométricas (Tabla 30). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 62.

Tabla 62. Modelo de predicción del ajuste de la Cadera en la falda.

2. Cadera_Le_Sienta_3		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-29,946	7,898	14,377	,000
	[Talla_valorar=XS]	4,370	1,522	8,245	,004
	[Talla_valorar=S]	3,136	1,365	5,278	,022
	[Talla_valorar=M]	1,182	1,280	,853	,356
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	ContronomáximodelVientre_7545	,176	,096	3,382	,066
	Peso_9800	,165	,086	3,714	,054
<b>Holgada</b>	Intersección	71,199	22,142	10,339	,001
	[Talla_valorar=XS]	-15,727	5,792	7,373	,007
	[Talla_valorar=S]	-8,555	2,893	8,746	,003
	[Talla_valorar=M]	-4,020	1,877	4,588	,032
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	ContronomáximodelVientre_7545	-,314	,180	3,021	,082
	Peso_9800	-,721	,254	8,071	,004

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,620. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 79,7% (Tabla 63).

Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario

**Tabla 63. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la Cadera de la falda.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	6	12	0	33,3%
Bien	2	79	4	92,9%
Holgada	0	6	9	60,0%
<b>Porcentaje global</b>	6,8%	82,2%	11,0%	<b>79,7%</b>

Las ecuaciones de predicción del ajuste de cadera en la falda son:

$$Z_{CAD\ EST}(XS) = -29,95 + 4,37 + 0,165 * Peso_{9800} + 0,176 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.25}$$

$$Z_{CAD\ HOL}(XS) = 71,20 - 15,73 - 0,721 * Peso_{9800} - 0,314 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.26}$$

$$Z_{CAD\ EST}(S) = -29,95 + 3,14 + 0,165 * Peso_{9800} + 0,176 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.27}$$

$$Z_{CAD\ HOL}(S) = 71,20 - 8,56 - 0,721 * Peso_{9800} - 0,314 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.28}$$

$$Z_{CAD\ EST}(M) = -29,95 + 1,18 + 0,165 * Peso_{9800} + 0,176 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.29}$$

$$Z_{CAD\ HOL}(M) = 71,20 - 4,02 - 0,721 * Peso_{9800} - 0,314 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.30}$$

$$Z_{CAD\ EST}(L) = -29,95 + 0,165 * Peso_{9800} + 0,176 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.31}$$

$$Z_{CAD\ HOL}(L) = 71,20 - 0,721 * Peso_{9800} - 0,314 * ContMáxVient_{7545} \quad \text{Ec. 5.32}$$

### Modelo predicción ajuste del ajuste en LARGO de la FALDA.

Se consideraron como variables independientes 37 medidas antropométricas (Tabla 28). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 64.

**Tabla 64. Modelo de predicción del ajuste en el Largo de la falda.**

3. Longitud_Le_Sienta_3		B	Error típ.	Wald	Sig.
Corta	Intersección	-43,877	10,941	16,082	,000
	[Talla_valorar=XS]	1,985	1,026	3,745	,053

	[Talla_valorar=S]	1,681	,962	3,054	,081
	[Talla_valorar=M]	,793	,928	,731	,393
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	AlturaRodilla_0110	-4,737	2,336	4,113	,043
	Alturadenalgas_0090	2,865	1,237	5,366	,021
	ContornoRodillaIzq_9520	-,370	,163	5,175	,023
	PerimetroMusloIzq_9516	,493	,121	16,554	,000
<b>Larga</b>	Intersección	79,842	36,136	4,882	,027
	[Talla_valorar=XS]	13,125	2,476	28,089	,000
	[Talla_valorar=S]	14,056	2,199	40,851	,000
	[Talla_valorar=M]	16,749	,000	.	.
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	AlturaRodilla_0110	-9,334	5,743	2,642	,104
	Alturadenalgas_0090	4,436	2,945	2,269	,132
	ContornoRodillaIzq_9520	-,619	,673	,848	,357
	PerimetroMusloIzq_9516	-,607	,467	1,688	,194

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,618. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 78,0% (Tabla 65).

**Tabla 65. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste del Largo de la falda.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corta	Bien	Larga	
Corta	31	14	0	68,9%
Bien	10	56	0	84,8%
Larga	0	2	5	71,4%
<b>Porcentaje global</b>	<b>34,7%</b>	<b>61,0%</b>	<b>4,2%</b>	<b>78,0%</b>

Las ecuaciones de predicción del ajuste del largo de la falda son:

$$Z_{LONG\ CORT}(XS) = -43,88 + 1,99 + 0,493 * PerMusloIq_{9516} + 2,865 * AlturaNalgas_{0090} - 0,370 * ContRodillaIq_{9520} - 4,737 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.33}$$

$$Z_{LONG\ LARGA}(XS) = 79,84 + 13,12 - 0,607 * PerMusloIq_{9516} + 4,436 * AlturaNalgas_{0090} - 0,619 * ContRodillaIq_{9520} - 9,334 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.34}$$

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

$$Z_{LONG\ CORT} (S) = -43,88 + 1,68 + 0,493 * PerMusloIq_{9516} + 2,865 * AlturaNalgas_{0090} - 0,370 * ContRodillaIq_{9520} - 4,737 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.35}$$

$$Z_{LONG\ LARGA} (S) = 79,84 + 14,06 - 0,607 * PerMusloIq_{9516} + 4,436 * AlturaNalgas_{0090} - 0,619 * ContRodillaIq_{9520} - 9,334 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.36}$$

$$Z_{LONG\ CORT} (M) = -43,88 + 0,79 + 0,493 * PerMusloIq_{9516} + 2,865 * AlturaNalgas_{0090} - 0,370 * ContRodillaIq_{9520} - 4,737 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.37}$$

$$Z_{LONG\ LARGA} (M) = 79,84 + 16,75 - 0,607 * PerMusloIq_{9516} + 4,436 * AlturaNalgas_{0090} - 0,619 * ContRodillaIq_{9520} - 9,334 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.38}$$

$$Z_{LONG\ CORT} (L) = -43,88 + 0,493 * PerMusloIq_{9516} + 2,865 * AlturaNalgas_{0090} - 0,370 * ContRodillaIq_{9520} - 4,737 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.39}$$

$$Z_{LONG\ LARGA} (L) = 79,84 - 0,607 * PerMusloIq_{9516} + 4,436 * AlturaNalgas_{0090} - 0,619 * ContRodillaIq_{9520} - 9,334 * AlturaRodilla_{0110} \quad \text{Ec. 5.40}$$

### 5.3.3.2 Predicción del ajuste por zonas del pantalón recto.

#### Modelo predicción ajuste de la CINTURA.

Se consideraron como variables independientes 35 medidas antropométricas (Tabla 32). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 66.

**Tabla 66. Modelo de predicción del ajuste de la Cintura en el pantalón recto.**

1.Cintura - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-75,384	27,413	7,562	,006
	[Talla_Valorar=XS]	16,424	5,941	7,644	,006
	[Talla_Valorar=S]	10,584	4,037	6,872	,009
	[Talla_Valorar=M]	6,843	2,783	6,046	,014
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	ContornoCaderaAlta_7510	,836	,613	1,861	,173
	Peso_9800	,630	,234	7,236	,007
<b>Holgada</b>	ContornodelVientre_7540	-,556	,558	,992	,319
	Intersección	307,899	132,845	5,372	,020
	[Talla_Valorar=XS]	-55,739	24,857	5,028	,025
	[Talla_Valorar=S]	-38,596	16,358	5,567	,018

[Talla_Valorar=M]	-16,442	7,904	4,328	,037
[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
ContornoCaderaAlta_7510	-6,133	3,254	3,552	,059
Peso_9800	-1,034	,646	2,562	,109
ContornodelVentre_7540	3,722	2,438	2,331	,127

El coeficiente de Nagelkerke para valorar la bondad del modelo es 0,899. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 91,7% (Tabla 67).

La variable ContornodelVentre\_7540 muestra para la predicción de ajuste holgado una  $p > 0,127$ . Sin embargo, el porcentaje de acierto en la tabla de clasificación es mayor si se incluye esta variable en el modelo. Siguiendo la recomendación de Shalizi (2015) se decide inicialmente incluirla en el modelo. En la fase de validación se valorará el porcentaje de acierto final y si se incluye finalmente en el modelo.

**Tabla 67. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	10	4	0	71,4%
Bien	2	24	2	85,7%
Holgada	0	1	66	98,5%
<b>Porcentaje global</b>	<b>11,0%</b>	<b>26,6%</b>	<b>62,4%</b>	<b>91,7%</b>

### Modelo predicción ajuste de la CADERA.

Se consideraron como variables independientes 29 medidas antropométricas (Tabla 33). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 68.

**Tabla 68. Modelo de predicción del ajuste de la Cadera en el pantalón recto.**

2. Cadera - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-261,992	81,101	10,436	,001
	[Talla_Valorar=XS]	35,641	10,870	10,751	,001
	[Talla_Valorar=S]	26,055	7,975	10,673	,001
	[Talla_Valorar=M]	17,702	5,621	9,916	,002
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	ContornodeCaderaAlta_7510	,382	,209	3,319	,068
	ContornodeCaderasNalgas_7520	1,161	,424	7,495	,006
	PerímetroMusloDer_9516	1,055	,447	5,582	,018
	TiroTrasero_6012	,881	,475	3,439	,064
<b>Holgada</b>	Intersección	112,600	31,689	12,626	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-12,745	3,714	11,774	,001

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

[Talla_Valorar=S]	-9,001	2,768	10,571	,001
[Talla_Valorar=M]	-5,714	1,634	12,227	,000
[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
ContornodeCaderaAlta_7510	-,203	,134	2,287	,130
ContornodeCaderasNalgas_7520	-,457	,221	4,278	,039
PerímetroMusloDer_9516	-,513	,288	3,176	,075
TiroTrasero_6012	-,457	,263	3,014	,083

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,874. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 82,6% (Tabla 69).

**Tabla 69. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la CADERA del pantalón recto del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	49	3	0	94,2%
Bien	3	20	7	66,7%
Holgada	0	6	21	77,8%
<b>Porcentaje global</b>	<b>44,7%</b>	<b>26,6%</b>	<b>25,7%</b>	<b>82,6%</b>

### Modelo predicción ajuste del MUSLO.

Se consideraron como variables independientes 22 medidas antropométricas (Tabla 34). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 70.

**Tabla 70. Modelo de predicción del ajuste en la zona del Muslo del pantalón recto.**

3. Anchura muslo - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
Estrecho	Intersección	-107,297	25,132	18,227	,000
	[Talla_Valorar=XS]	15,840	3,867	16,779	,000
	[Talla_Valorar=S]	10,624	2,556	17,276	,000
	[Talla_Valorar=M]	6,596	1,952	11,415	,001
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	ContornodeCaderasNalgas_7520	,554	,195	8,088	,004
	PerímetroMusloDer_9516	,785	,266	8,691	,003
Holgado	Intersección	95,102	25,160	14,288	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-14,636	4,013	13,300	,000
	[Talla_Valorar=S]	-8,925	2,516	12,583	,000
	[Talla_Valorar=M]	-6,727	1,671	16,209	,000
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	ContornodeCaderasNalgas_7520	-,398	,203	3,844	,050
	PerímetroMusloDer_9516	-,933	,347	7,223	,007

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,826. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 82,6% (Tabla 95).

**Tabla 71. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste del Muslo del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	43	5	0	89,6%
Bien	6	25	4	71,4%
Holgado	0	4	22	84,6%
<b>Porcentaje global</b>	<b>45,0%</b>	<b>31,2%</b>	<b>23,9%</b>	<b>82,6%</b>

#### Modelo predicción ajuste de la PANTORRILLA.

Se consideraron como variables independientes 23 medidas antropométricas (Tabla 35). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 72.

**Tabla 72- Modelo de predicción del ajuste en la zona de la Pantorrilla del pantalón recto.**

4. Anchura pantorrilla - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error tip.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-40,211	17,678	5,174	,023
	[Talla_Valorar=XS]	2,497	2,488	1,007	,316
	[Talla_Valorar=S]	1,906	1,902	1,004	,316
	[Talla_Valorar=M]	-,198	1,581	,016	,901
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	,055	,257	,046	,831
	ContornodeCaderaAlta_7510	,019	,130	,022	,882
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	,829	,307	7,303	,007
<b>Holgada</b>	Intersección	76,942	17,171	20,078	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-12,255	2,502	23,991	,000
	[Talla_Valorar=S]	-9,499	2,071	21,029	,000
	[Talla_Valorar=M]	-6,545	1,479	19,585	,000
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	-,696	,233	8,917	,003
	ContornodeCaderaAlta_7510	-,256	,095	7,263	,007
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	-,296	,266	1,239	,266

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,723. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 80,7% (Tabla 73).

**Tabla 73. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la Pantorrilla del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	2	6	0	25,0%
Bien	1	56	7	87,5%
Holgada	1	6	30	81,1%
<b>Porcentaje global</b>	<b>3,7%</b>	<b>62,4%</b>	<b>33,9%</b>	<b>80,7%</b>

### Modelo predicción ajuste del TIRO DELANTERO.

Se consideraron como variables independientes 38 medidas antropométricas (Tabla 36). Los coeficientes obtenidos del ajuste del modelo se muestran en la Tabla 74.

**Tabla 74. Modelo de predicción del ajuste del Tiro Delantero del pantalón recto.**

5. Tiro delantero - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
Corto	Intersección	-182,743	80,895	5,103	,024
	[Talla_valorar=XS]	18,609	8,493	4,801	,028
	[Talla_valorar=S]	13,056	6,439	4,111	,043
	[Talla_valorar=M]	8,800	4,122	4,558	,033
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	1,156	,608	3,618	,057
	Estatura_0010	,162	,268	,366	,545
	Alturadenalgas_0090	,125	,355	,125	,724
ContornodeCaderasNalgas_7520	,640	,465	1,893	,169	
Largo	Intersección	113,979	25,880	19,397	,000
	[Talla_valorar=XS]	-8,576	1,846	21,591	,000
	[Talla_valorar=S]	-6,860	1,544	19,743	,000
	[Talla_valorar=M]	-2,088	,878	5,653	,017
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	-,658	,216	9,265	,002
	Estatura_0010	-,581	,189	9,470	,002
	Alturadenalgas_0090	,500	,214	5,444	,020
ContornodeCaderasNalgas_7520	-,209	,127	2,697	,101	

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,758. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 82,6% (Tabla 75).

La variable ContornodeCaderasNalgas\_7520 muestra para la predicción de ajuste holgado una  $p > 0,101$ . Sin embargo, el porcentaje de acierto en la tabla de clasificación es mayor si se incluye esta variable en el modelo. Siguiendo la recomendación de Shalizi (2015) se decide inicialmente incluirla en el modelo. En

la fase de validación se valorará el porcentaje de acierto final y la decisión de considerarla o no en el modelo definitivo.

**Tabla 75. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste del Tiro Delantero del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corto	Bien	Largo	
Corto	6	2	0	75,0%
Bien	1	46	8	83,6%
Largo	0	8	38	82,6%
<b>Porcentaje global</b>	6,4%	51,4%	42,2%	<b>82,6%</b>

### Modelo predicción ajuste de la PERNERA.

Se consideraron como variables independientes 32 medidas antropométricas (Tabla 37). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 76.

**Tabla 76. Modelo de predicción del ajuste del largo de Pernerera del pantalón recto.**

6. Longitud pernera - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corto</b>	Intersección	-42,586	14,156	9,049	,003
	[Talla_Valorar=XS]	,518	1,458	,126	,722
	[Talla_Valorar=S]	1,464	,923	2,519	,112
	[Talla_Valorar=M]	,973	,765	1,616	,204
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	Alturadenalgas_0090	,331	,141	5,501	,019
<b>Largo</b>	ContornodeCaderasNalgas_7520	,134	,076	3,110	,078
	Intersección	118,613	30,724	14,904	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-5,484	2,045	7,190	,007
	[Talla_Valorar=S]	-3,406	1,475	5,332	,021
	[Talla_Valorar=M]	-3,598	1,413	6,484	,011
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
Alturadenalgas_0090	-1,072	,248	18,666	,000	
ContornodeCaderasNalgas_7520	-,307	,134	5,224	,022	

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,712. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 78,0% (Tabla 77).

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

**Tabla 77. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en largo de la Perna del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corta	Bien	Larga	
Corta	10	12	2	41,7%
Bien	4	44	1	89,8%
Larga	0	5	31	86,1%
<b>Porcentaje global</b>	12,8%	56,0%	31,2%	<b>78,0%</b>

### Modelo predicción ajuste del TIRO TRASERO.

Se consideraron como variables independientes 20 medidas antropométricas (Tabla 38). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 78.

**Tabla 78. Modelo de predicción del ajuste del Tiro Trasero del pantalón recto.**

7. Tiro trasero - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corto</b>	Intersección	-88,436	23,921	13,667	,000
	[Talla_Valorar=XS]	9,416	3,124	9,085	,003
	[Talla_Valorar=S]	6,544	2,430	7,251	,007
	[Talla_Valorar=M]	4,159	1,966	4,474	,034
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	TiroTrasero_6012	,686	,280	5,992	,014
<b>Largo</b>	PerímetroMusloDer_9516	,931	,290	10,288	,001
	Intersección	48,477	11,704	17,157	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-6,486	1,599	16,446	,000
	[Talla_Valorar=S]	-5,822	1,344	18,773	,000
	[Talla_Valorar=M]	-3,102	,906	11,732	,001
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
TiroTrasero_6012	-,015	,170	,008	,928	
PerímetroMusloDer_9516	-,821	,193	18,083	,000	

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,676. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 75,2% (Tabla 79).

**Tabla 79. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste del Tiro Trasero del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corto	Bien	Largo	
Corto	10	4	0	71,4%
Bien	2	48	11	78,7%
Largo	0	10	24	70,6%

<b>Porcentaje global</b>	11,0%	56,9%	32,1%	<b>75,2%</b>
--------------------------	-------	-------	-------	--------------

### 5.3.3.3 Predicción del ajuste por zonas del pantalón estrecho.

#### Modelo predicción ajuste de la CINTURA.

Se consideraron como variables independientes 15 medidas antropométricas (Tabla 39). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 80.

**Tabla 80. Modelo de predicción del ajuste de la Cintura en el pantalón estrecho.**

1. Cintura - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-118,310	32,465	13,281	,000
	[Talla_Valorar=XS]	37,750	5,498	47,147	,000
	[Talla_Valorar=S]	32,253	3,773	73,065	,000
	[Talla_Valorar=M]	30,142	3,219	87,703	,000
	[Talla_Valorar=L]	22,367	,000	.	.
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornoCaderaAlta_7510	,543	,210	6,651	,010
	PerímetroMusloDer_9516	,689	,264	6,792	,009
<b>Holgada</b>	Intersección	119,083	28,604	17,332	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-23,759	5,718	17,267	,000
	[Talla_Valorar=S]	-17,352	4,561	14,473	,000
	[Talla_Valorar=M]	-16,505	4,185	15,555	,000
	[Talla_Valorar=L]	-10,025	2,934	11,675	,001
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornoCaderaAlta_7510	-,723	,190	14,538	,000
	PerímetroMusloDer_9516	-,763	,256	8,880	,003

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,817. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 84,2% (Tabla 81).

**Tabla 81. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	9	4	0	69,2%
Bien	3	23	6	71,9%
Holgada	0	6	69	92,0%
<b>Porcentaje global</b>	10,0%	27,5%	62,5%	<b>84,2%</b>

#### Modelo predicción ajuste de la CADERA.

Se consideraron como variables independientes 17 medidas antropométricas (Tabla 40). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 82.

**Tabla 82. Modelo de predicción del ajuste de la Cadera del pantalón estrecho.**

2. Cadera - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecha</b>	Intersección	-49,896	10,896	20,968	,000
	[Talla_Valorar=XS]	9,129	2,189	17,393	,000
	[Talla_Valorar=S]	6,531	1,818	12,909	,000
	[Talla_Valorar=M]	6,491	1,645	15,563	,000
	[Talla_Valorar=L]	4,512	1,399	10,398	,001
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornoCaderaAlta_7510	,238	,074	10,386	,001
	PerímetroMusloDer_9516	,429	,133	10,425	,001
<b>Holgada</b>	Intersección	31,860	11,335	7,900	,005
	[Talla_Valorar=XS]	-25,568	,000	.	.
	[Talla_Valorar=S]	-3,900	1,520	6,581	,010
	[Talla_Valorar=M]	-3,797	1,372	7,651	,006
	[Talla_Valorar=L]	-1,996	,926	4,646	,031
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornoCaderaAlta_7510	,067	,082	,671	,413
	PerímetroMusloDer_9516	-,671	,194	12,003	,001

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,628. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 73,3% (Tabla 83).

**Tabla 83. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en la CADERA del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecha	Bien	Holgada	
Estrecha	39	10	0	79,6%
Bien	10	4	3	75,5%
Holgada	1	8	9	50,3%
<b>Porcentaje global</b>	<b>41,7%</b>	<b>48,3%</b>	<b>10,0%</b>	<b>73,3%</b>

### Modelo predicción ajuste del MUSLO.

Se consideraron como variables independientes 17 medidas antropométricas (Tabla 40). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 84.

**Tabla 84. Modelo de predicción del ajuste en la zona del Muslo del pantalón estrecho.**

3. Anchura muslo - Le sienta... (EXPERTO)	B	Wald	Sig.
---	---	------	------

		<b>Error típ.</b>			
<b>Estrecho</b>	Intersección	-40,887	8,820	21,492	,000
	[Talla_Valorar=XS]	6,289	1,670	14,174	,000
	[Talla_Valorar=S]	4,524	1,338	11,441	,001
	[Talla_Valorar=M]	4,658	1,204	14,963	,000
	[Talla_Valorar=L]	2,142	,995	4,631	,031
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	,425	,123	11,890	,001
	PerímetroPantorrillaDer_9541	,390	,171	5,163	,023
<b>Holgado</b>	Intersección	41,196	13,163	9,794	,002
	[Talla_Valorar=XS]	-27,949	,000	.	.
	[Talla_Valorar=S]	-5,872	1,825	10,355	,001
	[Talla_Valorar=M]	-4,946	1,546	10,231	,001
	[Talla_Valorar=L]	-4,160	1,161	12,845	,000
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	-,638	,217	8,697	,003
	PerímetroPantorrillaDer_9541	-,105	,217	,233	,629

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,650. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 71,7% (Tabla 85).

**Tabla 85. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste del Muslo del pantalón estrecho.**

<b>Observado</b>	<b>Pronosticado</b>			<b>Porcentaje correcto</b>
	<b>Estrecho</b>	<b>Bien</b>	<b>Holgado</b>	
Estrecho	47	9	0	83,9%
Bien	14	23	5	54,8%
Holgado	0	6	16	72,7%
<b>Porcentaje global</b>	<b>50,8%</b>	<b>31,7%</b>	<b>17,5%</b>	<b>71,7%</b>

#### **Modelo predicción ajuste de la PANTORRILLA.**

Se consideraron como variables independientes 24 medidas antropométricas (Tabla 42). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 86.

**Tabla 86. Modelo de predicción del ajuste en la zona de la Pantorrilla del pantalón estrecho.**

<b>4. Anchura pantorrilla - Le sienta... (EXPERTO)</b>		<b>B</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Wald</b>	<b>Sig.</b>
<b>Estrecha</b>	Intersección	-161,553	36,423	19,674	,000
	[Talla_Valorar=XS]	17,863	3,971	20,234	,000
	[Talla_Valorar=S]	10,229	2,518	16,508	,000

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

	[Talla_Valorar=M]	8,774	2,156	16,558	,000
	[Talla_Valorar=L]	4,705	1,561	9,084	,003
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	Estatura_0010	,404	,108	13,976	,000
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	1,391	,359	15,032	,000
	PerímetroMusloDer_9516	,687	,204	11,315	,001
<b>Holgada</b>	Intersección	104,403	27,348	14,574	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-8,421	2,844	8,767	,003
	[Talla_Valorar=S]	-4,854	1,582	9,417	,002
	[Talla_Valorar=M]	-5,110	1,520	11,299	,001
	[Talla_Valorar=L]	-4,033	1,252	10,383	,001
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	Estatura_0010	-,294	,105	7,848	,005
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	-1,010	,338	8,905	,003
	PerímetroMusloDer_9516	-,347	,161	4,643	,031

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,810. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 80,0% (Tabla 87).

**Tabla 87. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la Pantorrilla del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	45	7	0	86,5%
Bien	8	28	5	68,3%
Holgado	0	4	23	85,2%
<b>Porcentaje global</b>	<b>44,2%</b>	<b>32,5%</b>	<b>23,3%</b>	<b>80,0%</b>

### **Modelo predicción ajuste del TIRO DELANTERO.**

Se consideraron como variables independientes 23 medidas antropométricas (Tabla 43). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 88.

**Tabla 88. Modelo de predicción del ajuste del Tiro Delantero del pantalón estrecho.**

5. Tiro delantero - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corto</b>	Intersección	-59,228	19,961	8,804	,003
	[Talla_Valorar=XS]	5,669	2,608	4,724	,030
	[Talla_Valorar=S]	4,435	2,424	3,346	,067
	[Talla_Valorar=M]	2,890	1,893	2,330	,127
	[Talla_Valorar=L]	2,792	1,630	2,934	,087
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornodeCaderasNalgas_7520	,304	,109	7,738	,005

	AlturaEntrepierna_0100	,317	,158	4,034	,045
<b>Largo</b>	Intersección	51,784	15,233	11,556	,001
	[Talla_Valorar=XS]	-7,695	2,159	12,704	,000
	[Talla_Valorar=S]	-7,745	2,123	13,306	,000
	[Talla_Valorar=M]	-6,561	1,819	13,003	,000
	[Talla_Valorar=L]	-3,512	1,030	11,630	,001
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	ContornodeCaderasNalgas_7520	-,422	,121	12,061	,001
	AlturaEntrepierna_0100	-,121	,114	1,127	,289

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,527. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 80,8% (Tabla 89).

**Tabla 89. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste del Tiro Delantero del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corto	Bien	Largo	
Corto	1	9	0	10,0%
Bien	1	89	4	94,7%
Largo	0	9	7	43,8%
<b>Porcentaje global</b>	1,7%	89,2%	9,2%	<b>80,8%</b>

### Modelo predicción ajuste de la PERNERA.

Se consideraron como variables independientes 29 medidas antropométricas (Tabla 44). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 90.

**Tabla 90. Modelo de predicción del ajuste del largo de Perna del pantalón estrecho.**

6.Longitud pernera - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corta</b>	Intersección	-162,285	47,411	11,717	,001
	[Talla_Valorar=XS]	9,125	2,878	10,050	,002
	[Talla_Valorar=S]	4,291	2,044	4,406	,036
	[Talla_Valorar=M]	4,215	1,512	7,768	,005
	[Talla_Valorar=L]	,862	1,132	,580	,446
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	CosturaInternaDer_9021	,706	,425	2,761	,097
	ContornodeCaderasNalgas_7520	,396	,119	11,042	,001
	Estatura_0010	,905	,308	8,634	,003
	CosturaExternaPiernaIzda_9036	-,801	,308	6,774	,009
<b>Larga</b>	Intersección	112,515	31,580	12,694	,000
	[Talla_Valorar=XS]	-3,627	2,117	2,936	,087
	[Talla_Valorar=S]	-3,039	1,514	4,031	,045

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

[Talla_Valorar=M]	-2,667	1,302	4,194	,041
[Talla_Valorar=L]	-2,707	1,164	5,403	,020
[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
CosturaInternaDer_9021	-1,005	,323	9,696	,002
ContornodeCaderasNalgas_7520	-,204	,108	3,585	,058
Estatura_0010	-,083	,196	,182	,670
CosturaExternaPiernaIzda_9036	-,042	,292	,021	,886

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,815. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 82,5% (Tabla 91).

**Tabla 91. Tabla de clasificación del modelo de predicción del ajuste en largo de la Perna del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	12	6	0	66,7%
Bien	4	49	4	86,0%
Holgado	1	6	38	84,4%
<b>Porcentaje global</b>	14,2%	50,8%	35,0%	<b>82,5%</b>

### Modelo predicción ajuste del TIRO TRASERO.

Se consideraron como variables independientes 16 medidas antropométricas (Tabla 45). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 92.

**Tabla 92. Modelo de predicción del ajuste del Tiro Trasero.**

7. Tiro trasero - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corto</b>	Intersección	-21,725	5,577	15,173	,000
	[Talla_Valorar=XS]	1,971	1,141	2,982	,084
	[Talla_Valorar=S]	2,057	,970	4,493	,034
	[Talla_Valorar=M]	1,675	,802	4,361	,037
	[Talla_Valorar=L]	,691	,719	,923	,337
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	,535	,110	23,530	,000
	ContornodeCintura_6510	-,134	,048	7,690	,006
<b>Largo</b>	Intersección	27,822	13,234	4,420	,036
	[Talla_Valorar=XS]	-24,122	,000	.	.
	[Talla_Valorar=S]	-3,797	1,901	3,991	,046
	[Talla_Valorar=M]	-3,454	1,524	5,135	,023
	[Talla_Valorar=L]	-20,285	7283,286	,000	,998
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	PerímetroMusloDer_9516	-,643	,264	5,928	,015

ContornodeCintura_6510	,093	,140	,442	,506
------------------------	------	------	------	------

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,496. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 75,0% (Tabla 93).

**Tabla 93. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste del Tiro Trasero.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corto	Bien	Largo	
Corto	31	13	1	71,4%
Bien	10	56	2	78,7%
Largo	0	4	3	70,6%
<b>Porcentaje global</b>	<b>34,2%</b>	<b>60,8%</b>	<b>5,0%</b>	<b>75,0%</b>

#### 5.3.3.4 Predicción del ajuste por zonas de la chaqueta.

#### Modelo predicción ajuste en la zona del PECHO.

Se consideraron como variables independientes 29 medidas antropométricas (Tabla 47). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 94.

**Tabla 94. Modelo de predicción del ajuste en la zona del Pecho.**

1. Pecho - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecho</b>	Intersección	-71,382	17,378	16,872	,000
	[Talla_valorar=XS]	13,149	3,275	16,121	,000
	[Talla_valorar=S]	8,900	2,615	11,581	,001
	[Talla_valorar=M]	3,675	1,697	4,691	,030
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	,348	,112	9,585	,002
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	,542	,163	11,083	,001
ContornoTóraxbajoPecho_4520	-,111	,120	,867	,352	
<b>Holgado</b>	Intersección	72,805	19,750	13,589	,000
	[Talla_valorar=XS]	-17,300	6,704	6,660	,010
	[Talla_valorar=S]	-11,818	2,973	15,798	,000
	[Talla_valorar=M]	-7,459	2,267	10,825	,001
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	-,631	,163	15,059	,000
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	-,659	,234	7,905	,005
ContornoTóraxbajoPecho_4520	,402	,186	4,694	,030	

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,822. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 81,8% (Tabla 95).

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

**Tabla 95. Tabla de clasificación del modelo del Pecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	26	8	0	76,5%
Bien	6	47	3	83,9%
Holgado	0	5	26	83,9%
<b>Porcentaje global</b>	<b>26,4%</b>	<b>49,6%</b>	<b>24,0%</b>	<b>81,8%</b>

### Modelo predicción ajuste en la zona de la CINTURA.

Se consideraron como variables independientes 25 medidas antropométricas (Tabla 48). Los coeficientes obtenidos del ajuste del modelo se muestran en la Tabla 96.

**Tabla 96. Modelo de predicción del ajuste en la zona de la Cintura.**

2. Cintura - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecho</b>	Intersección	-44,945	15,564	8,339	,004
	[Talla_valorar=XS]	10,217	3,105	10,828	,001
	[Talla_valorar=S]	7,184	2,421	8,808	,003
	[Talla_valorar=M]	2,163	1,644	1,731	,188
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	,589	,218	7,326	,007
	ContornodeCaderasNalgas_7520	-,168	,162	1,076	,300
	ContornodeCintura_6510	,251	,099	6,437	,011
<b>Holgado</b>	Intersección	76,661	18,493	17,184	,000
	[Talla_valorar=XS]	-11,746	2,532	21,519	,000
	[Talla_valorar=S]	-6,851	1,726	15,759	,000
	[Talla_valorar=M]	-2,728	1,182	5,330	,021
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	-,125	,152	,675	,411
	ContornodeCaderasNalgas_7520	-,380	,166	5,232	,022
	ContornodeCintura_6510	-,367	,118	9,743	,002

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,784. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 79,8% (Tabla 97).

**Tabla 97. Tabla de clasificación del modelo de la Cintura.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	17	7	0	70,8%
Bien	4	33	7	75,0%
Holgado	0	6	45	88,2%
<b>Porcentaje global</b>	<b>17,6%</b>	<b>38,7%</b>	<b>43,7%</b>	<b>79,8%</b>

**Modelo predicción ajuste en la zona de los HOMBROS.**

Se consideraron como variables independientes 20 medidas antropométricas (Tabla 49). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 98.

**Tabla 98. Modelo de predicción del ajuste en la zona de la Hombros.**

<b>3. Anchura hombros - Le sienta... (EXPERTO)</b>		<b>B</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Wald</b>	<b>Sig.</b>
<b>Estrecho</b>	Intersección	-19,792	11,366	3,032	,082
	[Talla_valorar=XS]	5,410	1,830	8,736	,003
	[Talla_valorar=S]	2,950	1,606	3,373	,066
	[Talla_valorar=M]	1,847	1,453	1,617	,204
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Estatura_0010	,078	,063	1,532	,216
	Peso_9800	,139	,063	4,862	,027
ÁnguloHombroDerecho_3911		-,242	,099	5,909	,015
<b>Holgado</b>	Intersección	50,834	15,131	11,287	,001
	[Talla_valorar=XS]	-27,198	,000	.	.
	[Talla_valorar=S]	-6,364	1,445	19,405	,000
	[Talla_valorar=M]	-2,989	,911	10,752	,001
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Estatura_0010	-,231	,085	7,409	,006
	Peso_9800	-,196	,070	7,814	,005
ÁnguloHombroDerecho_3911		,031	,094	,109	,741

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,784. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 72,7% (Tabla 99).

**Tabla 99. Tabla de clasificación del modelo de la Hombros.**

<b>Observado</b>	<b>Pronosticado</b>			<b>Porcentaje correcto</b>
	<b>Estrecho</b>	<b>Bien</b>	<b>Holgado</b>	
Estrecho	9	14	0	39,1%
Bien	4	55	8	82,1%
Holgado	0	7	24	77,4%
<b>Porcentaje global</b>	<b>10,7%</b>	<b>62,8%</b>	<b>26,4%</b>	<b>72,7%</b>

**Modelo predicción ajuste en la zona de los ESPALDA.**

Se consideraron como variables independientes 23 medidas antropométricas (Tabla 50). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 100.

**Tabla 100. Modelo de predicción del ajuste en la zona del Espalda.**

<b>4. Espalda - Le sienta... (EXPERTO)</b>		<b>B</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Wald</b>	<b>Sig.</b>
<b>Estrecho</b>	Intersección	-20,464	9,181	4,969	,026

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

	[Talla_valorar=XS]	6,201	2,141	8,393	,004
	[Talla_valorar=S]	4,230	1,876	5,084	,024
	[Talla_valorar=M]	3,304	1,609	4,215	,040
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	,181	,080	5,108	,024
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	,086	,084	1,050	,305
	Angulohombromedia	-,140	,108	1,688	,194
<b>Holgado</b>	Intersección	26,863	9,221	8,487	,004
	[Talla_valorar=XS]	-10,498	2,331	20,276	,000
	[Talla_valorar=S]	-6,538	1,611	16,466	,000
	[Talla_valorar=M]	-3,720	1,307	8,106	,004
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Peso_9800	-,146	,077	3,610	,057
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	-,220	,089	6,113	,013
	Angulohombromedia	,296	,122	5,893	,015

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,669. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 72,7% (Tabla 101).

**Tabla 101. Tabla de clasificación del modelo de la Espalda.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	15	11	1	55,6%
Bien	7	24	8	61,5%
Holgado	0	7	45	86,5%
<b>Porcentaje global</b>	<b>18,6%</b>	<b>35,6%</b>	<b>45,8%</b>	<b>71,2%</b>

### **Modelo predicción ajuste en la zona de la SISA.**

Se consideraron como variables independientes 19 medidas antropométricas (Tabla 51). Los coeficientes obtenidos del ajuste del modelo se muestran en la Tabla 102.

**Tabla 102. Modelo de predicción del ajuste en la zona de la Sisa.**

5. Sisa - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecho</b>	Intersección	-66,792	15,992	17,444	,000
	[Talla_valorar=XS]	5,717	1,473	15,054	,000
	[Talla_valorar=S]	3,781	1,266	8,919	,003
	[Talla_valorar=M]	2,753	1,088	6,395	,011
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	ContornoDiagonalTorso_2510	,244	,080	9,246	,002
	DistanciaentrePechos_4030	1,355	,371	13,340	,000
<b>Holgado</b>	Intersección	108,758	30,688	12,560	,000

[Talla_valorar=XS]	-28,860	,000	.	.
[Talla_valorar=S]	-8,820	2,258	15,253	,000
[Talla_valorar=M]	-3,316	1,249	7,051	,008
[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
ContornoDiagonalTorso_2510	-,520	,165	9,909	,002
DistanciaentrePechos_4030	-1,383	,507	7,436	,006

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,702. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 71,9% (Tabla 103).

**Tabla 103. Tabla de clasificación del modelo de la Sisa.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	24	13	0	64,9%
Bien	8	43	6	75,4%
Holgado	0	7	20	74,1%
<b>Porcentaje global</b>	<b>26,4%</b>	<b>51,1%</b>	<b>21,5%</b>	<b>71,9%</b>

### Modelo predicción ajuste en el CONTORNO DE MANGA.

Se consideraron como variables independientes 24 medidas antropométricas. Los coeficientes obtenidos del ajuste del modelo se muestran en la Tabla 104.

**Tabla 104. Modelo de predicción del ajuste en el Contorno de Manga.**

6. Contorno Manga - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Estrecho</b>	Intersección	-38,168	17,039	5,018	,025
	[Talla_valorar=XS]	16,861	4,129	16,677	,000
	[Talla_valorar=S]	12,787	3,399	14,156	,000
	[Talla_valorar=M]	8,453	2,523	11,226	,001
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	AnchuradelBrazoSuperiorIzdo_8910	1,671	,717	5,427	,020
	Peso_9800	,917	,233	15,443	,000
	LongituddelBrazohastala7CV_8011	-,601	,212	8,042	,005
<b>Holgado</b>	Intersección	61,659	19,701	9,795	,002
	[Talla_valorar=XS]	-18,662	5,503	11,499	,001
	[Talla_valorar=S]	-10,162	2,486	16,702	,000
	[Talla_valorar=M]	-4,974	1,490	11,142	,001
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	LongituddelBrazohastala7CV_8011	-1,234	,770	2,569	,109
	Peso_9800	-,962	,259	13,815	,000
	Arm length to neck back right 8011	,149	,217	,472	,492

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,857. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 83,5% (Tabla 105).

**Tabla 105. Tabla de clasificación del modelo del Contorno de Manga.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Estrecho	Bien	Holgado	
Estrecho	35	6	0	85,4%
Bien	5	36	5	78,3%
Holgado	0	4	30	88,2%
<b>Porcentaje global</b>	<b>33,1%</b>	<b>38,0%</b>	<b>28,9%</b>	<b>83,5%</b>

### Modelo predicción ajuste del LARGO DE LA CHAQUETA.

Se consideraron como variables independientes 34 medidas antropométricas (Tabla 53). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 106.

**Tabla 106. Modelo de predicción del ajuste del Largo de la Chaqueta.**

7. Longitud Cazadora - Le sienta... (EXPERTO)		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Corta</b>	Intersección	-58,015	16,699	12,071	,001
	[Talla valorar=XS]	3,628	1,305	7,733	,005
	[Talla valorar=S]	2,957	1,224	5,831	,016
	[Talla valorar=M]	1,359	1,099	1,529	,216
	[Talla valorar=L]	0	.	.	.
	DistanciaPechoCuellodcho_4081	,799	,221	13,032	,000
	AlturaDelanteraCuello_0180	-,080	,283	,081	,777
	Altura7CV_0030	,307	,269	1,301	,254
<b>Larga</b>	Intersección	77,024	17,376	19,651	,000
	[Talla valorar=XS]	-3,277	1,277	6,586	,010
	[Talla valorar=S]	-3,073	1,205	6,503	,011
	[Talla valorar=M]	-2,227	1,139	3,828	,050
	[Talla valorar=L]	0	.	.	.
	DistanciaPechoCuellodcho_4081	-,533	,243	4,815	,028
	AlturaDelanteraCuello_0180	1,755	,552	10,101	,001
	Altura7CV_0030	-2,137	,591	13,071	,000

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,624. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 83,5% (Tabla 107).

**Tabla 107. Tabla de clasificación del modelo de predicción del Largo de la Chaqueta.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corta	Bien	Larga	
Corta	9	11	0	45,0%
Bien	3	70	4	90,9%
Larga	0	7	17	70,8%

<b>Porcentaje global</b>	9,9%	72,7%	17,4%	<b>83,5%</b>
--------------------------	------	-------	-------	--------------

### Modelo predicción ajuste del LARGO DE MANGA.

Se consideraron como variables independientes 38 medidas antropométricas (Tabla 54). Los coeficientes obtenidos en el ajuste del modelo se muestran en la Tabla 108.

**Tabla 108. Modelo de predicción del ajuste del Largo de Manga.**

<b>8. Longitud Manga - Le sienta... (EXPERTO)</b>		<b>B</b>	<b>Error típ.</b>	<b>Wald</b>	<b>Sig.</b>
<b>Corta</b>	Intersección	-116,008	42,403	7,485	,006
	[Talla_valorar=XS]	1,791	1,773	1,020	,313
	[Talla_valorar=S]	2,915	1,435	4,123	,042
	[Talla_valorar=M]	1,147	1,134	1,024	,312
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Altura7CV_0030	,690	,293	5,521	,019
	LongituddelBrazoAcromionIzq_8030	,001	,228	,000	,998
	ContBrazoSup_8520-8521_Media	,576	,246	5,480	,019
<b>Larga</b>	Intersección	127,301	30,752	17,136	,000
	[Talla_valorar=XS]	-4,731	1,423	11,058	,001
	[Talla_valorar=S]	-3,551	1,214	8,550	,003
	[Talla_valorar=M]	-2,069	1,041	3,949	,047
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	Altura7CV_0030	-,389	,164	5,618	,018
	LongituddelBrazoAcromionIzq_8030	-1,044	,350	8,899	,003
	ContBrazoSup_8520-8521_Media	-,487	,221	4,872	,027

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,721. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 76,5% (Tabla 109).

**Tabla 109. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la Longitud de Manga.**

<b>Observado</b>	<b>Pronosticado</b>			<b>Porcentaje correcto</b>
	<b>Corta</b>	<b>Bien</b>	<b>Larga</b>	
Corta	7	8	0	46,7%
Bien	2	36	6	81,8%
Larga	0	11	45	80,4%
<b>Porcentaje global</b>	7,8%	47,8%	44,3%	<b>76,5%</b>

#### 5.3.4 Cálculo de los modelos de predicción de talla.

Tal y como se describe en material y métodos (apartado 4.7.2.3), se han calculado, para cada prenda, los modelos de regresión logística multinomial que predicen la probabilidad de ajuste *pequeño*, *bien* o *grande* para cada talla de la serie.

La variable dependiente es *Valoración Talla Experto*.

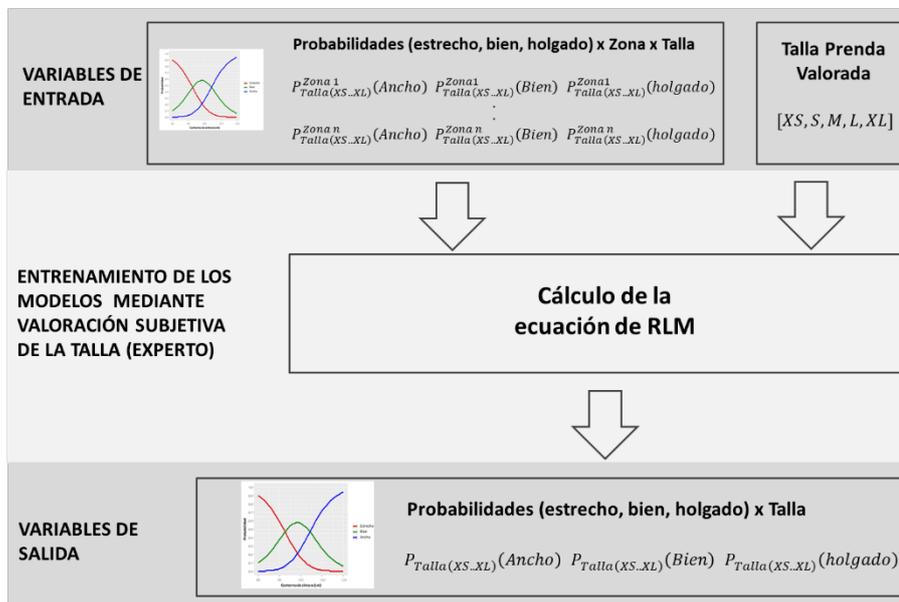
Valoración Talla Experto		
<i>Pequeño</i>	<i>Bien</i>	<i>Grande</i>
-1	0	1

Al igual que el modelo de predicción de ajuste por zonas, para introducir las dimensiones de la prenda en el modelo se optó por utilizar la talla de cada prueba y valoración (variable *Talla Valorar*) como factor del modelo de entrada forzada, puesto que las dimensiones de la prenda solo varían por talla.

Finalmente, las variables independientes introducidas para ajustar el modelo fueron las probabilidades estimadas de que el ajuste sea *Estrecho-Bien-Holgado* en cada zona de la prenda.

En este apartado se describen los modelos de predicción de talla para cada prenda de ropa, siguiendo el esquema de entrenamiento de la ecuación de regresión logística multinomial de la Figura 108.

**FASE 2: PREDICCIÓN DEL AJUSTE DE LAS PRENDAS POR TALLA**



**Figura 108. Para cada prenda: Esquema de entrenamiento del modelo de RLM para predecir el ajuste de las tallas.**

## 5.3.4.1 Predicción de la talla de la falda.

Los coeficientes del modelo para la predicción de talla de la falda se muestran en la Tabla 110.

**Tabla 110. Modelo de predicción del ajuste de la colección de tallas de la Falda.**

AJUSTE TALLA EXPERTO		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Pequeña</b>	Intersección	1,509	2,872	,276	,599
	[Talla_valorar=XS]	-3,737	2,706	1,907	,167
	[Talla_valorar=S]	-2,797	2,549	1,204	,273
	[Talla_valorar=M]	-3,228	2,905	1,235	,267
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	CINTURA_HOLGADA	-13,755	9,255	2,209	,137
	CADERA_ESTRECHA	6,728	2,614	6,626	,010
<b>Grande</b>	Intersección	1,453	2,945	,243	,622
	[Talla_valorar=XS]	-3,579	2,603	1,891	,169
	[Talla_valorar=S]	-2,145	1,948	1,212	,271
	[Talla_valorar=M]	-2,487	2,146	1,343	,247
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	CINTURA_HOLGADA	4,335	1,658	6,833	,009
	CADERA_ESTRECHA	-13,725	8,377	2,684	,101

El coeficiente de Nagelkerke para valor la bondad del modelo es 0,816. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 80,0% (Tabla 111).

**Tabla 111. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la colección de tallas de la falda.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Pequeña	Bien	Grande	
Pequeña	14	8	0	63,6%
Bien	4	30	6	75,0%
Grande	0	5	48	90,6%
<b>Porcentaje global</b>	15,7%	37,4%	47,0%	<b>80,0%</b>

Los ajustes de la prenda que según el modelo influyen en la selección de la talla son: Cintura holgada, Cadera holgada y Largo de falda bien.

Las ecuaciones utilizadas para la predicción del ajuste de las tallas son las siguientes:

$$Z_{TALLA\ PEQ}(XS) = 1,51 - 3,74 - 13,76 * P_{CINT\ EST}(XS) + 6,73 * P_{CAD\ HOL}(XS)$$

**Ec. 5.41**

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(XS) = 1,45 - 3,58 + 4,33 * P_{CAD\ HOL}(XS) - 13,72 * P_{CAD\ HOL}(XS) \quad \text{Ec. 5.42}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(S) = 1,51 - 2,80 - 13,76 * P_{CINT\ EST}(S) + 6,73 * P_{CAD\ HOL}(S) \quad \text{Ec. 5.43}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(S) = 1,45 - 2,14 + 4,33 * P_{CAD\ HOL}(S) - 13,72 * P_{CAD\ HOL}(S) \quad \text{Ec. 5.44}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(M) = 1,51 - 3,23 - 13,76 * P_{CINT\ EST}(M) + 6,73 * P_{CAD\ HOL}(M) \quad \text{Ec. 5.45}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(M) = 1,45 - 2,49 + 4,33 * P_{CAD\ HOL}(M) - 13,72 * P_{CAD\ HOL}(M) \quad \text{Ec. 5.46}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(L) = 1,51 - 13,76 * P_{CINT\ EST}(L) + 6,73 * P_{CAD\ HOL}(L) \quad \text{Ec. 5.47}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(L) = 1,45 + 4,33 * P_{CAD\ HOL}(L) - 13,72 * P_{CAD\ HOL}(L) \quad \text{Ec. 5.48}$$

#### 5.3.4.2 Predicción de la talla del pantalón recto.

Los coeficientes del modelo para la predicción de talla de la falda se muestran en la Tabla 112.

**Tabla 112. Modelo de predicción del ajuste de la colección de tallas del Pantalón Recto.**

AJUSTE TALLA EXPERTO		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Pequeña</b>	Intersección	-7,167	4,964	2,085	,149
	[Talla_Valorar=XS]	1,813	3,961	,209	,647
	[Talla_Valorar=S]	,679	3,620	,035	,851
	[Talla_Valorar=M]	2,377	4,425	,289	,591
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	TIRODELANTERO_LARGO	-12,448	8,119	2,351	,125
	CINTURA_ESTRECHO	34,492	31,441	1,204	,273
	CADERA_ESTRECHO	8,674	4,546	3,641	,056
<b>Grande</b>	PANTORRILLA_HOLGADA	-7,682	20,090	,146	,702
	Intersección	-10,305	4,509	5,224	,022
	[Talla_Valorar=XS]	6,893	3,575	3,717	,054
	[Talla_Valorar=S]	2,687	2,053	1,713	,191
	[Talla_Valorar=M]	3,387	2,462	1,892	,169
	[Talla_Valorar=L]	0	.	.	.
	TIRODELANTERO_LARGO	6,183	2,334	7,016	,008
	CINTURA_ESTRECHO	-189,511	244,783	,599	,439

CADERA_ESTRECHO	-1,318	3,357	,154	,695
PANTORRILLA_HOLGADA	7,944	4,042	3,863	,049

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,930. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 87,2% (Tabla 113).

**Tabla 113. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la colección de tallas del pantalón recto.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Pequeña	Bien	Grande	
Pequeña	37	2	0	94,9%
Bien	3	27	5	77,1%
Grande	0	4	31	88,6%
<b>Porcentaje global</b>	<b>36,7%</b>	<b>30,3%</b>	<b>33,0%</b>	<b>87,2%</b>

Los ajustes de la prenda que según el modelo influyen en la selección de la talla son: Tiro Delantero Largo, Cintura Estrecha, Cadera Estrecha y Pantorrilla Holgada.

La variable CINTURA\_ESTRECHO muestra para la predicción de ajuste holgado una  $p > 0,273$ . Se trata de un valor bastante alto, sin embargo, el modelo de pasos hacia adelante incluye esta variable. Por otro lado, el porcentaje de acierto en la tabla de clasificación es mayor si se incluye esta variable en el modelo. Siguiendo la recomendación de Shalizi (2015) se decide incluirla inicialmente en el modelo. En la fase de validación se valorará el porcentaje de acierto final y la decisión de considerarla o no en el modelo definitivo.

Las ecuaciones de predicción del ajuste de las tallas del pantalón recto son:

$$Z_{TALLA PEQ}(XS) = -7,177 + 1,813 - 12,448 * P_{TIRO DEL LARGO}(XS) + 34,492 * P_{CINT EST}(XS) + 8,674 * P_{CAD EST}(XS) - 7,682 * P_{PANT HOL}(XS) \quad \text{Ec. 5.49}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(XS) = -10,305 + 6,893 + 6,183 * P_{TIRO DEL LARGO}(XS) - 189,511 * P_{CINT EST}(XS) - 1,318 * P_{CAD EST}(XS) + 7,944 * P_{PANT HOL}(XS) \quad \text{Ec. 5.50}$$

$$Z_{TALLA PEQ}(S) = -7,177 + 0,679 - 12,448 * P_{TIRO DEL LARGO}(S) + 34,492 * P_{CINT EST}(S) + 8,674 * P_{CAD EST}(S) - 7,682 * P_{PANT HOL}(S) \quad \text{Ec. 5.51}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(S) = -10,305 + 2,687 + 6,183 * P_{TIRO DEL LARGO}(S) - 189,511 * P_{CINT EST}(S) - 1,318 * P_{CAD EST}(S) + 7,944 * P_{PANT HOL}(S) \quad \text{Ec. 5.52}$$

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

$$Z_{TALLA\ PEQ}(M) = -7,177 + 2,377 - 12,448 * P_{TIRO\ DEL\ LARGO}(M) + 34,492 \\ * P_{CINT\ EST}(M) + 8,674 * P_{CAD\ EST}(M) - 7,682 \quad \text{Ec. 5.53} \\ * P_{PANT\ HOL}(M)$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(M) = -10,305 + 3,387 + 6,183 * P_{TIRO\ DEL\ LARGO}(M) \\ - 189,511 * P_{CINT\ EST}(M) - 1,318 * P_{CAD\ EST}(M) + 7,944 \quad \text{Ec. 5.54} \\ * P_{PANT\ HOL}(M)$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(L) = -7,177 - 12,448 * P_{TIRO\ DEL\ LARGO}(L) + 34,492 \\ * P_{CINT\ EST}(L) + 8,674 * P_{CAD\ EST}(L) - 7,682 \quad \text{Ec. 5.55} \\ * P_{PANT\ HOL}(L)$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(L) = -10,305 + 6,183 * P_{TIRO\ DEL\ LARGO}(L) - 189,511 \\ * P_{CINT\ EST}(L) - 1,318 * P_{CAD\ EST}(L) + 7,944 \quad \text{Ec. 5.56} \\ * P_{PANT\ HOL}(L)$$

#### 5.3.4.3 Predicción de la talla del pantalón estrecho.

Los coeficientes del modelo para la predicción de talla de la falda se muestran en la Tabla 114.

**Tabla 114. Descripción del modelo de predicción del ajuste de la colección de tallas del Pantalón Estrecho.**

AJUSTE TALLA EXPERTO		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Pequeña</b>	Intersección	-1,900	1,324	2,060	,151
	[Talla_Valorar=XS]	,120	1,293	,009	,926
	[Talla_Valorar=S]	1,171	1,046	1,254	,263
	[Talla_Valorar=M]	1,787	,958	3,479	,062
	[Talla_Valorar=L]	,537	,954	,317	,573
	[Talla_Valorar=XL]	0	.	.	.
	PANTORRILLA_ESTRECHA	2,548	1,036	6,055	,014
	MUSLO_BIEN	-2,132	1,957	1,187	,276
	CINTURA_ESTRECHA	4,160	2,436	2,916	,088
	<b>Grande</b>	Intersección	4,278	1,386	9,523
[Talla_Valorar=XS]		4,388	2,670	2,700	,100
[Talla_Valorar=S]		,640	1,327	,232	,630
[Talla_Valorar=M]		2,623	1,382	3,604	,058
[Talla_Valorar=L]		1,338	1,458	,842	,359
[Talla_Valorar=XL]		0	.	.	.
PANTORRILLA_ESTRECHA		-16,340	5,130	10,145	,001
MUSLO_BIEN		-9,225	3,499	6,953	,008
CINTURA_ESTRECHA		-63,199	150,939	,175	,675

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,766. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 81,7% (Tabla 115).

**Tabla 115. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la colección de tallas del pantalón estrecho.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Pequeña	Bien	Grande	
Pequeña	41	5	0	89,1%
Bien	8	31	4	72,1%
Grande	0	5	26	83,9%
<b>Porcentaje global</b>	40,8%	34,2%	25,0%	<b>81,7%</b>

Los ajustes de la prenda que según el modelo influyen en la selección de la talla son: Pantorrilla Estrecha, Muslo Bien y Cintura Estrecha.

Las ecuaciones de predicción del ajuste de las tallas del pantalón estrecho son:

$$Z_{TALLA\ PEQ}(XS) = -1,9 + 0,12 + 2,548 * P_{PANTORRICA\ EST}(XS) - 2,132 * P_{MUSLO\ BIEN}(XS) + 4,160 * P_{CINT\ EST}(XS) \quad \text{Ec. 5.57}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(XS) = 4,278 + 4,388 - 16,34 * P_{PANTORRICA\ EST}(XS) - 9,225 * P_{MUSLO\ BIEN}(XS) - 63,199 * P_{CINT\ EST}(XS) \quad \text{Ec. 5.58}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(S) = -1,9 + 1,171 + 2,548 * P_{PANTORRICA\ EST}(S) - 2,132 * P_{MUSLO\ BIEN}(S) + 4,160 * P_{CINT\ EST}(S) \quad \text{Ec. 5.59}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(S) = 4,278 + 0,64 - 16,34 * P_{PANTORRICA\ EST}(S) - 9,225 * P_{MUSLO\ BIEN}(S) - 63,199 * P_{CINT\ EST}(S) \quad \text{Ec. 5.60}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(M) = -1,9 + 1,787 + 2,548 * P_{PANTORRICA\ EST}(M) - 2,132 * P_{MUSLO\ BIEN}(M) + 4,160 * P_{CINT\ EST}(M) \quad \text{Ec. 5.61}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(M) = 4,278 + 2,683 - 16,34 * P_{PANTORRICA\ EST}(M) - 9,225 * P_{MUSLO\ BIEN}(M) - 63,199 * P_{CINT\ EST}(M) \quad \text{Ec. 5.62}$$

$$Z_{TALLA\ PEQ}(L) = -1,9 + 0,537 + 2,548 * P_{PANTORRICA\ EST}(L) - 2,132 * P_{MUSLO\ BIEN}(L) + 4,160 * P_{CINT\ EST}(L) \quad \text{Ec. 5.63}$$

$$Z_{TALLA\ GRANDE}(L) = 4,278 + 1,338 - 16,34 * P_{PANTORRICA\ EST}(L) - 9,225 * P_{MUSLO\ BIEN}(L) - 63,199 * P_{CINT\ EST}(L) \quad \text{Ec. 5.64}$$

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

$$Z_{TALLA PEQ} (XL) = -1,9 + 2,548 * P_{PANTORRICA EST} (XL) - 2,132 \\ * P_{MUSLO BIEN} (XL) + 4,160 * P_{CINT EST} (XL) \quad \text{Ec. 5.65}$$

$$Z_{TALLA GRANDE} (XL) \\ = 4,278 - 16,34 * P_{PANTORRICA EST} (XL) - 9,225 \\ * P_{MUSLO BIEN} (XL) - 63,199 * P_{CINT EST} (XL) \quad \text{Ec. 5.66}$$

#### 5.3.4.4 Predicción de la talla de la chaqueta.

Los coeficientes del modelo para la predicción de talla de la chaqueta se muestran en la Tabla 116.

**Tabla 116. Modelo de predicción del ajuste de la colección de tallas de la Chaqueta.**

Valoración Talla Experto		B	Error típ.	Wald	Sig.
<b>Pequeña</b>	Intersección	-19,020	1,857	104,906	,000
	[Talla_valorar=XS]	18,511	1,502	151,905	,000
	[Talla_valorar=S]	19,001	1,429	176,905	,000
	[Talla_valorar=M]	20,784	,000	.	.
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	CONTMANGA_ESTRECHA	1,400	1,220	1,317	,251
	CINTURA_HOLGADA	-4,428	2,953	2,249	,134
	SISA_HOLGADA	-47,673	57,748	,682	,041
	LONGMANGA_BIEN	1,174	1,090	1,160	,281
<b>Grande</b>	Intersección	3,446	1,669	4,261	,039
	[Talla_valorar=XS]	-4,851	2,346	4,277	,039
	[Talla_valorar=S]	-2,742	1,413	3,764	,052
	[Talla_valorar=M]	-2,816	1,316	4,581	,032
	[Talla_valorar=L]	0	.	.	.
	CONTMANGA_ESTRECHO	-11,723	4,919	5,680	,017
	CINTURA_HOLGADA	2,670	1,482	3,244	,072
	SISA_HOLGADA	,720	1,739	,171	,679
	LONGMANGA_BIEN	-4,960	1,709	8,422	,004

El coeficiente de Nagelkerke para valora la bondad del modelo es 0,829. Y la tabla de clasificación muestra un porcentaje de acierto del 80,5% (Tabla 117).

**Tabla 117. Tabla de clasificación del modelo de predicción de ajuste de la colección de tallas de la chaqueta.**

Observado	Pronosticado			Porcentaje correcto
	Corta	Bien	Larga	
Corta	31	3	0	91,2%

Bien	8	22	6	61,1%
Larga	0	5	38	88,4%
<b>Porcentaje global</b>	<b>34,5%</b>	<b>26,5%</b>	<b>38,9%</b>	<b>80,5%</b>

Los ajustes de la prenda que según el modelo influyen en la selección de la talla son: Contorno de manga estrecho, la cintura ancha, la sisa ancha y la longitud de manga bien.

Las ecuaciones de predicción del ajuste de las tallas de la chaqueta son:

$$Z_{TALLA PEQ}(XS) = -19,02 + 18,511 + 1,4 * P_{CONT MANGA EST}(XS) - 4,428 \\ * P_{CINT HOLGADA}(XS) - 47,673 * P_{SISA HOL}(XS) + 1,174 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.67}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(XS) = 3,446 - 4,851 - 11,723 * P_{CONT MANGA EST}(XS) + 2,67 \\ * P_{CINT HOLGADA}(XS) + 0,72 * P_{SISA HOL}(XS) - 4,96 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.68}$$

$$Z_{TALLA PEQ}(S) = -19,02 + 19,001 + 1,4 * P_{CONT MANGA EST}(S) - 4,428 \\ * P_{CINT HOLGADA}(S) - 47,673 * P_{SISA HOL}(S) + 1,174 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.69}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(S) = 3,446 - 2,742 - 11,723 * P_{CONT MANGA EST}(S) + 2,67 \\ * P_{CINT HOLGADA}(S) + 0,72 * P_{SISA HOL}(S) - 4,96 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.70}$$

$$Z_{TALLA PEQ}(M) = -19,02 + 20,784 + 1,4 * P_{CONT MANGA EST}(M) - 4,428 \\ * P_{CINT HOLGADA}(M) - 47,673 * P_{SISA HOL}(M) + 1,174 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.71}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(M) = 3,446 - 2,816 - 11,723 * P_{CONT MANGA EST}(M) + 2,67 \\ * P_{CINT HOLGADA}(M) + 0,72 * P_{SISA HOL}(M) - 4,96 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.72}$$

$$Z_{TALLA PEQ}(L) = -19,02 + 1,4 * P_{CONT MANGA EST}(L) - 4,428 \\ * P_{CINT HOLGADA}(L) - 47,673 * P_{SISA HOL}(L) + 1,174 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.73}$$

$$Z_{TALLA GRANDE}(L) = 3,446 - 11,723 * P_{CONT MANGA EST}(L) + 2,67 \\ * P_{CINT HOLGADA}(L) + 0,72 * P_{SISA HOL}(L) - 4,96 \\ * P_{LONG MANGA BIEN} \quad \text{Ec. 5.74}$$

### 5.3.5 Resultados del ajuste general de las prendas.

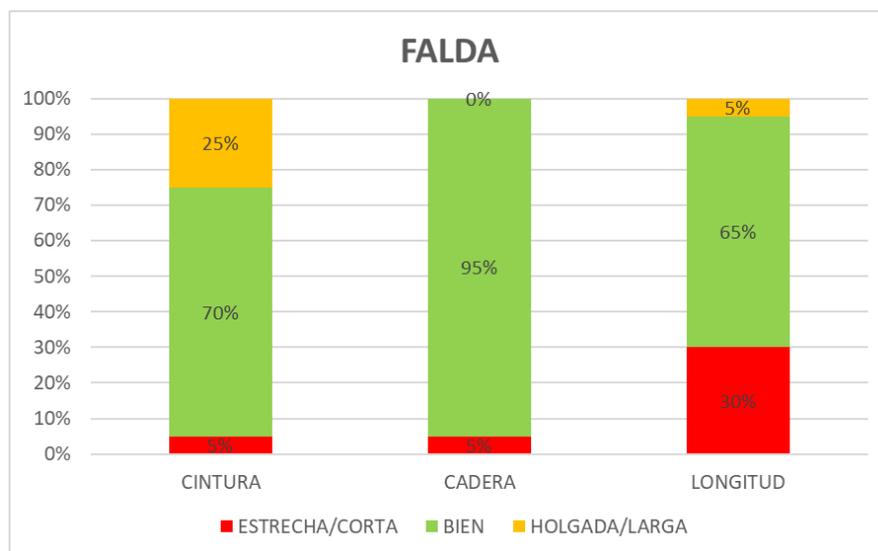
Se ha analizado el ajuste general que proporcionan las prendas utilizadas en el estudio experimental con el objetivo de conocer si presentan algún problema de

ajuste. Para realizar este análisis se han considerado únicamente los ajustes evaluados de la talla seleccionada por la experta para cada usuaria. Por lo tanto, no incluyen las valoraciones de tallas que se consideran grandes o pequeñas. En general se espera que las prendas presenten porcentajes elevados de ajuste correcto ('bien') y porcentajes pequeños, más o menos simétricos de ajustes 'estrechos/cortos' u 'holgados/largos'.

### **Falda.**

Los resultados de valoración del ajuste en la falda más relevantes realizada por la experta son (Figura 109):

- **Ajuste en la cintura algo holgado**, en el 25% de las usuarias la experta valora el ajuste como holgado. Esto puede ocurrir en este modelo de falda si el salto entre tallas no es suficiente para ajustar adecuadamente en el contorno de cintura.
- **Largo de la falda algo corto**, en un 30% de las usuarias se ha valorado la falta como corta.
- **El ajuste en la cadera es adecuado.**



**Figura 109. Perfil de ajuste de la falda evaluada por la experta.**

### **Pantalón Recto.**

Los resultados más relevantes de valoración del ajuste del pantalón recto son (Figura 110):

- **Ajuste bastante holgado en la cintura**, en el 78% de las usuarias se ha valorado como holgado el ajuste en esta zona. Sin embargo, en la cadera, el ajuste se ha valorado como estrecho en el 45% de las usuarias. Se trata claramente de un problema de ajuste en el pantalón debido al patronaje y al número disponible de tallas o al salto entre ella. Solo un 50% de las usuarias muestran un ajuste correcto en la cadera, lo que parece indicar que seleccionando una talla más o una menos, el ajuste en esta zona no mejora.
- El **ajuste en el muslo es algo estrecho**, se ha evaluado así por el 33% de las usuarias, mientras solo en un 3% se ha evaluado como holgado.
- **Ajuste largo del tiro delantero**, evaluado así en el 40% de las usuarias, mientras que en ningún caso se ha evaluado el ajuste como largo.
- **El tiro delantero es algo largo**, en el 40% de las usuarias se ha evaluado como holgado.

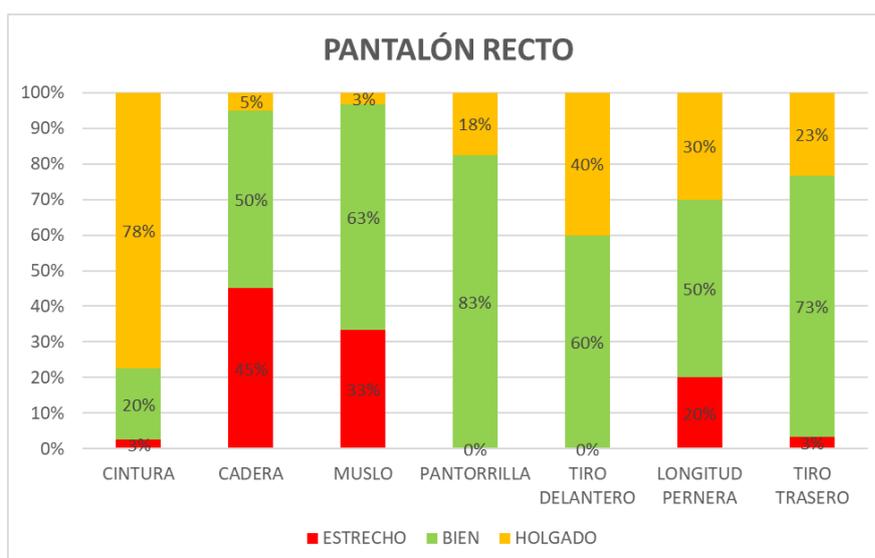


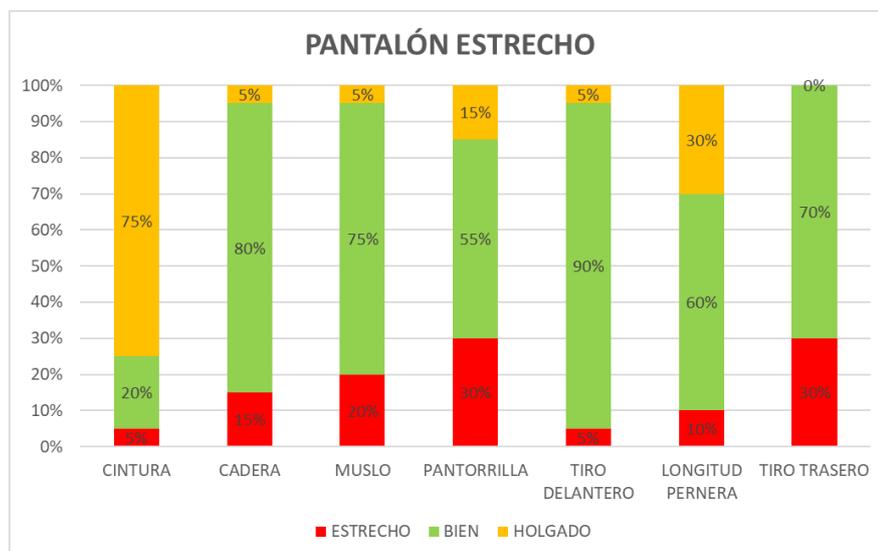
Figura 110. Perfil de ajuste del pantalón recto evaluado por la experta.

### Pantalón Estrecho.

Los resultados más relevantes de valoración del ajuste del pantalón estrecho son (Figura 111):

- **Ajuste bastante holgado en la cintura**, se ha evaluado así en el 75% de las usuarias. Por lo tanto, este modelo de pantalón, muestra también un problema de patronaje en la cintura.

- **Tiro trasero algo corto**, se ha evaluado así en el 30% de las usuarias y en ningún caso se valora como largo.
- El **ajuste en la pantorrilla y en el mulo es algo estrecho**. Se ha valorado así en el 30% y 20% de las usuarias respectivamente.
- La **longitud de la pernera es algo larga**, muestra un porcentaje de valoraciones de ajuste ‘largo’ un 20% mayor a la valoración de ajuste ‘corto’.



**Figura 111. Perfil de ajuste del pantalón estrecho.**

### **Chaqueta.**

Los resultados más relevantes de la valoración del ajuste de la chaqueta son (Figura 112):

- La **manga es bastante larga**, se ha valorado así en el 55% de las usuarias.
- La **espalda es holgada**, se ha valorado así en el 40% de las usuarias.
- **Contorno de manga es algo estrecho**, al 30% de las usuarias del ajusta así, mientras solo a un 5% del viene holgada.
- **La cintura es algo holgada**, hay un 20 % más de usuarias valoradas como ajuste ‘holgado en comparación con valoraciones de ajuste ‘estrecho’.
- **La sisa es algo corta**, hay un 15 % más de usuarias valoradas como ajuste ‘corto’ en comparación con valoraciones de ajuste ‘largo’.

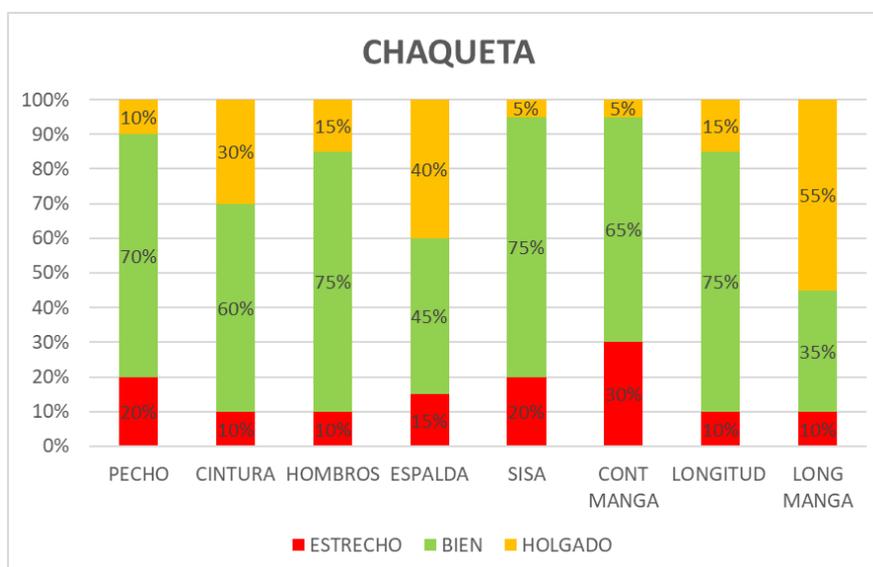


Figura 112. Perfil de ajuste de la chaqueta.

## 5.4 Validación de los modelos de predicción de talla.

### 5.4.1 Resultados del estudio de valoración del ajuste con usuarias.

Los resultados del ensayo de valoración del ajuste y selección de talla con las usuarias participantes en la validación son la referencia para analizar el funcionamiento de los modelos de predicción desarrollados en la presente tesis.

#### 5.4.1.1 Resultados de la valoración del ajuste de la FALDA.

En la Tabla 118 se resumen los resultados del ensayo de evaluación del ajuste de la falda realizado con 20 usuarias. Esta tabla incluye la valoración del ajuste en las tres zonas de la falda (cintura, cadera y largo) realizada por la usuaria (U) y por la experta (E) de las tallas que probaron las usuarias (Talla Prueba). Además, se ha incluido la talla seleccionada por la experta que mejor ajusta a cada usuaria (Talla Exp.), la talla seleccionada por la usuaria (Talla Usua.), la talla recomendada por la tabla de tallas de Zara que aparece en la tienda online (Talla Zara) y la talla habitual que utiliza y seleccionaría la usuaria en ausencia de criterios (Talla Hab.).

Estos datos se utilizarán posteriormente para validar los resultados de los modelos probabilísticos de recomendación de talla desarrollados en la tesis.

**Tabla 118. Resultado del ensayo de valoración del ajuste de la FALDA.**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE CINTURA		AJUSTE CADERA		AJUSTE LARGO		Talla Exp.	Talla Usua.	Talla Zara	TALLA Hab.
		U	E	U	E	U	E				
US1	XS	9	7	5	6	5	5	XS	XS	M	XS
US2	S	6	6	5	5	5	5	S	S	M	M
US3	XS	6	8	5	8	6	5	XS	XS	S	XS
US4	XS	7	9	7	9	7	6	XS-1	XS	S	XS
US5	XS	5	5	5	5	5	5	S	SI	M	S
US6	XS	7	9	6	9	5	7	XS-1	XS-1	M	XS
US7	S	5	6	5	5	5	5	S	S	M	M
US8	S	5	5	5	5	5	5	S	S	L	M
US9	XS	6	7	5	5	5	5	XS	XS	S	M
US10	XS	5	7	5	7	5	5	XS	XS	S	S
US11	L	5	5	5	5	5	4	L	L	XL	L
US12	XS	6	7	5	5	5	5	XS	XS	XS	S
US13	XS	5	7	5	5	5	6	XS-1	XS	S	XS
US14	XS	6	7	6	7	6	6	XS-1	XS-1	S-M	XS
US15	S	5	5	5	5	5	5	S	S	M	L-M
US16	M	6	7	5	5	5	5	M	M	XL	L-M
US17	XS	4	4	4	4	5	5	S	S	M	M
US17	S	6	6	5	5	5	5	S	S	M	M
US18	XS	5	5	5	5	5	5	XS	XS	M	M
US19	S	5	5	5	5	5	5	S	M	M	M
US20	XS	5	5	5	6	5	5	XS	XS	M	S

*5.4.1.2 Resultados de la valoración del ajuste del PANTALÓN RECTO.*

En las tablas siguiente se muestran los resultados de la valoración del ajuste del pantalón recto obtenidos en el estudio de validación (Tabla 119 y Tabla 120).

**Tabla 119. Resultado del ensayo de valoración del ajuste del PANTALÓN RECTO.**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE CINTURA		AJUSTE CADERA		AJUSTE MUSLO		AJUSTE PANTOR.		AJUSTE TIRO DEL.	
		U	E	U	E	U	E	U	E	U	E
US1	S	5	6	5	4	6	5	5	5	5	5
US2	M	6	6	3	2	3	2	4	5	5	5
US2	L	9	9	5	5	5	5	5	5	7	7
US3	XS	5	5	6	4	4	4	5	5	5	5

US4	XS	9	9	8	8	7	7	6	7	5	7
US5	S	5	5	4	4	5	5	5	6	5	5
US6	XS	8	7	4	5	4	4	5	6	7	8
US7	L	7	9	5	5	5	7	5	7	5	7
US7	M	6	8	4	4	5	4	4	5	4	5
US8	M	6	7	5	5	5	7	6	7	5	5
US9	M	8	9	6	6	6	6	6	6	6	8
US10	XS	5	8	5	7	7	7	5	5	9	6
US11	L	5	5	3	3	3	5	5	5	2	4
US12	XS	5	5	5	5	5	7	5	6	5	5
US13	S	8	8	7	7	8	8	5	6	5	5
US13	XS	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5
US14	XS	6	7	6	7	6	8	6	7	6	7
US15	L	7	7	6	6	6	5	7	6	5	5
US16	L	5	7	6	6	5	6	6	6	5	5
US17	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
US18	M	8	7	5	5	5	5	5	5	5	5
US19	M	5	6	5	5	5	5	5	5	5	5
US20	XS	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6

**Tabla 120. Resultado del ensayo de valoración del ajuste del PANTALÓN RECTO (continuación).**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE TIRO TRAS.		AJUSTE PERNERA		AJUSTE TOBILLO		Talla Exp.	Talla Usua.	Talla Zara	TALLA Hab.
		U	E	U	E	U	E				
US1	S	5	5	5	5	7	6	S	S	M	M
US2	M	5	5	6	7	5	5	L	M	L	L
US2	L	5	5	7	7	5	4	L	M	L	L
US3	XS	5	5	5	5	6	5	XS	XS	S	S
US4	XS	5	7	6	7	6	7	XS-1	XS-1	XS	XS
US5	S	5	5	6	8	6	6	S	S	M	S
US6	XS	6	6	6	7	6	6	XS	XS-1	S	S
US7	L	5	7	6	8	5	6	M	M-L	M	M
US7	M	4	5	6	7	5	5	M	M-L	M	M
US8	M	5	6	7	6	7	7	M	M	M	M

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US9	M	6	5	8	7	7	6	M	M	M	M
US10	XS	5	6	8	5	7	6	XS-1	XS	S	S
US11	L	3	4	5	5	5	5	L+1	L	XL	L
US12	XS	5	5	5	5	5	6	XS	XS	XS	S
US13	S	5	5	5	6	5	6	XS	XS	XXS	XS
US13	XS	5	5	5	5	5	5	XS	XS	XXS	XS
US14	XS	6	7	5	5	6	7	XS-1	XS	S/M	XS
US15	L	4	4	5	5	5	7	L	L	L	L
US16	L	5	5	5	5	5	5	L	M	XL	L/M
US17	M	5	5	5	5	5	5	M	M	L	M
US18	M	5	5	6	6	5	6	M	M	M	M
US19	M	5	5	5	7	5	5	M	M	M	M
US20	XS	5	5	5	6	5	5	XS	XS	M	S

*5.4.1.3 Resultados de la valoración del ajuste de la PANTALÓN ESTRECHO.*

En las tablas siguiente se muestran los resultados de la valoración del ajuste del pantalón estrecho obtenidos en el estudio de validación (Tabla 121 y Tabla 122).

**Tabla 121. Resultado del ensayo de valoración del ajuste del PANTALÓN ESTRECHO.**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE CINTURA		AJUSTE CADERA		AJUSTE MUSLO		AJUSTE PANTOR.		AJUSTE TIRO DEL.	
		U	E	U	E	U	E	U	E	U	E
US1	L	7	7	5	5	6	5	5	5	5	5
US2	XL	8	9	5	5	5	5	5	5	7	5
US3	S	6	7	6	5	6	5	6	5	6	5
US4	XS	7	6	5	5	5	5	5	4	5	5
US5	S	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
US6	XS	5	5	3	4	3	3	4	4	5	5
US7	XL	8	9	5	5	5	5	5	3	5	5
US7	L	6	8	5	5	4	4	4	1	5	5
US8	L	7	8	5	5	5	5	5	5	5	5
US8	M	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5
US9	L	8	8	5	5	5	5	5	5	5	5
US10	S	9	9	5	5	5	5	4	5	9	9

US11	XL	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5
US12	S	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6
US13	S	7	8	5	5	5	5	5	5	5	5
US13	XS	5	3	5	4	4	3	5	2	5	5
US14	XS	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
US14	S	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
US15	XL	8	8	5	6	5	6	6	7	5	5
US15	L	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5
US16	XL	8	9	5	6	5	6	5	5	5	6
US16	L	5	5	4	4	4	4	4	4	5	4
US17	L	6	7	5	5	5	5	5	4	6	5
US18	L	8	7	5	6	2	5	3	4	5	5
US18	XL	9	9	8	8	5	6	5	5	5	5
US19	XL	8	8	6	6	5	5	5	5	6	6
US19	L	5	6	5	5	4	4	4	4	5	5
US20	S	6	7	5	5	4	5	5	5	5	5

**Tabla 122. Resultado del ensayo de valoración del ajuste del PANTALÓN ESTRECHO (continuación).**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE TIRO TRAS.		AJUSTE PERNERA		AJUSTE TOB.		Talla Exp.	Talla Usua.	Talla Zara	TALLA Hab.
		U	E	U	E	U	E				
US1	L	5	5	5	5	6	8	L	L	M	M
US2	XL	5	4	7	7	5	6	XL	XL	L	L
US3	S	6	5	5	5	6	6	S	S	S	S
US4	XS	5	5	6	7	5	5	XS	XS	XS	XS
US5	S	4	4	6	8	5	5	S	S	M	S
US6	XS	5	5	6	7	5	5	XS	S	S	S
US7	XL	4	5	5	6	5	3	XL	XL	M	M
US7	L	4	4	5	5	5	3	XL	XL	M	M
US8	L	5	5	5	5	5	6	L	M	M	M
US8	M	5	5	5	5	5	5	L	M	M	M
US9	L	5	5	6	6	5	5	L	L	M	M
US10	S	8	7	7	7	5	5	S	XS	S	S
US11	XL	5	5	5	5	5	5	XL	L	XL	L

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US12	S	5	5	5	5	5	5	S	S	XS	S
US13	S	5	5	5	5	5	5	S	XS	XXS	XS
US13	XS	5	4	5	4	5	4	S	XS	XXS	XS
US14	XS	4	4	5	4	4	4	XS	S	S-M	XS
US14	S	7	7	7	7	7	7	XS	S	S-M	XS
US15	XL	4	4	5	4	5	5	L	L	L	L
US15	L	3	3	5	5	5	5	L	L	L	L
US16	XL	5	5	6	6	5	5	XL	XL	XL	L-M
US16	L	5	4	5	5	5	5	XL	XL	XL	L-M
US17	L	5	4	5	4	5	5	L	L	L	M
US18	L	5	5	5	5	5	5	L-XL	XL	M	M
US18	XL	5	5	6	7	5	5	L-XL	XL	M	M
US19	XL	6	5	5	7	5	6	L	L	M	M
US19	L	5	4	5	7	5	5	L	L	M	M
US20	S	5	5	5	6	5	5	S	S	M	S

*5.4.1.4 Resultados de la valoración del ajuste de la CHAQUETA.*

En las tablas siguiente se muestran los resultados de la valoración del ajuste de la chaqueta obtenidos en el estudio de validación (Tabla 123 y Tabla 124).

**Tabla 123. Resultado del ensayo de valoración del ajuste de la CHAQUETA.**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE PECHO		AJUSTE CINTURA		AJUSTE CADERA		AJUSTE HOMBROS		AJUSTE ESPALDA	
		U	E	U	E	U	E	U	E	U	E
US1	XS	6	5	3	5	5	5	3	3	5	5
US2	M	5	5	6	7	5	5	5	5	5	5
US3	XS	5	4	5	5	6	5	6	4	6	5
US4	XS	8	8	7	8	6	8	5	5	7	7
US5	XS	6	5	6	5	5	6	5	5	5	5
US5	S	7	8	7	8	6	8	5	6	7	7
US6	S	5	7	5	7	5	7	5	5	4	5
US7	S	6	4	5	5	5	5	5	5	4	3
US8	S	4	3	6	5	5	5	5	3	3	5
US8	M	5	5	6	7	6	7	5	5	7	7
US9	XS	5	5	5	5	5	6	5	5	5	5

US10	XS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
US11	L	6	5	6	5	6	5	5	5	5	5
US12	XS	5	5	6	6	5	5	5	5	5	5
US13	XS	6	5	5	5	5	5	5	5	6	5
US14	XS	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
US15	M	6	6	6	6	5	5	6	6	4	4
US16	L	6	5	7	7	5	8	5	6	5	6
US16	M	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
US17	M	6	7	6	6	6	6	5	5	5	5
US17	S	5	5	4	5	5	5	4	3	4	4
US18	M	7	6	7	7	7	8	5	5	5	5
US18	S	5	5	5	5	5	5	3	3	3	2
US19	M	7	7	7	7	7	7	5	5	4	6
US20	S	5	7	5	6	5	6	5	5	5	5

**Tabla 124. Resultado del ensayo de valoración del ajuste de la CHAQUETA (continuación).**

Usuaría	Talla Prueba	AJUSTE SISA		AJUSTE CONT. MANGA		LARGO TOTAL		AJUSTE LONG. MANGA		Talla Exp.	Talla Usua.	Talla Zara	Talla Hab.
		U	E	U	E	U	E	U	E				
US1	XS	5	5	5	5	5	5	7	7	XS	XS	S	M
US2	M	4	4	5	2	4	5	5	5	M	M	M	M
US3	XS	5	5	5	5	5	4	5	5	XS	XS	M	S
US4	XS	6	7	5	5	5	5	6	7	XS	XS	XS	S
US5	XS	4	4	4	4	5	5	7	7	XS	XS	S	S
US5	S	5	6	5	5	6	6	7	8	XS	XS	S	S
US6	S	4	5	5	6	5	6	7	7	S	S	S	S
US7	S	4	4	5	2	5	4	5	5	S	S	L	M
US8	S	5	4	5	3	5	6	5	5	M	M	M	M
US8	M	5	5	5	5	5	5	5	5	M	M	M	M
US9	XS	5	5	5	5	5	5	6	7	XS	XS	S	M
US10	XS	5	5	5	5	5	5	5	5	XS	XS	M	S
US11	L	5	5	5	5	5	5	5	5	L	L	XL	M-L
US12	XS	5	5	5	5	5	6	5	5	XS	XS	XS	S
US13	XS	5	5	5	5	7	7	5	5	XS	XS	XS	XS

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US14	XS	5	5	5	5	5	5	5	5	XS	XS	S	XS
US15	M	4	4	5	5	5	5	3	4	M	M	L	M
US16	L	6	5	5	6	5	5	5	5	M	M	XL	L-M
US16	M	5	5	5	3	4	4	5	4	M	M	XL	L-M
US17	M	5	5	6	5	5	5	5	5	S-M	M	S	M
US17	S	4	4	5	5	5	5	4	4	S-M	M	S	M
US18	M	6	5	6	6	5	5	5	5	M	S	M	M
US18	S	5	5	5	4	5	5	5	5	M	S	M	M
US19	M	5	5	5	5	5	5	5	5	M	S	M-L	S
US20	S	5	6	5	5	5	5	5	5	S	S	S	S

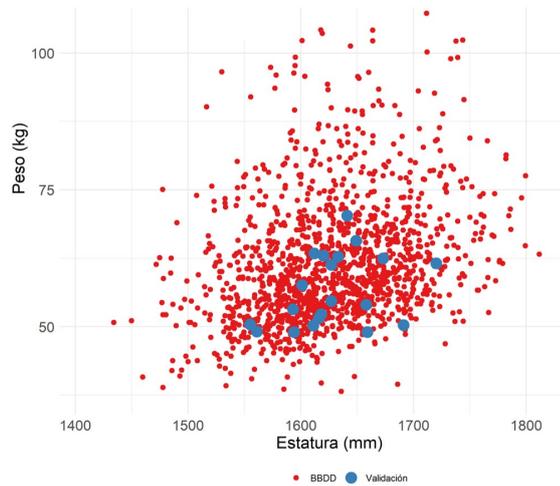
**5.4.2 Resultados de la validación de los modelos de predicción.**

La valoración de laboratorio se ha realizado con 20 usuarias. La Tabla 125 muestra las variables descriptivas de las participantes en el estudio.

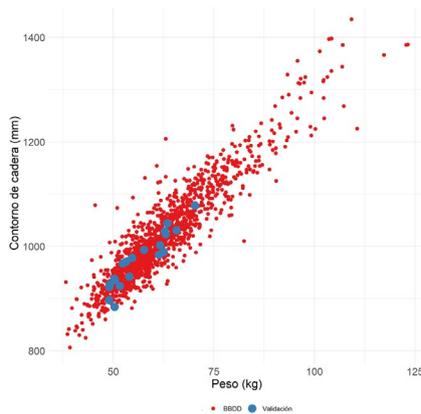
**Tabla 125. Descripción estadística, Media  $\pm$  Desviación Estándar (Rango), de la muestra de participantes en el estudio de validación.**

	<b>N=20 Mujeres</b>
<b>Peso (Kg)</b>	56.7 $\pm$ 6.7 (49.0 - 71.3)
<b>Estatura (mm)</b>	1628.0 $\pm$ 40.2 (1555.0 - 1720.0)
<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>	21.4 $\pm$ 2.4 (17.6 - 26.5)

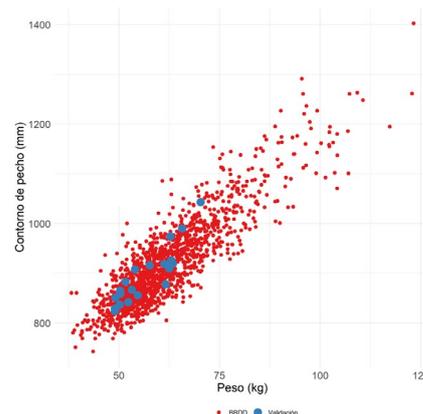
Al igual que en el estudio experimental para el entrenamiento, se comprobó el perfil antropométrico de las usuarias en relación a la población objetivo del estudio mediante gráficos de dispersión bivariados de las medidas principales en tallaje de ropa superpuestos con la población española de mujeres del grupo de edad 25-35 años del estudio antropométrico realizado en 2007-2008 en España (Alemany et al., 2010) (Figura 113-Figura 115).



**Figura 113.** Gráfico bivariado Estatura\_0011 - Peso\_9800 de las participantes en la validación superpuesto con la población española de mujeres del grupo de edad 25-35.



**Figura 114.** Gráfico bivariado Peso\_9800 – Contorno de pecho\_4510 de las participantes superpuesto con la población española de mujeres de edad 25-35.



**Figura 115.** Gráfico bivariado Peso\_9800 – Contorno de cadera\_7520 de las participantes superpuesto con la población española de mujeres de edad 25-35.

Las participantes en el estudio de validación muestran unas medidas corporales sobre la zona de mayor frecuencia de la distribución de la población española. Se pueden observar dos grupos, uno algo más sesgado a pesos bajos, alrededor de los 50kg, y otro alrededor de los 62 kg (Figura 113). Este efecto se observa también en el contorno de busto y cadera (Figura 114 y Figura 115). Esta división se debe a la selección de usuarias realizada en el IBV e Inditex.

Las medidas antropométricas requeridas para el cálculo de las probabilidades de ajuste de la talla, obtenidas mediante el sistema de escaneado corporal 3D, se muestran en la Tabla 126 y la Tabla 127.

**Tabla 126. Medidas antropométricas de las participantes en el estudio de validación (usuaria 1 a usuaria 10). Variables de entrada a los modelos de regresión logística.**

	US1	US2	US3	US4	US5	US6	US7	US8	US9	US10
Peso_9800	54,7	63,4	54,0	49,0	53,2	49,1	63,0	57,6	52,3	51,6
Estatura_0010	162,7	161,2	165,8	159,4	159,3	156,1	162,0	160,1	161,8	161,6
Alt7CV_0030	139,4	136,4	141,5	135,4	136,7	132,4	137,2	137,3	138,5	136,9
AlturaCintura Alta_0085mk	104,2	99,9	104,5	100,9	99,4	96,6	99,3	102,6	102,3	100,0
Altura nalgas_0090	85,4	79,1	83,0	76,2	79,7	76,5	83,0	77,5	80,6	84,2
Altura nalgas_0090mk	80,0	74,3	77,8	71,6	74,8	71,9	73,3	75,5	79,0	79,0
AlturaRodilla_0110	45,5	42,2	44,3	40,6	42,5	40,8	41,4	42,7	43	43,3
ContornoDiagonalTorso_2510	151,2	155,5	155,3	153,2	157,7	151,2	160,2	154,3	155,5	148,3
DistanciaentrePecho_4030	16,9	19,5	17,0	17,7	17,7	17,4	19,3	19,4	16,5	16,7
TiroTrasero_6012	40,6	41,2	39,2	37,6	41,8	40,2	42,1	38,8	40,2	37,0
ContornodeCintura_6510	68,0	71,6	64,9	64,1	70,3	65,5	71,5	76,9	63,7	64,4
ContornoCinturaAlta_6515	68,0	71,6	64,9	62,3	70,3	65,5	71,5	73,6	62,9	64,4
ContornodeCaderaAlta_7510	81,0	86,2	80,7	76,9	84,0	80,1	81,4	87,4	78,3	76,2
ContornoCaderasNalgas_7520	97,8	104,4	93,8	89,7	97,1	92,7	102,3	99,3	96,7	92,4
ContornodelVentre_7540	77,3	83,8	77,5	75,0	81,1	76,5	79,5	85,4	74,6	73,4
ContornoMáxdelVentre_7545	79,6	84,9	79,7	76,3	83,0	78,4	80,8	86,7	77,0	75,3
LongitudBrazo hasta7CV_8011	74,4	74,1	72,5	72,8	73,5	69,0	72,0	74,1	71,1	75,8
ContornoBrazo Suplzd_8520	27,8	30,1	23,6	24,4	25,0	24,8	28,2	28,6	26,4	25,5
ContornoBrazo SupDer_8521	27,0	30,3	23,4	25,3	25,2	24,5	28,8	28,6	26,2	25,5
ContBrazoSup_Media	27,4	30,2	23,5	24,9	25,1	24,7	28,5	28,6	26,3	25,5
LongitudBrazo AcromIzq_8030	56,5	56,2	55,0	54,4	53,4	52,0	54,9	56,8	53,3	56,5

<b>AnchuraBrazo SupIzo 8910</b>	9,3	10,6	8,3	8,6	8,4	8,3	9,6	10,1	8,4	7,7
<b>PerímetroMusloIzq 9515</b>	56,8	58,6	52,3	50,2	53,3	51,4	58,3	56,2	55,8	50,8
<b>PerímetroMusloDer 9516</b>	53,7	59,7	52,3	50,0	52,6	50,2	58,3	56,2	55,2	51,2
<b>ContornoRodillaIzq 9520</b>	36,7	39,6	35,8	34,0	35,2	35,6	39,0	35,8	38,1	34,4
<b>PerímetroPantorrillaIzq 9540</b>	35,1	39,2	34,4	32,9	34,3	33,7	40,5	35,2	35,7	34,7
<b>PerímetroPantorrillaDer 9541</b>	35,2	39,8	35,2	32,2	34,0	32,6	39,9	35,0	36,0	34,9

**Tabla 127. Medidas antropométricas de las participantes en el estudio de validación (usuaria 11 a usuaria 20). Variables de entrada a los modelos de regresión logística.**

	US11	US12	US13	US14	US15	US16	US17	US18	US19	US20
<b>Peso_9800</b>	70,3	49,0	50,2	50,3	62,8	65,7	61,6	62,5	61,3	50,4
<b>Estatura_0010</b>	164,1	165,9	161,1	169,1	163,3	164,9	172,0	167,3	162,7	155,5
<b>Altura7CV_0030</b>	141,3	141,8	137,3	144,9	139,4	140,9	144,2	143,2	138,8	131,9
<b>AlturaCinturaAlta 0085_mk</b>	104,7	100,8	99,2	102,6	101,6	97,3	102,5	100,1	96,7	96,4
<b>Alturadenalgas 0090</b>	82,4	81,7	80,4	83,1	82,5	81,5	83,3	80,4	80,9	79,5
<b>Alturadenalgas 0090mk</b>	77,3	76,7	75,5	77,9	77,4	76,5	78,1	75,4	75,9	74,7
<b>AlturaRodilla_0110</b>	43,9	44,0	43,7	47,5	45,0	44,2	47,1	44,1	44,1	40,7
<b>ContornoDiagonalTorso 2510</b>	164,2	151,4	142,7	150,5	150,6	154,2	160,3	160,0	155,4	145,1
<b>Distanciaentre Pechos 4030</b>	19,9	17,2	17,9	17,2	18,5	19,5	18,8	19,2	18,2	17,0
<b>TiroTrasero_6012</b>	38,5	37,3	37,2	38,1	40,3	41,2	40,8	38,7	38,4	31,8
<b>ContornodeCintura 6510</b>	92,4	68,5	65,9	63,6	73,9	78,1	69,2	72,9	73,9	72,2
<b>ContornoCinturaAlta 6515</b>	85,0	62,7	65,9	63,6	73,9	78,1	69,2	73,3	74,3	68,3
<b>ContornodeCaderaAlta 7510</b>	102,0	82,6	80,0	72,3	88,8	86,9	85,7	83,3	85,9	83,3
<b>ContornoCaderasNalgas 7520</b>	107,8	92,2	93,8	88,4	102,9	103,1	100,2	98,9	98,4	93,5
<b>ContornodelVentre 7540</b>	99,8	80,7	77,5	68,5	84,6	85,3	82,0	79,9	82,2	80,3
<b>ContornoMáxdelVentre 7545</b>	100,4	81,9	79,2	70,4	86,9	86,5	85,3	81,8	84,1	82,4

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

<b>LongitudBrazo hasta7CV 8011</b>	76,1	73,6	77,2	73,4	75,9	74,8	79,2	75,0	72,6	71,1
<b>ContornoBrazo Suplздо 8520</b>	27,3	23,5	24,5	23,0	28,1	30,0	25,5	26,8	28,5	26,4
<b>ContornoBrazo SupDer 8521</b>	26,4	23,4	25,0	23,4	28,8	30,8	26,1	26,5	29,2	27,3
<b>ContBrazoSup Media</b>	26,9	23,5	24,8	23,2	28,5	30,4	25,8	26,7	28,9	26,9
<b>LongBrazoAcr omIzq 8030</b>	57,4	55,8	55,2	53,6	57,1	55,7	60,0	55,5	53,6	54,7
<b>AnchuraBrazo Suplздо 8910</b>	10,3	7,8	8,1	7,9	10,2	9,8	7,7	9,3	9,4	9,2
<b>PerímetroMusl oIzq 9515</b>	59,3	50,8	52,1	48,9	59,2	57,5	56,4	58,8	58,2	53,4
<b>PerímetroMusl oDer 9516</b>	60,3	50,9	51,4	49,7	58,7	58,6	56,3	58,6	57,8	53,0
<b>ContornoRodill alzq 9520</b>	37,2	32,8	35,1	32,8	36,4	38,1	35,9	36,8	38,0	33,8
<b>PerímetroPant orrillaIzq 9540</b>	37,7	32,8	35,1	32,8	36,4	38,1	35,9	36,8	38,0	33,8
<b>PerímetPantorr illaDer 9541</b>	37,8	32,5	35,7	33,2	36,0	37,4	36,1	36,8	37,9	34,0

Para cada usuaria y prenda se han calculado:

- Las probabilidades de ‘Ajuste Estrecho/Corto’, ‘Ajuste Correcto’ y ‘Ajuste Holgado/Largo’ en las diferentes zonas de la prenda.
- Las probabilidades de ‘Ajuste Pequeño’ (AP), ‘Ajuste Bien’(AB) y ‘Ajuste Grande’ (AG) de las tallas de cada prenda.

Este cálculo se ha realizado aplicando las ecuaciones Ec. 4.10 - Ec. 4.12 descritas en el apartado 4.7.2.3 de material y métodos.

#### *5.4.2.1 Validación de los modelos de predicción de talla de la FALDA.*

Al tratarse de la primera prenda, y a modo de ejemplo, se han detallado en el apartado 5.3.3.1 las ecuaciones de predicción del ajuste por zonas de la falda obtenidas a partir del ajuste de modelo de regresión logística multinomial. Por lo tanto, se han calculado las probabilidades de ajuste aplicando los valores de Z obtenidos mediante las ecuaciones Ec. 5.17 - Ec. 5.40. Las probabilidades de ajuste *estrecho*, *bien* y *holgado* se han calculado mediante las ecuaciones del modelo de regresión logística Ec. 4.10 - Ec. 4.12 indicadas en el apartado 4.7.2.3 de material y métodos.

Una vez obtenidas las probabilidades de ajuste por zonas se han calculado las probabilidades de ajuste *pequeño*, *bien* y *grande* para cada talla aplicando las ecuaciones de predicción de talla Ec. 5.41 - Ec. 5.48 (apartado 5.3.4.1).

La probabilidad de ajuste de la CINTURA HOLGADA y el ajuste de la CADERA ESTRECHA son variables predictoras de la probabilidad de ajuste pequeño, bien, grande de todas las tallas. El resto de probabilidades de ajuste por zonas, tienen coeficiente cero en la ecuación de predicción de ajuste de las tallas.

Como resultado, se ha obtenido el mapa de probabilidades de ajuste de la falda por talla para las 20 usuarias participantes en el estudio de validación (Tabla 128). En la tabla se incluye la ‘talla verdadera’ seleccionada por la experta (TALLA EXP.).

**Tabla 128. Probabilidades de ajuste pequeño, bien y grande obtenidas para las 20 usuarias palpitanes en la validación aplicando los modelos de predicción de ajuste de la FALDA.**

	FALDA - PREDICIÓN DEL AJUSTE PARA CADA TALLA												TALLA EXP.
	AJUSTE PEQUEÑO				AJUSTE BIEN				AJUSTE GRANDE				
	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	
US1	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,90</b>	0,06	0,04	0,00	0,10	0,94	0,96	1,00	XS
US2	0,47	0,00	0,00	0,00	0,53	<b>0,68</b>	0,07	0,00	0,00	0,32	0,93	1,00	S
US3	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,71</b>	0,04	0,04	0,00	0,29	0,96	0,96	1,00	XS
US4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,03	0,04	0,00	<b>0,86</b>	0,97	0,96	1,00	XS-1
US5	0,02	0,00	0,00	0,00	<b>0,92</b>	0,09	0,04	0,00	0,05	0,91	0,96	1,00	XS
US6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,03	0,04	0,00	<b>0,75</b>	0,97	0,96	1,00	XS-1
US7	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,14	0,04	0,00	0,01	0,86	0,96	1,00	S
US8	0,41	0,01	0,00	0,00	0,58	<b>0,74</b>	0,08	0,00	0,00	0,25	0,92	1,00	S
US9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,03	0,04	0,00	<b>0,66</b>	0,97	0,96	1,00	XS-1
US10	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,57</b>	0,03	0,04	0,00	0,43	0,97	0,96	1,00	XS
US11	0,99	0,99	0,91	0,39	0,01	0,01	0,09	<b>0,51</b>	0,00	0,00	0,00	0,10	L
US12	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,66</b>	0,03	0,04	0,00	0,34	0,97	0,96	1,00	XS
US13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,03	0,04	0,00	<b>0,51</b>	0,97	0,96	1,00	XS-1
US14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,03	0,04	0,00	<b>0,88</b>	0,97	0,96	1,00	XS-1
US15	0,77	0,15	0,00	0,00	0,23	<b>0,82</b>	0,19	0,00	0,00	0,03	0,81	1,00	S
US16	0,87	0,61	0,00	0,00	0,13	0,39	<b>0,65</b>	0,00	0,00	0,00	0,35	1,00	M
US17	0,47	0,00	0,00	0,00	0,53	<b>0,69</b>	0,07	0,00	0,00	0,31	0,93	1,00	S
US18	0,22	0,00	0,00	0,00	<b>0,78</b>	0,31	0,05	0,00	0,00	0,69	0,95	1,00	XS
US19	0,45	0,00	0,00	0,00	0,55	<b>0,69</b>	0,07	0,00	0,00	0,31	0,93	1,00	S
US20	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,85</b>	0,05	0,04	0,00	0,14	0,95	0,96	1,00	XS

Una vez obtenido el mapa de probabilidades, hay que aplicar los criterios de selección de la talla recomendada. Los criterios aplicados han seguido el árbol de decisión descrito en el apartado de material y métodos 4.8.1.4.

En la Tabla 128, se han sombreado en gris, las probabilidades que cumplen con el árbol de decisión y que determinan la talla recomendada por el método Regresión Logística Multinomial (RGL). En la última columna, se indica la talla seleccionada por la experta, que ha sido la utilizada como referencia para verificar el método.

Las tallas recomendadas obtenidas a partir del mapa de probabilidades calculadas mediante los modelos de regresión serían correctas para todas las usuarias salvo en la usuaria US7. Por lo tanto, **la tasa de acierto del método RGL obtenida para la falda en la fase de validación es de un 95%**.

El método propuesto basado en regresión logística se ha comparado con los siguientes métodos alternativos descritos en material y métodos (4.8.1.5): Talla habitual, tabla de tallas Zara e intervalo óptimo (IO).

Para el cálculo del IO, se ha analizado la relación de la talla seleccionada con todas las posibles medidas principales (todos los contornos de cintura y cadera), y se ha seleccionado la que muestra una mayor relación, en este caso el *ContornodeCaderaAlta\_7510*. Se ha optimizado tanto el tamaño del intervalo, como la posición de los intervalos para cubrir al máximo de usuarias por talla. Como resultado, el rango de intervalos aplicado al *ContornodeCaderaAlta\_7510* es el indicado en la Tabla 129. El intervalo óptimo obtenido corresponde a un salto entre tallas de 5 cm.

**Tabla 129. Intervalo de ContornodeCaderaAlta 7510 para cada talla.**

Talla	XS	S	M	L
Valor central (cm)	82	87	92	97
Intervalo (cm)	79,5 - 84,4	84,5 - 89,4	89,5 - 99,4	94,5 - 99,4

En Tabla 130 se muestran los resultados de talla recomendada para los cuatro métodos alternativos analizados.

**Tabla 130. Talla recomendada de aplicando los métodos de Intervalo Optimo, Tabla de Tallas de Zara y la Talla Habitual.**

	Talla Experta	Contorno de Cadera Alta 7510 (cm)	Talla Intervalo	TALLA ZARA	Talla Habitual
US1	XS	81	XS	M	XS
US2	S	86,2	S	M	M
US3	XS	80,7	XS	S	XS
US4	XS-1	76,9	XS-1	S	XS
US5	XS	84	XS	M	S
US6	XS-1	80,1	XS	M	XS

US7	S	81,4	XS	M	M
US8	S	87,4	S	L	M
US9	XS-1	78,3	XS	S	M
US10	XS	76,2	XS-1	S	S
US11	L	102	L+1	XL	L
US12	XS	82,6	XS	XS	S
US13	XS-1	80	XS	S	XS
US14	XS-1	72,3	XS-1	S-M	XS
US15	S	88,8	S	M	L-M
US16	M	86,9	S	XL	L-M
US17	S	85,7	S	M	M
US18	XS	83,3	XS	M	M
US19	S	85,9	S	M	M
US20	XS	83,3	XS	M	S

Por lo tanto, para la falda, los porcentajes de acierto de cada método de recomendación se muestran en la Figura 116. El método de Regresión Logística Multinomial propuesto obtiene el porcentaje de acierto más elevado con un 95%.

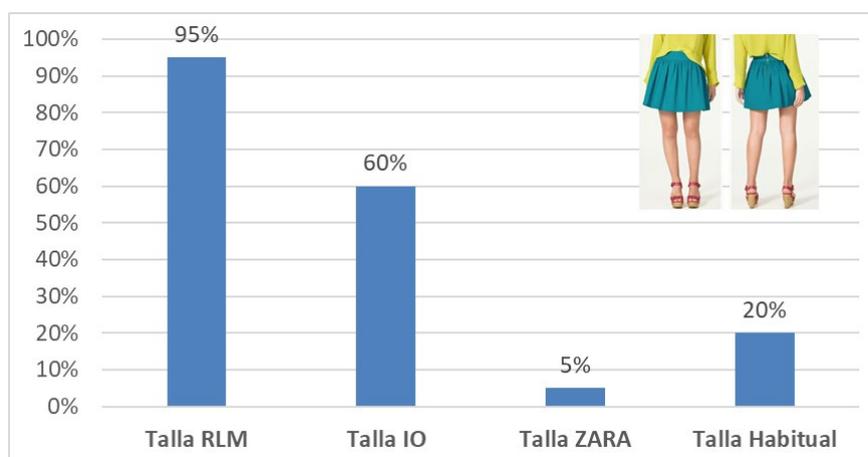


Figura 116. Porcentaje de acierto obtenidos en la fase de validación por cada método para la FALDA.

#### 5.4.2.2 Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas de la FALDA.

El ajuste de la falda se ha evaluado en 3 zonas. Para las 20 usuarias participantes en la validación se han analizados las probabilidades de ajuste estrecho/corto, 'bien' y 'holgado/largo'. El resultado de probabilidad más alta para la talla que ha probado

cada usuaria en la prueba de validación se ha comparado con las valoraciones de la experta (valor de referencia). Cuando en la talla evaluada se han obtenido probabilidades similares, con diferencias inferiores al 5% en las combinaciones ‘bien’ - ‘holgado/largo’ o ‘bien’ - ‘estrecho/corto’, se han considerado como acierto las dos opciones. Al tratarse de modelos entrenados con datos subjetivos y los datos de referencia también son subjetivos, es difícil que el modelo discrimine diferencias de probabilidad tan pequeñas.

Como resultado de la validación se ha obtenido el porcentaje de acierto de los modelos de regresión logística multinomial que predicen el ajuste por zonas en la chaqueta (Tabla 131).

**Tabla 131. Porcentaje de acierto de los modelos de RLM de ajuste por zonas obtenidos en la validación de la falda.**

	<b>Acierto MRL Tabulación cruzada</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto de los modelos de RLM aplicados a los datos de validación</b>
<b>Cintura</b>	78,00%	0,720	80,0%
<b>Cadera</b>	79,70%	0,620	80,0%
<b>Longitud</b>	78,00%	0,618	86,7%

Posteriormente se han analizado con más detalle los ajustes por zonas de varias usuarias de la validación con el objetivo de verificar si los ajustes por zonas aportan información adicional a la recomendación de talla. Para este análisis se ha seleccionado el caso US7 que ha resultado erróneo en la recomendación de selección de talla y los casos en los que la recomendación se realiza en base a un valor de probabilidad algo bajo (<0,65). En esta situación están las usuarias US9, US10, US11 y US12.

La Tabla 132 muestra el mapa de probabilidades de ajustes por zonas de la falda para los usuarios analizados.

**Tabla 132. Probabilidades de ajuste estimadas de la Falda para los usuarios US7, US9, US10, US11 y US13.**

<b>US7 Talla Experto = S Talla Valorada = S</b>		<b>PROBABILIDAD</b>			
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>Pl</b>
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	0,06	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,64	0,11	0,01	0,00
	HOLGADA	0,29	<b>0,89</b>	0,99	1,00
<b>CADERA</b>	ESTRECHA	0,28	0,10	0,02	0,00
	BIEN	0,72	<b>0,90</b>	0,96	0,39
	HOLGADA	0,00	0,00	0,03	0,61
<b>LONGITUD</b>	CORTA	0,26	0,09	0,00	1,00

	BIEN	0,00	0,00	0,00	0,00
	LARGA	0,74	<b>0,91</b>	1,00	0,00
<b>US9</b> Talla Experto = XS-1 Talla Valorada = XS		<b>PROBABILIDAD</b>			
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>PI</b>
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,25	0,02	0,00	0,00
	HOLGADA	<b>0,75</b>	0,98	1,00	1,00
<b>CADERA</b>	ESTRECHA	0,03	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,97</b>	0,31	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,69	1,00	1,00
<b>LONGITUD</b>	CORTA	0,18	0,14	0,06	0,03
	BIEN	<b>0,82</b>	0,86	0,93	0,97
	LARGA	0,00	0,00	0,01	0,00
<b>US10</b> Talla Experto = XS Talla Valorada XS		<b>PROBABILIDAD</b>			
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>PI</b>
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	0,01	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,20	0,01	0,00	0,00
	HOLGADA	<b>0,79</b>	0,99	1,00	1,00
<b>CADERA</b>	ESTRECHA	0,02	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,97</b>	0,14	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,86	1,00	1,00
<b>LONGITUD</b>	CORTA	0,04	0,01	0,00	0,99
	BIEN	0,00	0,00	0,00	0,01
	LARGA	<b>0,96</b>	0,99	1,00	0,00
<b>US11</b> Talla Experto = L Talla Valorada =L		<b>PROBABILIDAD</b>			
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>PI</b>
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	1,00	1,00	1,00	0,17
	BIEN	0,00	0,00	0,00	<b>0,55</b>
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,28
<b>CADERA</b>	ESTRECHA	0,97	0,91	0,60	0,31
	BIEN	0,03	0,09	0,40	<b>0,69</b>
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>LONGITUD</b>	CORTA	0,90	0,87	0,74	<b>0,56</b>
	BIEN	0,10	0,13	0,26	0,44
	LARGA	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>US13</b> Talla Experto = XS-1 Talla Valorada = XS		<b>PROBABILIDAD</b>			

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CINTURA	ESTRECHA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,39	0,03	0,00	0,00
	HOLGADA	<b>0,61</b>	0,97	1,00	1,00
CADERA	ESTRECHA	0,03	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,96</b>	0,16	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,83	1,00	1,00
LONGITUD	CORTA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>1,00</b>	1,00	1,00	1,00
	LARGA	0,00	0,00	0,00	0,00

El resumen del estudio comparativo entre las probabilidades de ajuste estimadas y la valoración realizada por la experta se muestra en la Tabla 133. La comparación se ha realizado con la talla valorada y las probabilidades de la misma talla obtenidas por los modelos de regresión logística multinomial.

Los resultados muestran que, para las tres zonas, la estimación del ajuste ha fallado en una usuaria. Los fallos se han indicado con las celdas sombreadas en gris.

**Tabla 133. Probabilidades de ajustes por zonas de la falda comprado con la valoración de la experta en las pruebas de ajuste.**

USUARIA	Zona de Ajuste FALDA	Resultado del Mapa de Probabilidades (Tabla 132)	Valoración Experta Prueba de Ajuste
US7 (S)	Cintura	Holgada (P0,89)	Algo Holgada
	Cadera	Bien (P0,90)	Bien
	Largo	<b>Largo (P0,91)</b>	Bien
US9 (XS)	Cintura	Holgada (P0,75)	Holgada
	Cadera	Bien (P0,97)	Bien
	Largo	Bien (P0,82)	Bien
US10 (XS)	Cintura	Holgada (P0,79)	Holgada
	Cadera	Bien (P0,97)	Holgada
	Largo	<b>Largo (P0,96)</b>	Bien
US11 (L)	Cintura	Bien (P0,55)	Bien
	Cadera	Bien (P0,69)	Bien
	Largo	Corta (P0,56)	Corta
US13	Cintura	Holgada (P0,61)	Holgada
	Cadera	Bien (P0,96)	Bien
	Largo	Bien (P1,00)	Bien

#### 5.4.2.3 Validación de los modelos de predicción de talla del PANTALÓN RECTO.

Las probabilidades de ajuste *estrecho, bien y holgado* de las zonas del pantalón recto se han calculado mediante las ecuaciones del modelo de regresión logística Ec. 4.10 - Ec. 4.12 indicadas en el apartado 4.7.2.3 de material y métodos aplicando los coeficientes reportados en el apartado 5.3.3.2 (Tabla 66, Tabla 68, Tabla 70, Tabla 72, Tabla 74, Tabla 76 y Tabla 78).

Una vez obtenidas las probabilidades de ajuste por zonas se han calculado las probabilidades de ajuste *pequeño, bien y grande* para cada talla aplicando las ecuaciones Ec. 5.49 - Ec. 5.56 (apartado 5.3.4.2).

La probabilidad de ajuste del PANTORRILLA ESTRECHA, MUSLO BIEN, CINTURA ESTRECHA son variables predictoras de la probabilidad de ajuste pequeño, bien, grande de todas las tallas del pantalón RECTO. El resto de probabilidades de ajuste por zonas, tienen coeficiente cero en la ecuación de predicción de ajuste de las tallas.

La Tabla 134 muestra, para las 20 usuarias, las probabilidades de tener un ajuste pequeño, bien y grande con cada talla para el pantalón recto. En la tabla se incluye la 'talla verdadera' seleccionada por la experta (TALLA EXP.).

**Tabla 134. Probabilidades de ajuste pequeño, bien y grande obtenidas para las 20 palpitantes en la validación aplicando los modelos de predicción de ajuste del PANTALÓN RECTO.**

PREDICIÓN DEL AJUSTE PARA CADA TALLA - PANTALÓN RECTO													
	AJUSTE PEQUEÑO				AJUSTE BIEN				AJUSTE GRANDE				TALLA EXP.
	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	
US1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,00	0,02	0,00	0,02	1,00	0,98	S
US2	1,00	1,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,03	<b>0,90</b>	0,00	0,00	0,00	0,10	L
US3	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,91</b>	0,00	0,02	0,00	0,09	1,00	0,98	XS
US4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,02	<b>0,97</b>	0,99	1,00	0,98	XS-1
US5	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,00	0,02	0,00	0,02	1,00	0,98	S
US6	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,94</b>	0,01	0,00	0,02	0,06	0,99	1,00	0,98	XS
US7	1,00	0,99	0,18	0,00	0,00	0,01	<b>0,81</b>	0,07	0,00	0,00	0,00	0,93	M
US8	1,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,02	<b>0,93</b>	0,05	0,00	0,00	0,07	0,95	M
US9	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,99</b>	0,01	0,02	0,00	0,00	0,99	0,98	S
US10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,01	0,00	0,02	<b>0,96</b>	0,99	1,00	0,98	XS-1
US11	1,00	1,00	1,00	<b>0,88</b>	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	L+1
US12	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,99</b>	0,51	0,00	0,02	0,00	0,49	1,00	0,98	XS
US13	0,02	0,00	0,00	0,00	<b>0,97</b>	0,19	0,00	0,02	0,00	0,81	1,00	0,98	XS
US14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	0,00	0,02	<b>0,98</b>	0,91	1,00	0,98	XS-1

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US15	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,97</b>	0,00	0,00	0,00	0,03	L
US16	1,00	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,04	<b>0,80</b>	0,00	0,00	0,00	0,20	L
US17	1,00	1,00	0,10	0,00	0,00	0,00	<b>0,89</b>	0,86	0,00	0,00	0,00	0,14	M
US18	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	<b>0,99</b>	0,87	0,00	0,00	0,00	0,13	M
US19	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,99</b>	0,14	0,00	0,00	0,01	0,86	M
US20	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>1,00</b>	0,40	0,00	0,02	0,00	0,60	1,00	0,98	XS

Una vez obtenido el mapa de probabilidades, la selección de la talla se ha obtenido aplicando el árbol de decisión descrito en el apartado de material y métodos 4.8.1.4. En la Tabla 134 se han sombreado en gris las probabilidades que cumplen con el árbol de decisión y que determinan la talla recomendada por el método RGL. En la última columna, se indica la talla seleccionada por la experta, que ha sido la utilizada como referencia para verificar el método.

Las tallas recomendadas obtenidas a partir del mapa de probabilidades calculadas mediante los modelos de regresión serían correctas para todas las usuarias salvo en el caso, US3. Por lo tanto, **la tasa de acierto del método RGL obtenida en la fase de validación es de un 95%**.

Para el cálculo del IO, se ha analizado la relación de la talla seleccionada con todas las posibles medidas principales (todos los contornos de cintura y cadera), y se ha seleccionado la que muestra una mayor relación, en este caso, el *ContornodeCaderasNalgas\_7520*. Los intervalos aplicados tras analizar la relación de esta medida con la talla seleccionada se indican en la Tabla 135. En este caso, el intervalo óptimo corresponde a un salto entre tallas de 4 cm.

**Tabla 135. Intervalo de ContornodeCaderasNalgas\_7520 para cada talla.**

Talla	XS	S	M	L
Valor central (cm)	92	96	100	104
Intervalo (cm)	90,0 - 93,9	94,0 - 97,9	98,0 - 101,9	102,0 - 105,9

En la Tabla 136 se muestran los resultados de talla recomendada para los cuatro métodos alternativos analizados y los porcentajes de acierto de cada método de recomendación para el pantalón recto se muestran en la Figura 117. El método de Regresión Logística Multinomial propuesto obtiene el porcentaje de acierto más elevado con un 95%.

**Tabla 136. Talla recomendada por los métodos de Intervalo Optimo, Tabla de Tallas de Zara y la Talla Habitual.**

	Talla Experta	Contorno de Cadera Alta 7510 (cm)	Talla Intervalo	TALLA ZARA	Talla Habitual
US1	S	97,8	S	M	M

US2	L	104,4	L	L	L
US3	XS	94,2	S	S	S
US4	XS-1	89,7	XS-1	XS	XS
US5	S	97,1	S	M	S
US6	XS	92,7	XS	S	S
US7	M	102,3	L	M	M
US8	M	99,3	M	M	M
US9	M	96,7	S	M	M
US10	XS-1	92,4	XS	S	S
US11	L+1	107,8	L+1	XL	L
US12	XS	92,2	XS	XS	S
US13	XS	93,8	XS	XXS	XS
US14	XS-1	88,4	XS-1	S/M	XS
US15	L	102,9	L	L	L
US16	L	103,1	L	XL	L/M
US17	M	100,2	M	L	M
US18	M	98,9	M	M	M
US19	M	98,4	M	M	M
US20	XS	93,5	XS	M	S

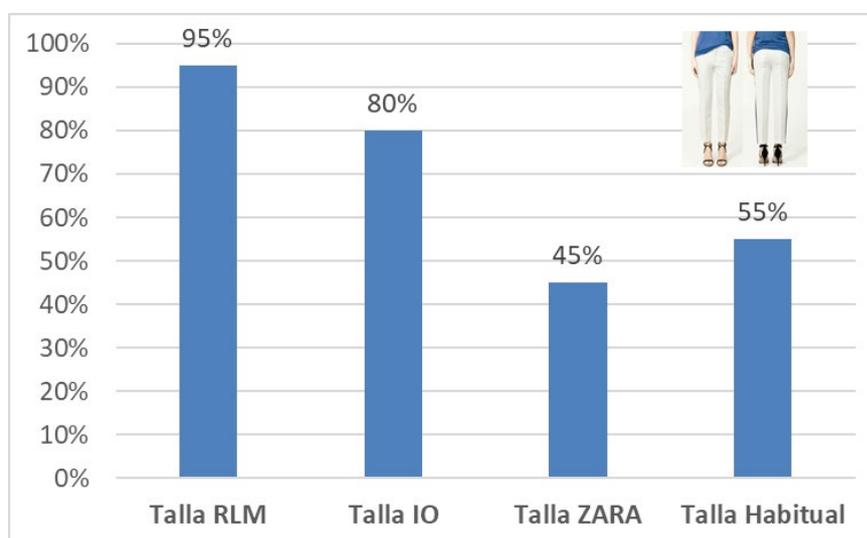


Figura 117. Porcentaje de acierto obtenidos en la fase de validación por cada método para el PANTALÓN RECTO.

#### 5.4.2.4 Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas del PANTALÓN RECTO.

El ajuste del pantalón recto se ha evaluado en 7 zonas. Para las 20 usuarias participantes en la validación se han analizados las probabilidades de ajuste estrecho/corto', 'bien' y 'holgado/largo'. El resultado de probabilidad más alta para la talla que ha probado cada usuaria en la prueba de validación, se ha comparado con las valoraciones de la experta (valor de referencia). Cuando en la talla evaluada se han obtenido probabilidades similares, con diferencias inferiores al 5% en las combinaciones 'bien' - 'holgado/largo' o 'bien' - 'estrecho/corto', se han considerado como acierto las dos opciones. Al tratarse de modelos entrenados con datos subjetivos comparado con datos de referencia también subjetivos, es difícil que el modelo discrimine en diferencias de probabilidad tan pequeñas.

Como resultado de la validación se ha validado el porcentaje de acierto de los modelos de regresión logística multinomial que predicen el ajuste por zonas en el pantalón recto (Tabla 137).

**Tabla 137. Porcentaje de acierto de los modelos de RLM de ajuste por zonas obtenidos en la validación del pantalón recto.**

	<b>Acierto MRL (Tabla de clasificación)</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto de los modelos de RLM aplicados a los datos de validación</b>
<b>Cintura</b>	91,7%	0,899	81,3%
<b>Cadera</b>	82,6%	0,874	100,0%
<b>Muslo</b>	82,6%	0,826	81,3%
<b>Pantorrilla</b>	80,7%	0,723	81,3%
<b>Tiro Delantero</b>	82,6%	0,758	87,5%
<b>Pernera</b>	78,0%	0,712	87,5%
<b>Tiro Trasero</b>	75,2%	0,676	87,5%

Posteriormente se han analizado con más detalle los ajustes por zonas de varias usuarias de la validación con el objetivo de verificar si los ajustes por zonas aportan información adicional a la recomendación de talla. Para este análisis se ha seleccionado el caso US3 que ha resultado erróneo en la recomendación de selección de talla y los casos en los que la recomendación se realiza en base a un valor de probabilidad algo bajo (<0,80). En esta situación están las usuarias US7 y US16.

Además, las valoraciones del ajuste en la cintura de la talla seleccionada por la experta, suelen ser muy holgadas en la cintura, mientras que en la cadera suelen ser correctas. Para que cuando el pantalón ajusta adecuadamente en la cadera, la cintura es holgada. Para contrastar si es posible detectar este efecto con los modelos de predicción de ajuste por zonas, se han seleccionado las dos usuarias con valoraciones de ajuste en la cintura más holgadas (US2 y US9).

La Tabla 138 muestra el mapa de probabilidades de ajustes por zonas del pantalón recto para los usuarios analizados.

**Tabla 138. Probabilidades de ajuste estimadas del Pantalón Recto para los usuarios US3, US7, US16, US2 y US9.**

US3 Talla Valorada = XS Talla Experta = XS		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	PI
TIRO DELANTERO	CORTO	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,97</b>	0,85	0,05	0,01
	LARGO	0,03	0,15	0,95	0,99
CINTURA	ESTRECHA	0,37	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,63</b>	0,00	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	1,00	1,00	1,00
CADERA	ESTRECHA	<b>0,97</b>	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,03	0,62	0,06	0,00
	HOLGADA	0,00	0,38	0,94	1,00
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,01	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,92</b>	0,45	0,04	0,00
	HOLGADA	0,07	0,55	0,96	1,00
US7 Talla Valorada = M Talla Experta = M		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	PI
TIRO DELANTERO	CORTO	1,00	0,47	0,01	0,00
	BIEN	0,00	0,52	<b>0,60</b>	0,16
	LARGO	0,00	0,00	0,39	0,84
CINTURA	ESTRECHA	0,99	0,08	0,00	0,00
	BIEN	0,01	0,27	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,65	<b>1,00</b>	1,00
CADERA	ESTRECHA	1,00	1,00	<b>0,98</b>	0,00
	BIEN	0,00	0,00	0,02	0,44
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,56
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,65	0,51	0,11	0,00
	BIEN	0,35	0,49	<b>0,85</b>	0,03
	HOLGADA	0,00	0,00	0,04	0,97
US16 Talla Valorada = M Talla Experta = L		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	PI
TIRO DELANTERO	CORTO	1,00	0,74	0,04	0,00
	BIEN	0,00	0,26	<b>0,93</b>	0,76

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

	LARGO	0,00	0,00	0,04	0,24
CINTURA	ESTRECHA	1,00	0,86	0,00	0,00
	BIEN	0,00	0,14	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,00	<b>1,00</b>	1,00
CADERA	ESTRECHA	1,00	1,00	<b>1,00</b>	0,00
	BIEN	0,00	0,00	0,00	0,72
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,28
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,22	0,14	0,02	0,00
	BIEN	0,78	0,86	<b>0,96</b>	0,07
	HOLGADA	0,00	0,00	0,02	0,93
US2 Talla Valorada = L Talla Experta = L		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
TIRO DELANTERO	CORTO	1,00	0,90	0,11	0,00
	BIEN	0,00	0,10	0,85	<b>0,76</b>
	LARGO	0,00	0,00	0,03	0,24
CINTURA	ESTRECHA	1,00	0,66	0,00	0,00
	BIEN	0,00	0,34	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	0,00	1,00	<b>1,00</b>
CADERA	ESTRECHA	1,00	1,00	1,00	0,00
	BIEN	0,00	0,00	0,00	<b>0,88</b>
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,12
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,43	0,29	0,05	0,01
	BIEN	0,57	0,71	0,94	0,15
	HOLGADA	0,00	0,00	0,01	<b>0,84</b>
US9 Talla Valorada = M Talla Experta = M		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
TIRO DELANTERO	CORTO	0,11	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,88	0,95	0,15	0,02
	LARGO	0,01	0,04	<b>0,85</b>	0,98
CINTURA	ESTRECHA	0,12	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,87	0,00	0,00	0,00
	HOLGADA	0,01	1,00	<b>1,00</b>	1,00
CADERA	ESTRECHA	1,00	0,44	0,00	0,00
	BIEN	0,00	0,53	0,45	0,00
	HOLGADA	0,00	0,02	<b>0,55</b>	1,00
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,11	0,06	0,00	0,00
	BIEN	0,88	0,84	0,30	0,00
	HOLGADA	0,01	0,10	<b>0,69</b>	1,00

El resumen del estudio comparativo entre las probabilidades de ajuste estimadas y la valoración realizada por la experta se muestra en la Tabla 139. La comparación se ha realizado con la talla valorada y las probabilidades de la misma talla obtenidas por los modelos de regresión logística multinomial.

Los resultados muestran que la estimación del ajuste en la cadera se ha realizado correctamente en todos los casos. La predicción de ajuste en la cintura, pantorrilla y tiro delantero ha fallado en una usuaria del grupo al que se ha realizado la exploración en detalle de la probabilidad por zonas. Los fallos se han indicado con las celdas sombreadas en gris.

**Tabla 139. Probabilidades de ajustes por zonas del pantalón recto comprado con la valoración de la experta en las pruebas de ajuste.**

USUARIA	Zona de Ajuste PANTALÓN RECTO	Resultado del mapa de probabilidades por zonas	Valoración Experta Prueba de Ajuste
US3 (XS)	Tiro Delantero	Bien (P0,97)	Bien
	Cintura	Bien (P0,63)	Bien
	Cadera	Estrecha (P0,97)	Algo Estrecha
	Pantorrilla	Bien (P0,92)	Bien
US7 (M)	Tiro Delantero	Bien (P0,60)	Bien
	Cintura	Holgada (P1,00)	Holgada
	Cadera	Estrecha (P0,98)	Estrecha
	Pantorrilla	Bien (P0,95)	Bien
US16 (M)	Tiro Delantero	Bien (P0,93)	Bien
	Cintura	Holgada (P1,00)	Bien
	Cadera	Estrecha (P1,00)	Estrecha
	Pantorrilla	Bien (P0,96)	Bien
US2 (L)	Tiro Delantero	Bien (P0,76)	Algo Largo
	Cintura	Holgada (P1,00)	Muy Holgada
	Cadera	Bien (P0,88)	Bien
	Pantorrilla	Holgada (P0,84)	Bien
US9 (M)	Tiro Delantero	Largo (P0,85)	Muy Largo
	Cintura	Holgada (P1,00)	Muy Holgada
	Cadera	Holgada (P0,55)	Algo Holgada
	Pantorrilla	Holgada (P0,69)	Algo Holgada

#### 5.4.2.5 Validación de los modelos de predicción de talla del PANTALÓN ESTRECHO.

Las probabilidades de ajuste *estrecho*, *bien* y *holgado* de las zonas del pantalón estrecho se han calculado mediante las ecuaciones del modelo de regresión logística Ec. 4.10 - Ec. 4.12 indicadas en el apartado 4.7.2.3 de material y métodos aplicando los coeficientes reportados en el apartado 5.3.3.3 (Tabla 80, Tabla 82, Tabla 84, Tabla 86, Tabla 88, Tabla 90 y Tabla 92).

Una vez obtenidas las probabilidades de ajuste por zonas se han calculado las probabilidades de ajuste *pequeño, bien y grande* para cada talla aplicando las ecuaciones Ec. 5.57 - Ec. 5.66 (apartado 5.3.4.2).

La probabilidad de ajuste del TIRO DELANTERO LARGO, CINTURA ESTRECHA, CADERA ESTRECHA y PANTORRILLA HORLGADA son variables predictoras de la probabilidad de ajuste pequeño, bien, grande de todas las tallas del pantalón estrecho. El resto de probabilidades de ajuste por zonas, tienen coeficiente cero en la ecuación de predicción de ajuste de las tallas.

La Tabla 140 muestra, para las 20 usuarias, las probabilidades de tener un ajuste pequeño, bien y grande con cada talla del pantalón estrecho. En la tabla se incluye la ‘talla verdadera’ seleccionada por la experta (Talla Exp.).

**Tabla 140. Probabilidades de ajuste pequeño, bien y grande obtenidas para las 20 usuarias palpitantes en la validación aplicando los modelos de predicción de ajuste del PANTALÓN ESTRECHO.**

PREDICIÓN DEL AJUSTE PARA CADA TALLA PANTALÓN ESTRECHO																Talla Exp.
AJUSTE PEQUEÑO					AJUSTE BIEN					AJUSTE GRANDE						
P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XL</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XL</sub>	P <sub>XS</sub>	P <sub>S</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>XL</sub>		
US1	0,95	0,40	0,23	0,04	0,00	0,05	0,60	0,37	<b>0,62</b>	0,02	0,00	0,00	0,40	0,34	0,98	L
US2	0,99	1,00	0,99	0,71	0,11	0,01	0,00	0,01	0,29	<b>0,88</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	XL
US3	0,84	0,26	0,11	0,02	0,00	0,16	<b>0,74</b>	0,25	0,26	0,02	0,00	0,00	0,64	0,72	0,98	S
US4	0,17	0,06	0,01	0,00	0,00	<b>0,83</b>	0,35	0,01	0,01	0,01	0,00	0,59	0,98	0,98	0,98	XS
US5	0,97	0,10	0,03	0,02	0,00	0,03	<b>0,72</b>	0,11	0,29	0,02	0,00	0,18	0,85	0,68	0,98	S
US6	0,21	0,07	0,01	0,00	0,00	<b>0,79</b>	0,42	0,02	0,02	0,01	0,00	0,52	0,98	0,98	0,98	XS
US7	0,99	0,91	0,92	0,69	0,20	0,01	0,09	0,08	0,31	<b>0,80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	XL
US8	0,99	0,94	0,69	0,04	0,01	0,01	0,06	0,31	<b>0,74</b>	0,06	0,00	0,00	0,00	0,22	0,94	L
US9	0,94	0,70	0,68	0,04	0,00	0,06	0,30	0,31	<b>0,73</b>	0,03	0,00	0,00	0,01	0,23	0,96	L
US10	0,52	0,10	0,02	0,01	0,00	0,48	<b>0,66</b>	0,06	0,07	0,01	0,00	0,23	0,92	0,92	0,98	S
US11	0,99	1,00	1,00	0,98	0,07	0,01	0,00	0,00	0,02	<b>0,91</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	XL
US12	0,70	0,09	0,01	0,01	0,00	0,30	<b>0,62</b>	0,04	0,03	0,01	0,00	0,29	0,95	0,96	0,98	S
US13	0,69	0,13	0,03	0,01	0,00	0,31	<b>0,70</b>	0,07	0,10	0,01	0,00	0,16	0,91	0,88	0,98	S
US14	0,35	0,07	0,01	0,00	0,00	<b>0,65</b>	0,38	0,01	0,01	0,01	0,00	0,55	0,98	0,98	0,98	XS
US15	0,99	1,00	0,99	0,27	0,03	0,01	0,00	0,01	<b>0,73</b>	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	L
US16	0,99	0,99	0,98	0,59	0,07	0,01	0,01	0,02	0,41	<b>0,86</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	XL
US17	0,99	0,94	0,91	0,32	0,01	0,01	0,06	0,09	<b>0,68</b>	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	L
US18	0,99	0,96	0,93	0,53	0,05	0,01	0,04	0,07	0,47	<b>0,73</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	L-XL

US19	0,99	0,98	0,95	0,48	0,03	0,01	0,02	0,05	0,52	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53	L
US20	0,96	0,09	0,03	0,03	0,00	0,04	0,63	0,10	0,41	0,02	0,00	0,28	0,87	0,56	0,98	S

Una vez obtenido el mapa de probabilidades, la selección de la talla se ha obtenido aplicando el árbol de decisión descrito en el apartado de material y métodos 4.8.1.4. En la Tabla 140 se han sombreado en gris las probabilidades que cumplen con el árbol de decisión, y que determinan la talla recomendada por el método RGL. En la última columna, se indica la talla seleccionada por la experta, que ha sido la utilizada como referencia para verificar el método. **La tasa de acierto del del método RGL obtenida en la fase de validación es de un 100%.**

Para el cálculo del IO, se ha analizado la relación de la talla seleccionada con todas las posibles medidas principales (todos los contornos de cintura y cadera), y se ha seleccionado la que muestra una mayor relación, en este caso, el *ContornodeCaderasNalgas\_7520*. Los intervalos aplicados tras analizar la relación de esta medida con la talla seleccionada se indican en la Tabla 141. El intervalo óptimo corresponde a un salto entre tallas de 4 cm.

**Tabla 141. Intervalo de ContornodeCaderasNalgas\_7520 para cada talla.**

Talla	XS	S	M	L	XL
Valor central (cm)	91	95	99	103	107
Intervalo (cm)	89,0 - 92,9	93,0 - 96,9	97,0 - 100,9	101,0 - 104,9	105,0 - 108,9

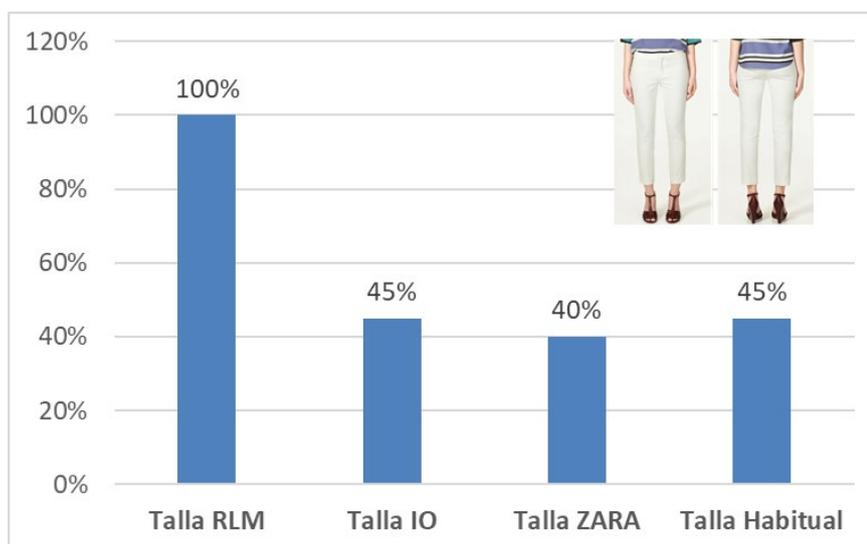
En la Tabla 142 se muestran los resultados de talla recomendada para los cuatro métodos alternativos analizados y los porcentajes de acierto, para el pantalón estrecho, de cada método de recomendación, se muestran en la Figura 118. El método de Regresión Logística Multinomial propuesto obtiene el porcentaje de acierto más elevado con un 100%.

**Tabla 142. Talla recomendada por los métodos de Intervalo Optimo, Tabla de Tallas de Zara y la Talla Habitual.**

	Talla Experta	Contorno de Cadera Alta 7510 (cm)	Talla Intervalo	TALLA ZARA	Talla Habitual
US1	L	97,8	M	M	M
US2	XL	104,4	L	L	L
US3	S	93,8	S	S	S
US4	XS	89,7	XS	XS	XS
US5	S	97,1	M	M	S
US6	XS	92,7	XS	S	S
US7	XL	102,3	L	M	M
US8	M	99,3	M	M	M

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US9	L	96,7	S	M	M
US10	S	92,4	XS	S	S
US11	XL	107,8	XL	XL	L
US12	S	92,2	XS	XS	S
US13	S	93,8	S	XXS	XS
US14	XS	88,4	XS-1	S/M	XS
US15	L	102,9	L	L	L
US16	XL	103,1	L	XL	L/M
US17	L	100,2	M	L	M
US18	L-XL	98,9	M	M	M
US19	L	98,4	M	M	M
US20	S	93,5	S	M	S



**Figura 118. Porcentaje de acierto obtenidos en la fase de validación por cada método para el PANTALÓN ESTRECHO.**

*5.4.2.6 Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas del PANTALÓN ESTRECHO.*

El ajuste del pantalón estrecho se ha evaluado en 7 zonas. El ajuste de la falda se ha evaluado en 3 zonas. Para las 20 usuarias participantes en la validación se han analizado las probabilidades de ajuste estrecho/corto, 'bien' y 'holgado/largo'. El resultado de probabilidad más alta para la talla que ha probado cada usuaria en la prueba de validación, se ha comparado con las valoraciones de la experta (valor de

referencia). Cuando en la talla evaluada se han obtenido probabilidades similares, con diferencias inferiores al 5% en las combinaciones ‘bien’ - ‘holgado/largo’ o ‘bien’ - ‘estrecho/corto’, se han considerado como acierto las dos opciones. Al tratarse de modelos entrenados con datos subjetivos y los datos de referencia también son subjetivos, es difícil que el modelo discrimine con diferencias de probabilidad tan pequeñas.

Como resultado de la validación se ha obtenido el porcentaje de acierto de los modelos de regresión logística multinomial que predicen el ajuste por zonas en la chaqueta (Tabla 143).

**Tabla 143. Porcentaje de acierto de los modelos de RLM de ajuste por zonas obtenidos en la validación del pantalón estrecho.**

	Acierto MRL Tabulación cruzada	R <sup>2</sup> Nagelkerke	Acierto de los modelos de RLM aplicados a los datos de validación
<b>Cintura</b>	84,3%	0,817	90,0%
<b>Cadera</b>	73,3%	0,628	90,0%
<b>Muslo</b>	71,7%	0,650	95,0%
<b>Pantorrilla</b>	80,0%	0,81	95,0%
<b>Tiro Delantero</b>	80,8%	0,527	80,0%
<b>Pernera</b>	82,5%	0,815	100,0%
<b>Tiro Trasero</b>	75,0%	0,496	75,0%

Posteriormente se han analizado con más detalle los ajustes por zonas de varias usuarias de la validación con el objetivo de identificar si los ajustes por zonas aportan información adicional a la recomendación de talla. Para este análisis se ha seleccionado los casos en los que la recomendación se realiza en base a un valor de probabilidad algo bajo ( $\leq 0,65$ ). En esta situación están las usuarias US1, US12, US14, US19 y US20.

La Tabla 144 muestra el mapa de probabilidades de ajustes por zonas del pantalón estrecho para las usuarias analizadas.

**Tabla 144. Probabilidades de ajuste estimadas del Pantalón Estrecho para los usuarios US1, US12, US14, US19 y US20.**

US1 Talla Valorada = L Talla Experta = L		PROBABILIDAD				
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl	Pxl
PANTORRILLA	ESTRECHA	1,00	0,50	0,19	0,00	0,00
	BIEN	0,00	0,45	0,75	<b>0,81</b>	0,07
	HOLGADA	0,00	0,04	0,06	0,18	0,93
MUSLO	ESTRECHA	0,87	0,52	0,53	0,07	0,00
	BIEN	0,13	0,44	0,40	<b>0,67</b>	0,04
	HOLGADA	0,00	0,03	0,07	0,26	0,96

Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario

CINTURA	ESTRECHA	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,40	0,10	0,04	0,00	0,00
	HOLGADA	0,01	0,90	0,96	<b>1,00</b>	1,00
<b>US12</b> Talla Valorada = S Talla Experta = S		<b>PROBABILIDAD</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>Pl</b>	<b>Pxl</b>
PANTORRILLA	ESTRECHA	0,98	0,01	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,02	<b>0,48</b>	0,55	0,30	0,01
	HOLGADA	0,00	<b>0,50</b>	0,45	0,70	0,99
MUSLO	ESTRECHA	0,42	0,07	0,06	0,00	0,00
	BIEN	0,58	<b>0,59</b>	0,39	0,24	0,01
	HOLGADA	0,00	0,33	0,55	0,75	0,99
CINTURA	ESTRECHA	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,64	0,04	0,02	0,00	0,00
	HOLGADA	0,03	<b>0,96</b>	0,98	1,00	1,00
<b>US14</b> Talla Valorada = XS Talla Experta = XS		<b>PROBABILIDAD</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>Pl</b>	<b>Pxl</b>
PANTORRILLA	ESTRECHA	<b>0,99</b>	0,02	0,01	0,00	0,00
	BIEN	0,01	0,60	0,67	0,42	0,01
	HOLGADA	0,00	0,37	0,32	0,58	0,99
MUSLO	ESTRECHA	0,37	0,04	0,03	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,63</b>	0,45	0,25	0,14	0,00
	HOLGADA	0,00	0,50	0,72	0,86	1,00
CINTURA	ESTRECHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	HOLGADA	<b>0,99</b>	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>US19</b> Talla Valorada = L Talla Experta = L		<b>PROBABILIDAD</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>Pl</b>	<b>Pxl</b>
PANTORRILLA	ESTRECHA	1,00	1,00	1,00	<b>0,81</b>	0,03
	BIEN	0,00	0,00	0,00	0,19	0,83
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
MUSLO	ESTRECHA	0,99	0,95	0,96	<b>0,64</b>	0,08
	BIEN	0,01	0,05	0,04	0,36	0,39
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,01	0,53
CINTURA	ESTRECHA	1,00	0,59	0,15	0,00	0,00
	BIEN	0,00	0,40	0,83	0,05	0,00
	HOLGADA	0,00	0,00	0,02	<b>0,95</b>	1,00
<b>US20</b> Talla Valorada = S Talla Experta = S		<b>PROBABILIDAD</b>				
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>Pl</b>	<b>Pxl</b>

<b>PANTORRILLA</b>	ESTRECHA	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,07	0,20	0,25	0,10	0,00
	HOLGADA	0,01	<b>0,79</b>	0,75	0,90	1,00
<b>MUSLO</b>	ESTRECHA	0,76	0,33	0,32	0,03	0,00
	BIEN	0,24	<b>0,60</b>	0,51	0,57	0,02
	HOLGADA	0,00	0,07	0,16	0,40	0,98
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,24	0,25	0,13	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	<b>0,75</b>	0,87	1,00	1,00

El resumen del estudio comparativo entre las probabilidades de ajuste estimadas y la valoración realizada por la experta se muestra en la Tabla 145. La comparación se ha realizado con la talla valorada y las probabilidades de la misma talla obtenidas por los modelos de regresión logística multinomial.

Los resultados muestran que la estimación del ajuste en el muslo se ha realizado correctamente en todos los casos analizados. El ajuste en la cadera ha fallado en una usuaria y el ajuste en largo ha fallado en dos usuarias. Los fallos se han indicado con las celdas sombreadas en gris.

**Tabla 145. Probabilidades de ajustes por zonas del pantalón estrecho comprado con la valoración de la experta en las pruebas de ajuste.**

USUARIA	Zona de Ajuste PANTALÓN ESTRECHO	Resultado del mapa de probabilidades por zonas	Valoración Experta Prueba de Ajuste
US1 (L)	Pantorrilla	Bien (P0,81)	Bien
	Muslo	Bien (P0,67)	Bien
	Cintura	Holgada (P1,00)	Holgada
U12 (S)	Pantorrilla	Holgada (P0,50) Bien (P0,48)	Bien
	Muslo	Bien (P0,59)	Bien
	Cintura	Holgada (P0,96)	Algo Holgada
US14 (XS)	Pantorrilla	Estrecha (P0,99)	Algo Estrecha
	Muslo	Bien (P0,63)	Algo Estrecha
	Cintura	Holgada (P0,99)	Bien
US19 (L)	Pantorrilla	Estrecha (P0,81)	Algo Estrecha
	Muslo	Estrecha (P0,64)	Algo Estrecha
	Cintura	Holgada (P0,95)	Holgada
US20 (S)	Pantorrilla	Holgada (P0,79)	Bien
	Muslo	Bien (P0,60)	Bien
	Cintura	Holgada (P0,75)	Holgada

#### 5.4.2.7 Validación de los modelos de predicción de talla de la CHAQUETA.

Las probabilidades de ajuste *estrecho, bien y holgado* de las zonas del pantalón recto se han calculado mediante las ecuaciones del modelo de regresión logística Ec. 4.10 - Ec. 4.12 indicadas en el apartado 4.7.2.3 de material y métodos aplicando los coeficientes reportados en el apartado 5.3.3.4 (Tabla 94, Tabla 96, Tabla 98, Tabla 100, Tabla 102, Tabla 104, Tabla 106 y Tabla 108).

Una vez obtenidas las probabilidades de ajuste por zonas se han calculado las probabilidades de ajuste *pequeño, bien y grande* para cada talla aplicando las ecuaciones Ec. 5.67- Ec. 5.74 (apartado 5.3.4.4).

La probabilidad de ajuste del CONTORNO DE MANGA ESTRECHO, CINTURA ANCHA, SISA ANCHA y LONGITUD DE MANGA BIEN son variables predictoras de la probabilidad de ajuste pequeño, bien, grande de todas las tallas de la chaqueta. El resto de probabilidades de ajuste por zonas, tienen coeficiente cero en la ecuación de predicción de ajuste de las tallas.

La Tabla 146 muestra, para las 20 usuarias, las probabilidades de tener un ajuste pequeño, bien y grande con cada talla de la chaqueta. En la tabla se incluye la ‘talla verdadera’ seleccionada por la experta (TALLA EXP.).

**Tabla 146. Probabilidades de ajuste pequeño, bien y grande obtenidas para las 20 participantes en la validación aplicando los modelos de predicción de ajuste de la CHAQUETA.**

CHAQUETA - PREDICIÓN DEL AJUSTE PARA CADA TALLA														TALLA EXP.
AJUSTE PEQUEÑO				AJUSTE BIEN				AJUSTE GRANDE						
P <sub>Xs</sub>	P <sub>s</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>Xs</sub>	P <sub>s</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>	P <sub>Xs</sub>	P <sub>s</sub>	P <sub>M</sub>	P <sub>L</sub>			
US1	0,74	0,00	0,00	0,00	0,26	<b>0,75</b>	0,44	0,01	0,00	0,25	0,56	0,99	XS	
US2	0,88	0,91	0,45	0,00	0,12	0,09	<b>0,55</b>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,99	M	
US3	0,45	0,00	0,00	0,00	<b>0,55</b>	0,30	0,05	0,00	0,00	0,70	0,95	1,00	XS	
US4	0,02	0,00	0,00	0,00	<b>0,66</b>	0,05	0,02	0,00	0,32	0,95	0,98	1,00	XS	
US5	0,43	0,01	0,00	0,00	<b>0,55</b>	0,12	0,03	0,00	0,02	0,87	0,97	1,00	XS	
US6	0,08	0,00	0,00	0,00	<b>0,62</b>	0,03	0,02	0,00	0,30	0,97	0,98	1,00	S	
US7	0,87	0,88	0,48	0,00	0,13	0,12	<b>0,52</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	S	
US8	0,88	0,81	0,01	0,00	0,12	0,19	<b>0,81</b>	0,01	0,00	0,00	0,19	0,99	M	
US9	0,39	0,00	0,00	0,00	<b>0,61</b>	0,09	0,03	0,00	0,01	0,91	0,97	1,00	XS	
US10	0,22	0,00	0,00	0,00	<b>0,78</b>	0,45	0,09	0,00	0,01	0,55	0,91	1,00	XS	
US11	0,86	0,88	0,98	0,00	0,14	0,12	0,02	<b>0,70</b>	0,00	0,00	0,00	0,30	L	
US12	0,42	0,00	0,00	0,00	<b>0,58</b>	0,48	0,11	0,00	0,00	0,52	0,89	1,00	XS	
US13	0,32	0,00	0,00	0,00	<b>0,67</b>	0,10	0,03	0,00	0,01	0,90	0,97	1,00	XS	
US14	0,03	0,00	0,00	0,00	<b>0,86</b>	0,12	0,04	0,00	0,11	0,88	0,96	1,00	XS	

US15	0,87	0,80	0,00	0,00	0,13	0,20	1,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,98	M
US16	0,79	0,83	0,30	0,00	0,21	0,17	0,70	0,04	0,00	0,00	0,00	0,96	M
US17	0,71	0,29	0,06	0,00	0,29	0,41	0,46	0,10	0,00	0,30	0,47	0,90	S-M
US18	0,82	0,81	0,18	0,00	0,18	0,19	0,66	0,01	0,00	0,00	0,16	0,99	M
US19	0,85	0,83	0,00	0,00	0,15	0,17	0,54	0,00	0,00	0,00	0,46	1,00	M
US20	0,44	0,00	0,00	0,00	0,55	0,05	0,02	0,00	0,02	0,95	0,98	1,00	S

Una vez obtenido el mapa de probabilidades, la selección de la talla se ha obtenido aplicando el árbol de decisión descrito en el apartado de material y métodos 4.8.1.4. En la Tabla 146 se han sombreado en gris las probabilidades que cumplen con el árbol de decisión, y que determinan la talla recomendada por el método RGL. En la última columna, se indica la talla seleccionada por la experta, que ha sido la utilizada como referencia para verificar el método. A partir del mapa de probabilidades calculadas mediante los modelos de regresión, se ha obtenido una talla recomendada incorrecta en cuatro usuarias. Por lo tanto, **la tasa de acierto del método RGL obtenida en la fase de validación es de un 80%**.

Para el cálculo del IO, se ha analizado la relación de la talla seleccionada con todas las posibles medidas principales (todos los contornos pecho y torso), y se ha seleccionado la que muestra una mayor relación, en este caso, el *ContornoHorizontaldelPecho\_4510*. Los intervalos aplicados tras analizar la relación de esta medida con la talla seleccionada se indican en la Tabla 147. En este caso, el intervalo óptimo corresponde a un salto entre tallas de 4 cm.

**Tabla 147. Intervalo de ContornoHorizontaldelPecho 4510 para cada talla.**

Talla	XS	S	M	L
Valor central (cm)	90	94	98	102
Intervalo (cm)	88,0 - 91,9	92,0 - 95,9	96,0 - 99,9	100,0 - 103,9

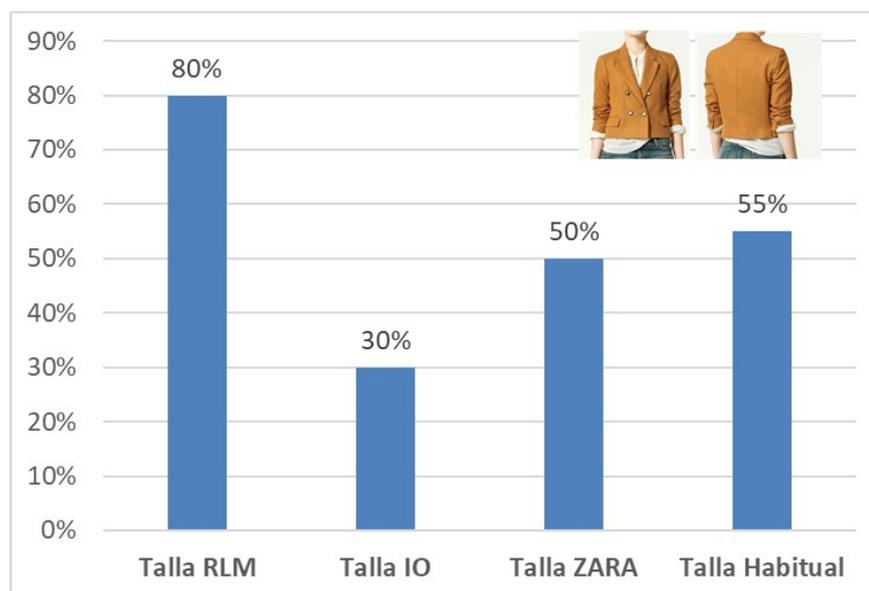
En la Tabla 148 se muestran los resultados de talla recomendada para los cuatro métodos alternativos analizados y los porcentajes de acierto, para la chaqueta, de cada método de recomendación, se muestran en Tabla 153. El método de Regresión Logística Multinomial propuesto obtiene el porcentaje de acierto más elevado con un 80%.

**Tabla 148. Talla recomendada por los métodos de Intervalo Óptimo, Tabla de Tallas de Zara y la Talla Habitual.**

	Talla Experta	Contorno de Cadera Alta 7510 (cm)	Talla Intervalo	TALLA ZARA	Talla Habitual
US1	XS	85,6	XS-1	S	M
US2	M	92	S	M	M

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US3	XS	90,8	XS	M	S
US4	XS	82,4	XS-1	XS	S
US5	XS	86,7	XS-1	S	S
US6	S	85,1	XS-1	S	S
US7	S	92,6	S	L	M
US8	M	91,6	XS	M	M
US9	XS	84,2	XS-1	S	M
US10	XS	88,3	XS	M	S
US11	L	104,3	L+1	XL	M-L
US12	XS	82,9	XS-1	XS	S
US13	XS	83,7	XS-1	XS	XS
US14	XS	86,5	XS-1	S	XS
US15	M	97,4	M	L	M
US16	M	99	M	XL	L-M
US17	S-M	87,8	XS-1	S	M
US18	M	91	XS	M	M
US19	M	91,9	XS	M-L	S
US20	S	85,9	XS-1	S	S



**Figura 119. Porcentaje de acierto obtenidos en la fase de validación por cada método para la CHAQUETA.**

#### 5.4.2.8 Validación de los modelos de predicción del ajuste por zonas de la CHAQUETA.

El ajuste de la chaqueta se ha evaluado en 8 zonas. Para las 20 usuarias participantes en la validación se han analizado las probabilidades de ajuste 'estrecho/corto', 'bien' y 'holgado/largo'. El resultado de probabilidad más alta para la talla que ha probado cada usuaria en la prueba de validación, se ha comparado con las valoraciones de la experta (valor de referencia). Cuando en la talla evaluada se han obtenido probabilidades similares, con diferencias inferiores al 5% en las combinaciones 'bien' - 'holgado/largo' o 'bien' - 'estrecho/corto', se han considerado como acierto las dos opciones. Al tratarse de modelos entrenados con datos subjetivos y los datos de referencia también son subjetivos, es difícil que el modelo discrimine con diferencias de probabilidad tan pequeñas.

Como resultado de la validación se ha obtenido el porcentaje de acierto de los modelos de regresión logística multinomial que predicen el ajuste por zonas en la chaqueta (Tabla 149).

**Tabla 149. Porcentaje de acierto de los modelos de RLM de ajuste por zonas obtenidos en la validación de la chaqueta.**

	<b>Acierto MRL Tabulación cruzada</b>	<b>R<sup>2</sup> Nagelkerke</b>	<b>Acierto de los modelos de RLM aplicados a los datos de validación</b>
<b>Pecho</b>	81,8%	0,822	80,0%
<b>cintura</b>	79,8%	0,784	85,0%
<b>Hombros</b>	72,7%	0,784	90,0%
<b>Espalda</b>	72,7%	0,669	70,0%
<b>Sisa</b>	71,9%	0,702	85,0%
<b>Contorno manga</b>	83,5%	0,857	95,0%
<b>Longitud total</b>	83,5%	0,624	80,0%
<b>Longitud manga</b>	76,5%	0,721	80,0%

Posteriormente se han analizado con más detalle los ajustes por zonas de varias usuarias de la validación con el objetivo de verificar si los ajustes por zonas aportan información adicional a la recomendación de talla. Para este análisis se ha seleccionado las usuarias en las que el modelo de predicción no ha acertado la selección realizada por la experta (US1, US6, US7 y US20), y los casos en los que la recomendación se resuelve en base a un valor de probabilidad algo bajo ( $\leq 0,55$ ). En esta situación están las usuarias US2, US3, US5, US17 y US19.

La Tabla 150 muestra el mapa de probabilidades de ajustes por zonas del pantalón estrecho para las usuarias analizadas.

**Tabla 150. Probabilidades de ajuste estimadas de la Chaqueta para los usuarios US1, US2, US3, US5, US6, US7, US17, US19 y US20.**

US1 Talla Valorada = XS Talla Experta = XS		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	0,43	0,01	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,57</b>	0,81	0,02	0,00
	HOLGADO	0,00	0,18	0,98	1,00
CINTURA	ESTRECHA	0,13	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,86</b>	0,32	0,01	0,00
	HOLGADA	0,01	0,68	0,99	1,00
SISA	ESTRECHA	0,21	0,03	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,79</b>	0,86	0,03	0,00
	HOLGADA	0,00	0,11	0,97	1,00
LONGITUD MANGA	CORTA	0,09	0,23	0,04	0,01
	BIEN	<b>0,89</b>	0,72	0,75	0,31
	LARGA	0,02	0,05	0,21	0,68
US2 Talla Valorada = M Talla Experta = M		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	1,00	1,00	<b>0,81</b>	0,00
	BIEN	0,00	0,00	0,19	0,79
	HOLGADO	0,00	0,00	0,00	0,21
CINTURA	ESTRECHA	0,95	0,50	0,00	0,00
	BIEN	0,05	0,49	<b>0,51</b>	0,06
	HOLGADA	0,00	0,01	<b>0,49</b>	0,94
SISA	ESTRECHA	0,96	0,79	<b>0,55</b>	0,02
	BIEN	0,04	0,21	<b>0,42</b>	0,28
	HOLGADA	0,00	0,00	0,04	0,70
LONGITUD MANGA	CORTA	0,06	0,16	0,03	0,00
	BIEN	0,92	0,79	<b>0,74</b>	0,29
	LARGA	0,02	0,06	0,23	0,71
US3 Talla Valorada = XS Talla Experta = XS		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	0,19	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,81</b>	0,47	0,00	0,00
	HOLGADO	0,00	0,53	1,00	1,00

CINTURA	ESTRECHA	0,07	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,77</b>	0,03	0,00	0,00
	HOLGADA	0,17	0,97	1,00	1,00
SISA	ESTRECHA	0,45	0,10	0,01	0,00
	BIEN	<b>0,55</b>	0,88	0,23	0,01
	HOLGADA	0,00	0,01	0,76	0,99
LONGITUD MANGA	CORTA	0,04	0,07	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,76</b>	0,49	0,20	0,03
	LARGA	0,21	0,44	0,79	0,97
US5 Talla Valorada = XS Talla Experta = XS		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	0,07	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,93</b>	0,29	0,00	0,00
	HOLGADO	0,00	0,71	1,00	1,00
CINTURA	ESTRECHA	0,11	0,00	0,00	0,00
	BIEN	<b>0,88</b>	0,40	0,01	0,00
	HOLGADA	0,01	0,59	0,99	1,00
SISA	ESTRECHA	<b>0,79</b>	0,35	0,13	0,00
	BIEN	0,21	0,65	0,65	0,09
	HOLGADA	0,00	0,00	0,23	0,91
LONGITUD MANGA	CORTA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,19	0,07	0,02	0,00
	LARGA	<b>0,81</b>	0,93	0,98	1,00
US6 Talla Valorada = S Talla Experta = S		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	0,03	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,96	0,02	0,00	0,00
	HOLGADO	0,01	<b>0,98</b>	1,00	1,00
CINTURA	ESTRECHA	0,01	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,64	0,01	0,00	0,00
	HOLGADA	0,35	<b>0,99</b>	1,00	1,00
SISA	ESTRECHA	0,34	0,07	0,00	0,00
	BIEN	0,66	<b>0,88</b>	0,06	0,00
	HOLGADA	0,00	0,06	0,94	1,00
LONGITUD MANGA	CORTA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,01	0,00	0,00	0,00
	LARGA	0,99	<b>1,00</b>	1,00	1,00

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US7 Talla Valorada = S Talla Experta = S		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	1,00	<b>0,99</b>	0,70	0,00
	BIEN	0,00	0,01	0,30	0,51
	HOLGADO	0,00	0,00	0,00	0,49
CINTURA	ESTRECHA	0,96	<b>0,52</b>	0,00	0,00
	BIEN	0,04	<b>0,47</b>	0,30	0,03
	HOLGADA	0,00	0,02	0,70	0,97
SISA	ESTRECHA	0,98	<b>0,90</b>	0,76	0,13
	BIEN	0,02	0,10	0,24	0,67
	HOLGADA	0,00	0,00	0,00	0,20
LONGITUD MANGA	CORTA	0,04	0,08	0,01	0,00
	BIEN	0,84	<b>0,63</b>	0,33	0,06
	LARGA	0,12	0,29	0,67	0,94
US17 Talla Valorada = S y M Talla Experta = S - M		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	0,62	0,03	0,00	0,00
	BIEN	0,38	<b>0,97</b>	<b>0,57</b>	0,01
	HOLGADO	0,00	0,00	0,43	0,99
CINTURA	ESTRECHA	0,89	0,24	0,00	0,00
	BIEN	0,11	<b>0,62</b>	0,06	0,00
	HOLGADA	0,00	0,15	<b>0,94</b>	1,00
SISA	ESTRECHA	0,97	<b>0,82</b>	<b>0,62</b>	0,06
	BIEN	0,03	0,18	0,38	0,60
	HOLGADA	0,00	0,00	0,01	0,33
LONGITUD MANGA	CORTA	0,53	<b>0,78</b>	0,37	0,16
	BIEN	0,47	0,22	<b>0,63</b>	0,83
	LARGA	0,00	0,00	0,00	0,02
US19 Talla Valorada = M Talla Experta = M		PROBABILIDAD			
ZONAS	AJUSTE	Pxs	Ps	Pm	Pl
CONTORNO MANGA	ESTRECHO	1,00	0,95	0,19	0,00
	BIEN	0,00	0,05	<b>0,77</b>	0,13
	HOLGADO	0,00	0,00	0,04	0,87
CINTURA	ESTRECHA	0,97	0,57	0,00	0,00
	BIEN	0,03	0,40	0,16	0,01

	HOLGADA	0,00	0,03	<b>0,84</b>	0,99
<b>SISA</b>	ESTRECHA	0,81	0,38	0,12	0,00
	BIEN	0,19	0,62	<b>0,55</b>	0,06
	HOLGADA	0,00	0,00	0,32	0,94
<b>LONGITUD MANGA</b>	CORTA	0,11	0,22	0,02	0,00
	BIEN	0,71	0,44	0,22	0,03
	LARGA	0,17	0,35	<b>0,76</b>	0,96
<b>US20</b> Talla Valorada = S Talla Experta = S		<b>PROBABILIDAD</b>			
<b>ZONAS</b>	<b>AJUSTE</b>	<b>Pxs</b>	<b>Ps</b>	<b>Pm</b>	<b>PI</b>
<b>CONTORNO MANGA</b>	ESTRECHO	0,08	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,92	0,09	0,00	0,00
	HOLGADO	0,00	<b>0,91</b>	1,00	1,00
<b>CINTURA</b>	ESTRECHA	0,07	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,91	0,20	0,00	0,00
	HOLGADA	0,03	<b>0,80</b>	1,00	1,00
<b>SISA</b>	ESTRECHA	0,06	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,94	0,27	0,00	0,00
	HOLGADA	0,00	<b>0,72</b>	1,00	1,00
<b>LONGITUD MANGA</b>	CORTA	0,00	0,00	0,00	0,00
	BIEN	0,25	0,09	0,02	0,00
	LARGA	0,75	<b>0,91</b>	0,98	1,00

El resumen del estudio comparativo entre las probabilidades de ajuste estimadas y la valoración realizada por la experta se muestra en la Tabla 151. La comparación se ha realizado con la talla valorada y las probabilidades de la misma talla obtenidas por los modelos de regresión logística multinomial.

Los resultados muestran que la estimación del ajuste del contorno de manga ha fallado en dos usuarias (80% de acierto en los casos analizados). El ajuste en la cintura también ha fallado en dos usuarias, siendo en ambos casos, una situación en la que se han obtenido probabilidades muy parecidas (diferencia  $\leq 3\%$ ) entre 'ajuste bien' y 'ajuste holgado' en (US2) y entre 'ajuste estrecho' y 'ajuste bien' (US7). La predicción del ajuste en la sisa ha fallado en un usuario (90% de acierto). Finalmente, la predicción del ajuste del largo de manga ha fallado en 3 usuarias (70% de acierto).

**Tabla 151. Probabilidades de ajuste estimadas de la Chaqueta para los usuarios US1, US2, US3, US5, US6, US7, US17, US19, US20.**

USUARIA	Zona de Ajuste CHAQUETA	Resultado del Mapa de Probabilidades	Valoración Experta Prueba de Ajuste
---------	-------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

US1 (XS)	Cont. Manga	Bien (P0,57)	Bien
	Cintura	Bien (P0,86)	Bien
	Sisa	Bien (P0,79)	Bien
	Long. Manga	Bien (P0,89)	Larga
US2 (M)	Cont. Manga	Estrecha (P0,81)	Muy Estrecha
	Cintura	Bien (P0,51) Holgada (P0,49)	Algo Holgada
	Sisa	Estrecha (P0,55)	Algo Estrecha
	Long. Manga	Bien (P0,74)	Bien
US3 (XS)	Cont. Manga	Bien (P0,81)	Bien
	Cintura	Bien (P0,77)	Bien
	Sisa	Bien (P0,55)	Bien
	Long. Manga	Bien (P0,76)	Bien
US5 (XS)	Cont. Manga	Bien (P0,93)	Bien
	Cintura	Bien (P0,88)	Bien
	Sisa	Estrecha (P0,79)	Algo Estrecha
	Long. Manga	Larga (P0,81)	Larga
US6 (S)	Cont. Manga	Holgada (P0,98)	Algo Holgada
	Cintura	Holgada (P0,99)	Muy Holgada
	Sisa	Bien (P0,88)	Bien
	Long. Manga	Larga (P1,00)	Muy Larga
US7 (S)	Cont. Manga	Estrecha (P0,99)	Muy Estrecha
	Cintura	Estrecha (P0,52) Bien (P0,47)	Bien
	Sisa	Estrecha (P0,90)	Algo Estrecha
	Long. Manga	Bien (P0,63)	Bien
US17 (S)	Cont. Manga	Bien (P0,97)	Bien
	Cintura	Bien (P0,62)	Bien
	Sisa	Estrecha (P0,82)	Algo Estrecha
	Long. Manga	Corta (P0,78)	Algo Corta
US17 (M)	Cont. Manga	Bien (P0,57)	Algo holgada
	Cintura	Holgada (P0,94)	Algo Holgada
	Sisa	Estrecha (P0,62)	Bien
	Long. Manga	Bien (P0,63)	Bien
US19 (M)	Cont. Manga	Bien (P0,77)	Bien
	Cintura	Holgada (P0,84)	Holgada
	Sisa	Bien (P0,55)	Bien
	Long. Manga	Larga (P0,76)	Bien
US20 (S)	Cont. Manga	Holgada (P0,91)	Bien
	Cintura	Holgada (P0,80)	Algo Holgada
	Sisa	Holgada (P0,72)	Algo Holgada
	Long. Manga	Holgada (P0,91)	Bien

En líneas generales, es interesante observar que, aunque la talla seleccionada por la experta en cuatro de las usuarias del estudio de validación no ha coincidido con la recomendación basada obtenida con el modelo de predicción, las probabilidades de ajuste por zonas que se han obtenido son correctas en el 80 % en estos casos y

podrían utilizarse para apoyar la decisión de selección de talla de la usuaria considerando sus preferencias personales

#### 5.4.4 Aplicación de los resultados al cálculo de cuotas de mercado basadas en el ajuste de la prenda.

Las ecuaciones obtenidas que permiten predecir el ajuste de las tallas de una prenda de ropa se pueden utilizar para simular el porcentaje de ajuste de una determinada población si se dispone de una base de datos representativa. Este estudio se ha realizado utilizando una base de datos representativa de la población de mujeres española ponderada de acuerdo a la distribución por edad de la población española publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en 2022, considerando el grupo de 25 a 35 años correspondiente a la población objetivo de las prendas analizadas.

##### 5.4.4.1. Cuota de mercado de la serie de tallas de la falda.

Aplicando las ecuaciones de predicción de ajuste de la talla de la falda, se ha obtenido un 25% de usuarias que no encontrarían talla adecuada para ellas (Figura 120). Las tallas XS, con un 30% de cuota de mercado y la M, con un 35% M, serían las más vendidas.

Mediante un gráfico bivariante se ha representado la dispersión de las tallas respecto a medidas antropométricas principales (Figura 121). Se observa que la mayoría de las usuarias sin talla corresponden a contornos de cintura y cadera grandes.

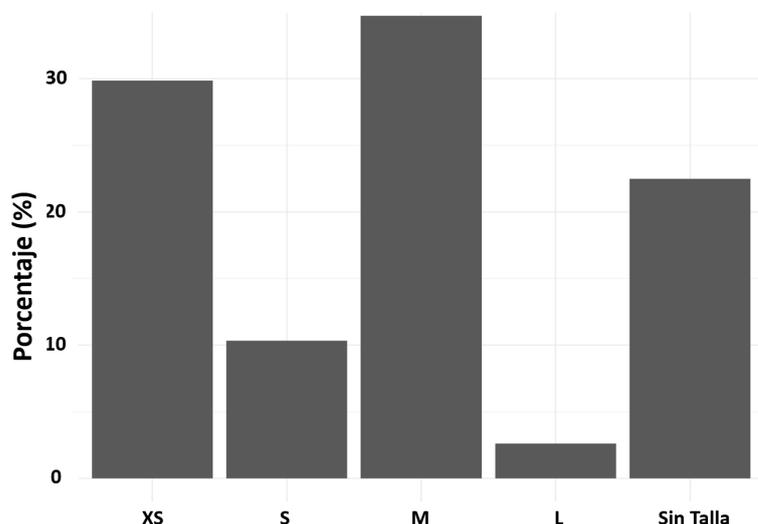
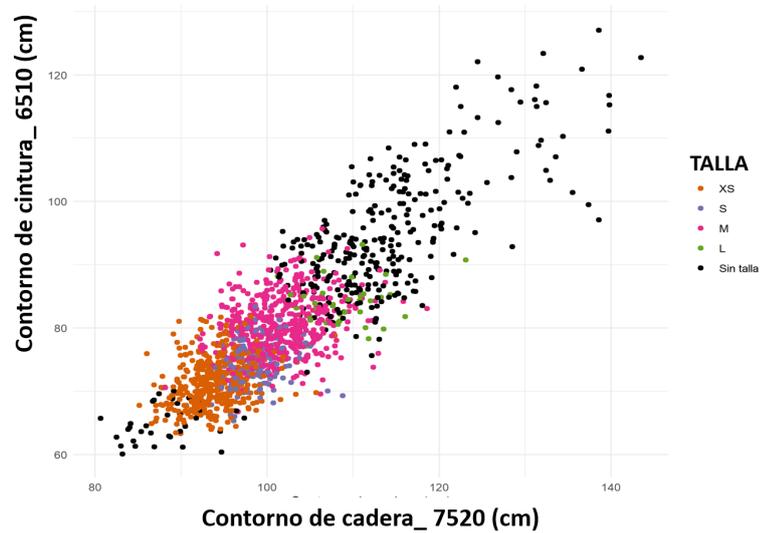


Figura 120. Porcentaje de población ajustada con la serie de tallas de la falda.



**Figura 121.** Gráficos bivariados de dispersión para las medidas principales de la falda.

#### *5.4.4.2. Cuota de mercado de la serie de tallas del pantalón recto.*

Aplicando las ecuaciones de predicción de ajuste de la talla del pantalón recto, se ha obtenido un 28% de usuarias que no encontrarían talla adecuada para ellas (Figura 122). La talla L, con un 25% de cuota de mercado, la M y la S con un 21% y un 19% respectivamente serían las más vendidas. La talla XS cubriría solo un 5% de la población.

Mediante un gráfico bivalente se ha representado la dispersión de las tallas en relación a las medidas antropométricas principales (Figura 123). De nuevo se observa que la mayoría de las usuarias sin talla corresponden a contornos de cintura y cadera grandes.

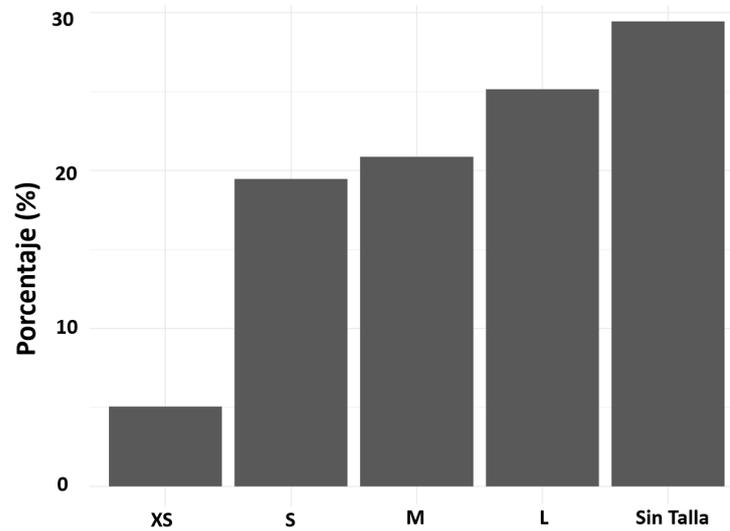


Figura 122. Porcentaje de población ajustada con la serie de tallas del pantalón recto.

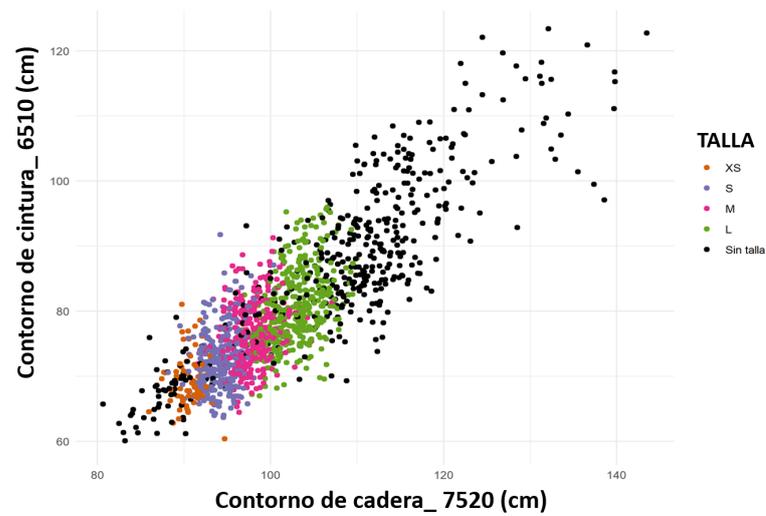


Figura 123. Gráficos de dispersión para las medidas principales del pantalón recto.

#### 5.4.4.3. Cuota de mercado de la serie de tallas del pantalón estrecho.

Aplicando las ecuaciones de predicción de ajuste de la talla del pantalón estrecho, se ha obtenido un 2,25% de usuarias que no encontrarían talla adecuada para ellas (Figura 124). La talla L, con un 39% de cuota de mercado y la XL, con un 38,5%, serían las más vendidas. La talla S cubriría un 14% de la población mientras que la

XS y la M un 4,5% y 1,75% respectivamente. Hay que tener en cuenta que este pantalón incluye una talla más en la serie de tallas.

Mediante un gráfico bivalente se ha representado la dispersión de las tallas en relación a las medidas antropométricas principales (Figura 125). De nuevo se observa que la mayoría de las usuarias sin talla corresponden a contornos de cintura y cadera grandes.

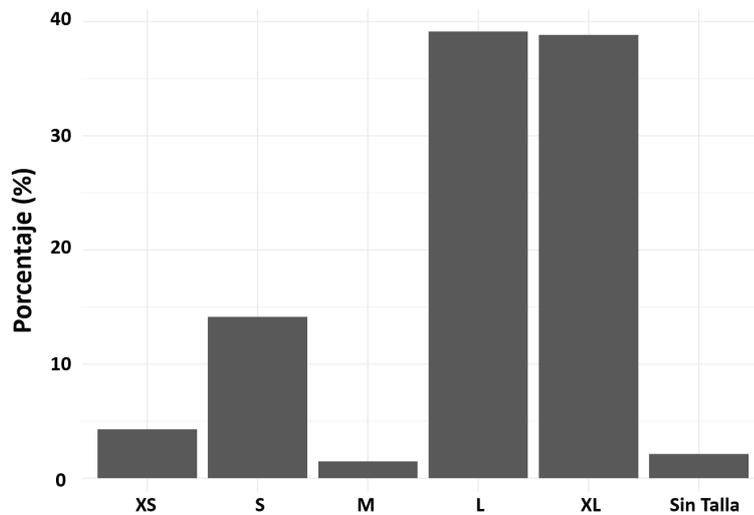


Figura 124. Porcentaje de población ajustada con la serie de tallas del pantalón estrecho.

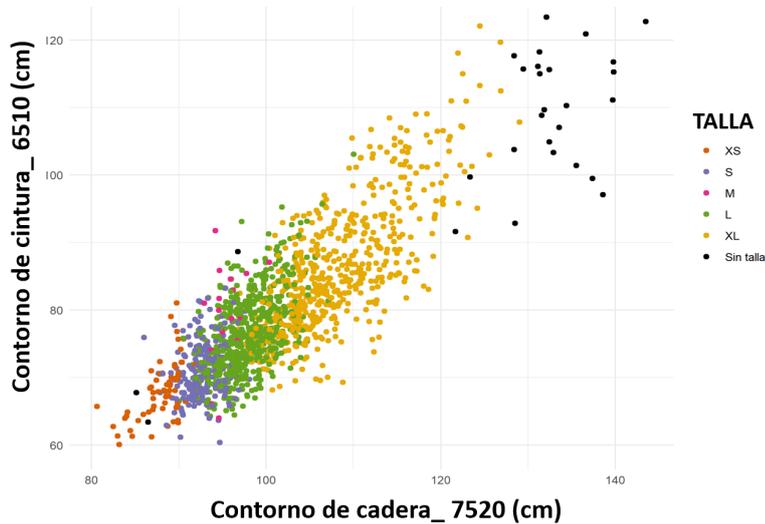


Figura 125. Gráficos de dispersión para las medidas principales del pantalón estrecho.

#### 5.4.4.4. Cuota de mercado de la serie de tallas de la chaqueta.

Aplicando las ecuaciones de la chaqueta para predecir el ajuste de la talla, se ha obtenido un 14,5% de usuarias que no encontrarían talla adecuada para ellas (Figura 126). La talla XS, con un 27% de cuota de mercado sería la más vendidas. En el caso de la chaqueta, la cuota de mercado va bajando alrededor de un 3,5% conforme aumenta la talla: 23% para la talla S, un 20% para la M y un 15,5% para la L.

En el gráfico bivalente se ha representado la dispersión de las tallas en relación a medidas antropométricas principales (Figura 127). En este caso, las mujeres que se quedarían sin talla se distribuyen a lo largo de todo el rango de los contornos de pecho y cintura, con mayor concentración la zona de valores medios.

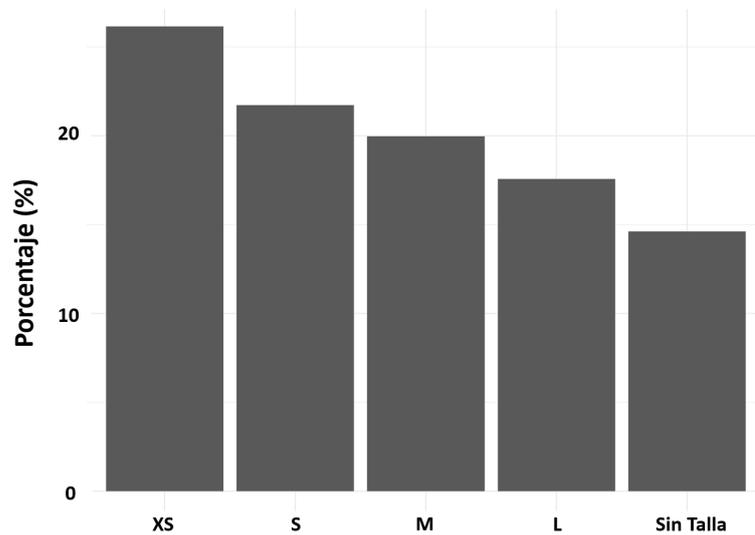
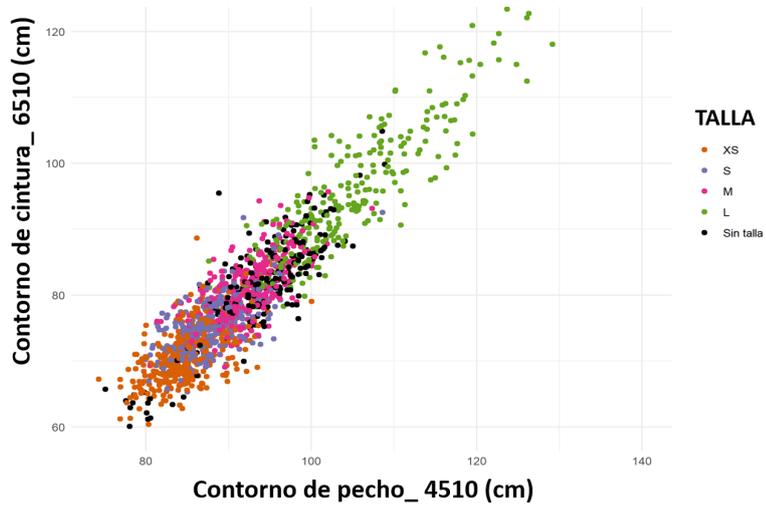


Figura 126. Porcentaje de población ajustada con la serie de tallas de la chaqueta.



**Figura 127. Gráficos de dispersión para las medidas principales de la chaqueta.**

# Capítulo 6

## Discusión

### 6.1 Aportación global de la tesis.

El trabajo elaborado en esta tesis ha permitido entender el ajuste de las prendas de ropa desde un enfoque científico analizando la relación entre las variables antropométricas de las usuarias, el ajuste por zonas de la prenda y la influencia en la selección de la talla. Esto ha sido posible por dos motivos principalmente: 1) un estudio detallado del ajuste de cuatro prendas en el que se ha considerado un listado muy completo tanto de zonas de ajuste por prenda como de variables antropométricas y 2) el abordaje de los modelos de predicción en dos fases, primero la predicción del ajuste por zonas para posteriormente, predecir el ajuste por talla. Como resultado, las aportaciones más relevantes de la tesis respecto al estado del arte son:

- 1) Metodología de caracterización del ajuste de las prendas por zonas que incluye:
  - Un procedimiento de valoración del ajuste de prendas para el entrenamiento de modelos de predicción de ajuste. Se ha comparado las valoraciones de la experta en relación a las valoraciones de usuaria concluyendo que un método basado en el criterio de la experta es más consistente.
  - La caracterización del perfil de ajuste de las prendas en función de zonas críticas de ajuste.
- 2) Las zonas de ajuste que se utilizan actualmente en la recomendación de talla para cada tipo de prenda no son suficientes. Se ha demostrado que hay zonas de ajuste que no se consideran habitualmente, que son determinantes para obtener

- una predicción de talla fiable. El ajuste en el muslo del pantalón o el ajuste en el contorno de la manga de la chaqueta son dos ejemplos.
- 3) Los modelos de predicción de talla obtenidos mediante modelos de regresión logística multinomial en zonas relevantes de la prenda tienen mayor fiabilidad que los métodos actuales que solo consideran una variable corporal y sus intervalos, y han mostrado porcentajes de acierto entre el 80% - 100% en el estudio de validación.
  - 4) Se ha puesto de manifiesto la necesidad de mejorar el ajuste, el tallaje, y la consistencia dimensional de las prendas mediante actuaciones en los procesos de diseño, patronaje y control de las tolerancias de fabricación en las empresas de ropa.
  - 5) La extensión de los modelos de predicción de talla al cálculo de cuotas de mercado y estimación de volúmenes de fabricación han demostrado su utilidad para la toma de decisiones relacionadas con el número, distribución y cantidad de tallas a fabricar permitiendo mejorar no solo la eficiencia sino también aportar un enfoque más sostenible a los procesos de desarrollo y fabricación. Este enfoque aplicado a los elevados volúmenes de prendas de ropa que se fabrican y venden a nivel mundial tendría un impacto muy relevante en la reducción de costes, reducción de desperdicios y reducción de emisiones.

A continuación, se detalla la discusión de los resultados.

## **6.2 Estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas.**

Los resultados del estudio de fiabilidad de las medidas antropométricas digitales obtenidas con el escáner Vitus Smart son adecuados y, en la mayoría de las medidas, muestran valores de error (MAD) y coeficiente de variación (CV) por debajo de los reportados por otros autores.

Los valores de ICC están todos por encima de 0,900 (fiabilidad excelente), excepto *AlturadelVentre\_0150* (ICC=0,872) y la *AnchuradelaEspalda\_5020* (ICC=0,889). Estos resultados están en concordancia con el estado del arte. Los valores de ICC publicados en estudios de fiabilidad de medidas antropométricas digitales realizadas con escáneres 3D de laboratorio muestran también valores por encima de 0,900 (Pepper et al., 2010; Ballester et al., 2022). El contorno del vientre es una medida cuya posición se obtiene a partir del punto más prominente del vientre por lo que depende de la forma corporal en esta zona. Pequeñas variaciones de forma pueden desplazar la media arriba o abajo, en particular en usuarias con IMC elevados. Esta medida no se ha reportado en estudios de fiabilidad del estado del arte por lo que no se ha podido contrastar este resultado. La *AnchuradelaEspalda\_5020* se mide como longitud del contorno horizontal de la espalda entre las axilas. Justo las axilas son una zona de oclusión para el escáner en la que aparecen huecos produciendo elevada incertidumbre en los puntos extremos en los que se posiciona las referencias anatómicas para calcular la medida. En el estudio comparativo de métodos de medición antropométrica realizado por el grupo del IEEE

'3DBody Processing' se han reportado un ICC de 0,895 para esta misma medida registrada con el escáner corporal 3D Portal MX. En ese mismo estudio, se analizó la fiabilidad del escáner Vitus Smart que muestra valores de ICC superiores a 0,9 en todos los casos, siendo el valor más bajo de 0,924 el de la medida de anchura de la espalda. En el estudio realizado por el IEEE, se proporcionaba a los usuarios la ropa de la sesión de medida para eliminar la variabilidad introducida por la este factor. Sin embargo, en el estudio realizado en esta tesis, se media a la usuaria con su propia ropa interior para considerar este efecto como parte de la variabilidad corporal. Se consideró que esta condición representaba mejor la situación en un probador de ropa y consideraba la necesidad de ajustar a las mujeres con ropa interior variable.

En la Tabla 152 se ha resumido la comparativa de resultados de fiabilidad de la tesis con los resultados publicados en otros estudios en aquellas dimensiones antropométricas que son coincidentes. La primera columna de valores de referencia corresponde a los valores del estudio ANSUR I (Gordon et al., 1989). Se trata de un estudio de la población militar de EEUU en el que se llevó a cabo un estudio de medidas repetidas inter e intra observador muy riguroso. Los valores del MAD obtenidos en este estudio se consideran, en la comunidad científica, los umbrales de error permitido de referencia cuando se evalúa la fiabilidad de una metodología para realizar medidas antropométricas. De hecho, son los límites establecidos en la norma ISO 20685-1:2018. Todas las dimensiones analizadas están por debajo del umbral de error ANSUR, pero hay que tener en cuenta que, aunque estos sean los valores de referencia, este estudio se realizó con antropometría tradicional, mientras que nuestro estudio es de antropometría digital utilizando un escáner corporal 3D.

Si se compara los resultados de fiabilidad obtenidos en el estado del arte realizados con escáneres 3D, se observan pocas variaciones, los resultados son muy consistentes con respecto a otros autores. El estudio que permite una comparación más directa con los resultados de la tesis es el realizado por el IEEE (Ballester et al., 2022). En este estudio se comparó la fiabilidad de medidas digitales realizadas con tres escáneres corporales diferentes, uno de ellos el modelo Vitus Smart utilizado en esta tesis. Los resultados de la comparativa muestran que los valores de error observado (MAD) obtenidos están por debajo de lo reportados por A. Ballester (2022) en todos los casos salvo en el perímetro de muslo que es 0,6 mm mayor. El valor del CV (%) es un 0,2 % mayor en la medida de perímetro de muslo y un 0,1% mayor en el contorno de cadera. Tal y como se ha indicado en la revisión bibliográfica (2.2.3.2), las medidas del contorno de cadera pueden mostrar variaciones importes en la postura en A por la abertura de piernas (Figura 56). Y estas variaciones pueden variar en función de la estatura del sujeto. Ligeras variaciones en la postura de escaneado afectarán a las dimensiones de cadera. Este efecto podría ocurrir también en las medidas de contorno de muslo. El cálculo de esta medida se realiza mediante una sección paralela al suelo y cuanto más se separen las piernas, más desviación presentará este plano con respecto a una sección perpendicular referida al eje central de la pierna. Estos resultados sugieren que se podría mejorar en el cálculo de las medidas antropométricas a partir del escaneado 3D si se implementan correcciones en la

postura previas a la extracción de las medidas utilizando la posibilidad de incluir un esqueleto interno en el escaneado procesado, tal y como se explica en S. Alemany (Alemany et al., 2019). La animación de este esqueleto interno se conoce como ‘rigging’ y utiliza un modelo lineal de pesos, siendo el más popular el Linear Blend Skinning (LBS). Esta aproximación, permitiría también, el cálculo de nuevas definiciones que utilicen referencias relativas al segmento corporal en lugar de un sistema de referencia absoluto que no tiene en cuenta efectos posturales. Esta idea se ha introducido ya en una nueva metodología de cálculo de medidas antropométricas dinámicas obtenidas a partir de escaneados 4D (Uriel et al., 2022).

**Tabla 152. Resultados del estudio de fiabilidad comparados con otros autores.**

	Resultados de la tesis			Error permitido ANSUR I ISO20685	(Robinette & Daanen, 2006; Pepper et al., 2010)	(Robinette & Daanen, 2006; Lu & Wang, 2010)	IEEE Vitus Smart (Ballester et al., 2022)	
	ICC	CV (%)	MAD (mm)	MAD (mm)	CV (%)	MAD (mm)	MAD (mm)	CV (%)
Estatura 0010	0,999	0,1	1,8	6	--	2,0 - 4,0	--	--
Altura7CV 0030	0,998	0,1	2,3	7	0,2	2,4 - 2,9	--	--
Altura Entrepierna 0100	0,995	0,4	3,3	10	--	4,1	4,2	0,6
Perímetro Cuello Medio 1510	0,979	1,0	3,3	6	--	5,0	3,8	1,1
Anchura Hombros 3020	0,924	2,0	7,6	8	--	8,0	8,3	2,3
Anchura Hombros Biacromial	0,944	1,2	4,1	8	1,3-1,4	5,0 - 6,0	--	--
Cont Horizontal Pecho 4510	0,994	0,7	6,2	14	1,3	<b>6,0</b>	8,6	0,8
Contorno Cintura 6510	0,994	0,9	7,0	12	<b>0,8</b>	<b>5,1</b>	8,4	1,0
Contorno Caderas 7520	0,996	0,6	5,9	12	<b>0,5</b>	<b>5,5</b>	5,3	<b>0,5</b>
Longitud Brazo - CuelloIzdo 8020	0,985	0,6	4,6	9	--	--	6	0,7
Longitud Brazo AcromionIzq 8030	0,982	0,7	4,5	--	0,5-0,9	2,4 - 4,6	--	--
Contorno BrazoSupIzq 8520	0,998	0,5	1,5	6	--	--	5,4	1,9
Perímetro Muñecalzq8550	0,965	1,0	1,7	5	--	--	--	--
Costura InternaIzda 9020	0,996	0,3	2,5	10	0,5-0,7	3,1 - 6,7	4,2	0,6
Perímetro MusloIzq 9515	0,990	0,8	4,3	6	1,1	4,7- 4,7	<b>3,7</b>	<b>0,6</b>

Contorno RodillaIzq_9520	0,984	0,9	3,0	4	1,6	3	--	--
-----------------------------	-------	-----	-----	---	-----	---	----	----

Además del estudio del IEEE, Tabla 152 muestra los valores de MAD y CV de otros estudios de interés. De nuevo, el contorno de cadera muestra valores de error observado (MAD) y CV algo mayores que en los estudios consultados, CV de 0,6% en este estudio frente a 0,5% en el estado del arte (Pepper et al., 2010) y MAD 5,9 mm en este estudio frente a 5,5 mm en el estudio de Lu (2010) en el que también se utilizó el escáner corporal Vitus Smart. Estas diferencias son pequeñas y pueden estar causadas por la variabilidad en los sujetos participantes. La comparativa con Lu (Lu & Wang, 2010), muestra también valores de MAD mayores en el contorno de cintura, 5.1 mm en Lu frente a 7,0 mm de MAD en esta tesis. En el estudio de fiabilidad realizado por de Lu, se realiza el escaneado 3D con Vitus Smart, sin embargo, el cálculo de las medidas antropométricas se realiza con algoritmos propios (Lu & Wang, 2008) en lugar de utilizar el software Antroscan que incluye el escáner y que se ha utilizado en esta tesis (4.3.1). En estos algoritmos, la definición utilizada para la cintura no corresponde con la propuesta por la normativa de tallaje de ropa y se sitúa a la altura del ombligo, en lugar de posicionarla en el punto medio entre la décima costilla y la cresta ilíaca.

Aunque la definición basada en el punto del ombligo parece más consistente, se necesitaría realizar un estudio más en detalle y en especial analizar el efecto la estabilidad en sujetos con IMC altos, en los que el posicionamiento del contorno de cintura es más complejo debido al volumen en la zona del vientre. El problema de definición de la medida de la cintura definido en la normativa lo expuso D. Veitch (Veitch, 2012) en un estudio en el que comparó la posición y valores del contorno de cintura obtenidos mediante la definición ISO 8559 con la definición del estudio CAESAR basada en la preferida por el propio usuario. El estudio se realizó con 90 mujeres y mostró diferencias importantes en las medidas según la definición aplicada. En un 20% de las usuarias las diferencias superaron los 50 mm (una talla). Los resultados obtenidos de fiabilidad en el contorno de cintura en este trabajo, y en el estado del arte, sugieren, que la definición del contorno de cintura requiere un estudio específico y una revisión de la definición en la normativa.

Si se analizan los valores del MAD desde el punto de vista de la aplicación en recomendación de talla, hay que valorar si las diferencias encontradas pueden ser críticas en el método de recomendación.

El salto entre tallas con el que se trabaja en patronaje suele ser como mínimo de 40 mm para la medida principal de la prenda (contornos de cadera o pecho), pudiendo llegar a 100 mm en el caso de prendas que ofrecen un rango de ajuste muy amplio como las camisetas. Por otro lado, S. Ashdown (1995) validó que los usuarios son capaces de percibir diferencias en el ajuste entre 5 y 15 mm, dependiendo de la zona. Considerando las medidas relevantes para la recomendación de talla obtenidas en el estudio, se observan los valores más elevados de MAD entre 5,9 y 7 mm para las medidas de contornos grandes (Contorno Caderas\_7520, Contorno de Pecho\_4510, Contorno de

CinturaAlta\_6515 y Contorno Cintura\_6510), cercano al valor inferior de 5 mm de diferencia que es capaz de percibir un usuario. Este valor supone entre un 14,8% y un 17,5% del intervalo del salto de tallas. Estos errores podrían afectar a usuarios que estén en el límite entre dos tallas. Esta posibilidad se amortigua al utilizar en la aproximación de recomendador propuesta en la tesis, modelos de regresión multivariantes en los que intervienen varias medidas corporales que pueden ejercer de control.

### **6.3 Fiabilidad de los modelos de predicción de talla mediante el método RLM.**

#### ***6.3.1 Metodología de valoración del ajuste de prendas para el entrenamiento de modelos de predicción de ajuste.***

En todas las metodologías de valoración subjetiva de productos, uno de los aspectos a protocolizar es cómo asegurar consistencia en el método de valoración, puesto que hay muchos aspectos que pueden influir en las respuestas, como el tipo de escala utilizada en la valoración, la semántica utilizada en el cuestionario para describir las variables a valorar y sus niveles o el orden de evaluación de los productos. En la valoración del ajuste de productos, además influye cómo entiende cada persona la escala de qué se considera estrecho y qué se considera holgado, esta escala puede estar influenciada en mayor o menor grado por la preferencia individual. Por lo tanto, una de las cuestiones a investigar a nivel metodológico fue la influencia que puede tener el valorador en la fiabilidad del modelo de predicción de ajuste de las prendas. Se consideraron dos situaciones, la valoración realizada por la propia usuaria, que puede presentar mayor dispersión en la muestra por la diversidad de criterios y preferencias personales, y la valoración realizada por una experta en patronaje de ropa que puede aportar mayor consistencia y fiabilidad al modelo.

En el primer análisis realizado con uno de los pantalones analizados en el estudio piloto inicial, no se obtuvieron diferencias significativas entre las valoraciones de ‘la usuaria’ y las realizadas por la ‘experta’, Sin embargo, se observó algo más de dispersión en la valoración realizada por la usuaria. Estos resultados no se consideraron concluyentes y se calcularon los modelos de predicción por zonas de la prenda con las tres variables subjetivas utilizadas estudio experimenta, la valoración ‘experta’, la valoración ‘usuaria’ y la ‘preferencia’ de la usuaria con respecto a cómo le quedaba la prenda.

La fiabilidad de los modelos de predicción del ajuste por zonas (porcentaje de acierto en la tabla de tabulación cruzada y  $R^2$  Nagelkerke), es mayor en todas las zonas de la falda y el pantalón recto. Únicamente en dos zonas del pantalón estrecho (cintura y muslo), el porcentaje de acierto de la usuaria es ligeramente mayor (1,6% más en la cintura y 4,9% más en el muslo). En el caso de la chaqueta, el porcentaje de acierto teórico del modelo (tabla de clasificación) es mayor en la valoración de la usuaria para la cintura, hombros, sisa y longitud de la manga, sin embargo, la bondad del modelo ( $R^2$  Nagelkerke) en estos

cuatro casos es menor y las diferencias en el porcentaje de acierto, son pequeñas, estando por debajo de 4,2%.

Estos resultados están en la línea de los obtenidos por Ashdown y O'Connell (2006), que analizaron los juicios de valoración del ajuste de expertos y usuarios, comparándose con las holguras proporcionadas por la prenda (en este caso una chaqueta larga tipo 'americana'). También se concluyó que los expertos son más consistentes que los usuarios en las valoraciones de ajuste. En este estudio solo se obtuvieron correlaciones significativas entre la experta y la usuaria en una de las siete zonas evaluadas y fue la cadera con un valor de 0,650 ( $p \leq 0,01$ ). En esta tesis, el estudio de correlaciones realizado con el pantalón es significativo ( $p \leq 0,01$ ) para todas las zonas con valores entre 0,554 y 0,850. Con el objetivo de homogenizar las valoraciones del ajuste, se prepararon posters con la imagen de una modelo llevando la prenda para mostrar a la usuaria, cuál era la referencia de ajuste correcto por zonas. Es posible que este apoyo visual haya servido para mejorar la consistencia en la valoración de las usuarias. Esta herramienta de apoyo visual se podría utilizar también al mostrar los resultados de predicción de ajuste por zonas para apoyar la interpretación de los resultados.

Por lo tanto, cuanto se trata de caracterizar el ajuste de una prenda de ropa mediante valoraciones subjetivas, los aspectos relevantes en la metodología de evaluación son: 1) la evaluación del ajuste debe realizarse por zonas, para determinar dónde está el problema de ajuste y qué relevancia tiene sobre la valoración de ajuste global; 2) las valoraciones de la experta son más consistentes que las realizadas por las usuarias y 3) es necesario establecer criterios de valoración del ajuste de cada prenda desde el inicio, siendo recomendable la realización de una prueba piloto para confirmar estos criterios.

La relevancia de la percepción subjetiva del ajuste la ponen de manifiesto Robiente y Veitch en (2016a) en su propuesta de 'tallaje sostenible' donde inciden en que hay que medir y verificar la relación entre las dimensiones corporales y el producto mediante la metodología 'Fit-mapping' (Robinette, 2000, 2007; Robinette & Natsume, 2018). Esta metodología analiza la percepción subjetiva del ajuste y la relaciona con las dimensiones corporales y el producto para que el diseño de las holguras de las prendas tenga base científica. Estas investigadoras están trabajando en la actualidad en la definición del Concepto de Ajuste (CoF, Concept of Fit). El CoF tiene relación con la necesidad de establecer los criterios de ajuste de la prenda como especificaciones y están desarrollando claves para desarrollar metodologías de evaluación que, objetiven lo máximo posible la valoración del ajuste.

### **6.3.2 Fiabilidad de los modelos de predicción de talla mediante el método RLM.**

El acierto de los modelos de recomendación de talla obtenidos en el estudio de validación realizado con 20 usuarias está entre el 80% para la chaqueta, y el 100% para el pantalón estrecho. La chaqueta es una prenda de segunda capa. Es decir, se pone encima de otra prenda que genera un volumen extra a las dimensiones del cuerpo. La variabilidad en el

ajuste de la prenda intermedia utilizada debajo del a chaqueta no se ha considerado en los modelos de predicción, sin embargo, está influyendo en la contribución de las variables antropométricas al modelo. En todos los casos salvo en la chaqueta, los resultados de acierto de la validación están por encima del acierto que muestra la tabla de clasificación calculada por el modelo de regresión logística (Tabla 153). Esta mejora puede estar relacionada, por el árbol de decisión que se ha implementado a partir de las probabilidades de ajuste obtenidas, considerando que para probabilidades de ‘ajuste bien’ por debajo de 0,60 los usuarios pueden estar entre dos tallas y que ninguna le ajuste adecuadamente. Esta situación es claramente factible en la situación real.

**Tabla 153. Tabla resumen del acierto proporcionado por la tabla de clasificación de los modelos de regresión y el acerito obtenido en la validación con usuarias.**

	<b>Acierto tabla modelos regresión (R<sup>2</sup> Nagelkerke )</b>	<b>Acierto estudio validación</b>
<b>FALDA</b>	80,0% (0,816)	85%
<b>PANTALÓN RECTO</b>	87,2% (0,930)	95%
<b>PANTALÓN ESTRECHO</b>	81,7% (0,766)	100%
<b>CHAQUETA</b>	80,5% (0,829)	80%

Los modelos de predicción se podrían haber planteado de forma directa, es decir, predecir a partir de las medidas corporales la probabilidad de ajuste ‘estrecho’, ‘bien’ y ‘holgado’ de cada talla. Sin embargo, con esta aproximación no hubiera sido posible entender la influencia de las zonas de ajuste en la selección de la talla, ni se podría plantear el ofrecer información complementaria del ajuste por zonas al consumidor para apoyar la selección aplicando sus preferencias personales. Esta aproximación va en la línea del trabajo futuro planteado por A. Nestler (2021) sobre un recomendador basado en modelos probabilísticos Bayesianos.

La aproximación en dos fases para predecir la talla a partir de las predicciones previas del ajuste por zonas podría presentar un problema de propagación de errores que al encadenar modelos. Produciendo como resultado una reducción en el porcentaje de acierto. Sin embargo, los resultados de acierto obtenidos en el estudio de validación muestran que este efecto no se produce. La predicción de talla mediante el método de RLM propuesto en la tesis ha obtenido un porcentaje de acierto por encima del 80% en la fase de validación. Estos porcentajes han sido superiores a los obtenidos en la tabla de clasificación del cálculo del modelo de predicción. Por lo tanto, el ensamblado de modelos de regresión logística se demuestra que es estable.

Los niveles de acierto en la recomendación de talla obtenidos están en un orden de magnitud similar al único estudio encontrado en el estado del arte que aborda la recomendación de talla relacionando medidas antropométricas y valoraciones de ajuste mediante métodos estadísticos. Este estudio se aplicó a uniformes militares y utilizó análisis discriminante para analizar el acierto de la recomendación de talla a partir de distintos tipos de información antropométrica de entrada: bivariante, multivariante, medidas corporales y marcadores 3D (Meunier, 2000). Los porcentajes de acierto fueron

de un 72% para la camiseta, un 82% para la chaqueta y un 91% para los pantalones obtenidos con un modelo que incluyó múltiples medidas antropométricas. En este estudio no se analizaron los ajustes por zonas ni se obtuvo información sobre los problemas de ajuste que podría presentar la talla recomendada.

Durante el desarrollo de esta tesis se colaboró en un proyecto de recomendación de talla de ropa infantil (Pierola et al., 2016a). En este estudio se realizó un análisis y evaluación de distintos métodos de clasificación (análisis discriminante, support vector machines, clustering, regresión logística, árboles de decisión, etc.) concluyendo que el método que mostraba mejores resultados era la combinación de regresión logística ordinal y los bosques aleatorios (random forest) con el que se obtenían aciertos del 71,3%, muy superior al que se obtuvo aplicando las tablas de talla de ropa infantil que reportó un acierto del 28,5%. Hay que considerar que, en el caso de ropa infantil, el efecto de crecimiento del niño es una variable adicional que influye en el estudio.

En calzado, un producto que presenta problemas de ajuste similar a la ropa, modelos de predicción logística aplicados a la predicción de molestias en diferentes modelos han mostrado porcentajes de acierto por debajo del 70,1% (Nácher et al., 2004).

La comparativa entre métodos de predicción de talla (Tabla 154) muestra que el acierto más alto y por encima del 80% para las cuatro prendas, solo se obtiene con el método de regresión logística multinomial propuesto en la tesis.

**Tabla 154. Porcentaje de acierto obtenido por los cuatro métodos de recomendación de talla evaluados en la validación.**

	Regresión Logística Multinomial (RLM)	Intervalo Óptimo (IO)	Tabla Tallas Zara	Talla Habitual
<b>FALDA</b>	95%	60%	5%	20%
<b>PANTALÓN RECTO</b>	95%	80%	45%	55%
<b>PANTALÓN ESTRECHO</b>	100%	45%	40%	45%
<b>CHAQUETA</b>	80%	30%	50%	55%

Los porcentajes de acierto más bajos los muestra la tabla de talla de la empresa, entre un 5% y un 50%. Este resultado confirma que el proceso actual de desarrollo y patronaje de nuevas prendas no se guía ni valida las tablas de tallas. Tal y como se explica en el estado del arte, el patronaje se realiza partiendo un patrón anterior y mediante el método de prueba y error se ajusta a las dimensiones de la modelo real de pruebas, se decide la talla y el salto entre tallas. **Pero no se verifica ni el rango de acomodación de la prenda ni los rangos de las medidas principales en el resto de tallas.** Como resultado, la mayoría de empresas no saben a qué población están vistiendo (Robinette & Veitch, 2016b).

Respecto a la tabla de tallas, puede surgir la duda de si el motivo de proporcionar un porcentaje de acierto bajo puede estar relacionado con un decalaje entre los rangos de la medida principal de la tabla de tallas y los rangos de ajuste reales de esa misma medida. Esta posibilidad, se ha verificado mediante el intervalo óptimo de ajuste. Este intervalo se ha obtenido buscando el rango de la medida antropométrica principal que mejor encaja

en la selección de talla realizada por la experta para cada usuaria. Este método muestra únicamente un acierto alto (del 80%) para el pantalón recto. Este pantalón presenta dos problemas: 1) solo se ofrece en cuatro tallas, mientras que con el otro modelo de pantalón se ofrece en cinco tallas; 2) presenta problemas de ajuste relevantes. Los resultados de valoración del ajuste reportados por las usuarias considerando la talla correcta muestran un 50% de ajustes incorrectos en la cadera (Figura 110). Para ser un patrón tipo ‘sastre’, de tejido no elástico, que requiere precisión en el ajuste, cuatro tallas podrían ser insuficiente para ajustar correctamente a la población. Esta situación hace ganar peso a la medida principal de la cadera, que necesariamente tiene que entrar en el pantalón. Al estar los rangos de acomodación de cada talla más separadas entre sí, es más fácil clasificar por intervalos de medida principal. Sin embargo, con una estrategia de este tipo, la talla recomendada a cada usuaria presentará un ajuste más deficiente, obteniéndose mayores problemas de ajuste por zonas.

Finalmente, la talla habitual basada en la experiencia de compra previa de la usuaria en esa marca concreta proporciona un acierto entre el 45-55%. Esta sería la referencia, superar estos porcentajes se podría establecer como objetivo a la hora de analizar la contribución de un nuevo método de recomendación de talla en una marca concreta en la que el consumidor ha tenido una experiencia previa de compra. El método de RLM está muy por encima de esos porcentajes.

Una alternativa al método de RLM son los métodos de aprendizaje automático, basados en sistemas de recomendación (por ejemplo, filtros colaborativos) o en redes neuronales. Estos métodos son opacos y necesitan bases de datos muy grandes. Las redes de predicción se entrenan y funcionan como caja negra, por lo que no es posible obtener conocimiento sobre el ajuste de prendas como: cuáles son las zonas de ajuste relevantes para cada prenda, si un mismo tipo de prenda puede tener distintos perfiles de ajuste según sea el diseño (caso del pantalón analizado en este estudio) o las medidas antropométricas relevantes para predecir el ajuste de la prenda.

Por otro lado, en un contexto como el de esta tesis, en el que se ha realizado la experimentación en laboratorio, no es viable recoger una base de datos de gran tamaño (del orden de miles de evaluaciones) como la que necesitan estos métodos. Para ello es necesario introducir pilotos en tiendas con mucho tráfico de clientes que permitan registrar información en contexto real. Por esta vía es posible multiplicar el tamaño de los datos de entrenamiento, sin embargo, los datos suelen presentar un nivel elevado de distorsión (Hajjar et al., 2021). Estos métodos utilizan información sobre las devoluciones, que es subjetiva y muy ruidosa. Además, tienen que gestionar la incertidumbre introducida por combinaciones de clientes que compran con un mismo ‘usuario’ (‘datos multi-persona’) (Dogani et al., 2019; Nestler et al., 2021b) y los datos están distribuidos entre muchas tipologías de productos. Aun así, en los canales de comercialización multimarca que no tienen control ni información sobre el proceso de fabricación, estos métodos pueden ser la opción más fácil de implementar.

Precisamente, los últimos estudios publicados sobre métodos de recomendación de talla siguen esta aproximación. A partir de 2019, las tres empresas más importantes de venta online de ropa (Zalando, Amazon y Asos) publicaron estudios orientados a la reducción de devoluciones de prendas de ropa (Guigourès et al., 2018; Sembium et al., 2018; Dogani et al., 2019; Sheikh et al., 2019; Hajjar et al., 2021; Lefakis et al., 2021; Nestler et al., 2021c). Uno de los principales problemas es que no se conoce la ‘talla verdadera’ del usuario. Para tener una referencia estos métodos utilizan el histórico de compras de cada cliente. Incluyen también formación sobre las devoluciones de los productos en las que se preguntó si la devolución es por ajuste y si el problema es ‘ajuste estrecho’ o ‘ajuste ancho’.

Utilizando esta información, varios autores han desarrollado modelos Bayesianos combinados con la función ‘logit’ para clasificar el ajuste en dos (‘pequeño y grande’) o tres categorías (pequeño, bien, grande) (Guigourès et al., 2018; Sembium et al., 2018; Nestler et al., 2021c). En estos experimentos no se puede saber cuál es la talla real del consumidor, por lo tanto, no se reportan porcentajes de acierto del modelo comparando la talla pronosticada con la talla real. Guigourès (2018) propone un enfoque bayesiano jerárquico para modelar conjuntamente las compras de una o varias tallas de un artículo junto con sus posibles eventos de devolución (1. no devolución, 2. devuelto demasiado pequeño 3. devuelto demasiado grande) que se modelan siguiendo una distribución multinomial de probabilidad. En este trabajo, el algoritmo Bayesiano se compara con un algoritmo de referencia mediante un estudio teórico que analiza conjuntamente fiabilidad y acierto. Los resultados, aunque no demasiado concluyentes, muestran un mejor funcionamiento de la aproximación bayesiana.

Sembium (2018), con un enfoque similar basado en modelos de regresión bayesianos que clasifican en talla pequeña, bien, grande, analiza el funcionamiento de su algoritmo en un conjunto de datos de compras de calzado. De nuevo, realiza un estudio comparativo teórico en el que compara el algoritmo Bayesiano con uno de referencia, en este caso el Random Forest (árboles de decisión). Este método incluye información del histórico de compras de los usuarios como referencia para estimar la ‘talla verdadera’ del consumidor. Los resultados muestran un mejor funcionamiento en el algoritmo bayesiano, entre un 17-26% en función de la categoría del producto, en comparación el algoritmo de referencia.

Finalmente, Nestler (2021) realiza un estudio en profundidad de la aplicación de modelos bayesianos y regresión logística binomial a la recomendación de talla que incluye un A/B test en condiciones reales. El modelo de Nestler tiene una peculiaridad. Para resolver el ‘arranque en frío’ del sistema, es decir, la situación en la que se lanza un producto nuevo y no existen aún valoraciones en el sistema, este autor propone el uso de distribuciones a priori. Esta distribución viene dada por pruebas de ajuste de experto que se realizan offline para introducir información de partida sobre el ajuste de la prenda. Este planteamiento se asemeja a la aproximación planteada en esta tesis en la que se han entrenado los datos mediante valoraciones de experto. Los resultados del A/B test de

validación realizado por Nester en condiciones reales mostraron que las devoluciones relacionadas con el ajuste se redujeron mediante las recomendaciones de ajuste proporcionadas, siendo esta reducción de un 4,3 % para cuando la recomendación fue "talla demasiado pequeña" y en un 6,6 % cuando la recomendación fue "talla demasiado grande". Las líneas de futuro que plantea este autor consisten en extender el modelo a un planteamiento multinomial e incluir el ajuste por zonas para poder ser más preciso en la descripción de los problemas de ajuste de la prenda, cuestiones que van en la línea de las contribuciones principales de esta tesis.

A pesar de los avances realizados en el estudio de algoritmos bayesianos para predecir el ajuste de la talla, la implementación de esta metodología presenta dos problemas:

- 1) Aunque se dispongan de bases de datos muy grandes, algunas de millones de transacciones, los datos son muy dispersos e inciertos: hay que filtrar muchos datos por falta de precisión (Guigourès et al., 2018). En un estudio realizado con más de 9 millones de transacciones, la mayoría de productos se habían comprado menos de 5 veces (Hajjar et al., 2021);
- 2) El ‘arranque en frío’: que afecta tanto al usuario como al producto. En el caso del usuario, es imposible predecir su ‘talla real’ porque no se cuenta con información previa, es decir, histórico de compras (Sembium et al., 2018). En el caso del producto, no se puede saber cuál es el perfil de ajuste cuando aún no ha comprado nadie (Sheikh et al., 2019; Nestler et al., 2021c).

Por lo tanto, en la práctica, estos métodos solo pueden ofrecer recomendaciones generales sobre: ‘esta prenda talla pequeña, bien o grande’, solo en aquellas prendas que hayan conseguido un número de compras suficientemente elevado.

En este contexto, se ha demostrado la necesidad de contar con datos a priori mediante pruebas de ajuste para tener información de partida de cómo ajusta la serie de tallas de una prenda (Nestler et al., 2021c). La siguiente propuesta planteada en el estado del arte para resolver el problema de ‘arranque en frío’ consiste en integrar al usuario en el proceso de compra (‘User in the Loop’) mediante la realización de un cuestionario que incluye hasta 20 datos como la edad, género, peso, estatura, talla habitual de diferentes prendas, etc. (Lefakis et al., 2021). Sin embargo, esta encuesta es demasiado larga para una experiencia de compra satisfactoria. Tras un análisis para reducir el número de variables de entrada identificando las más relevantes, se concluyó que las variables clave eran el peso, la estatura y la talla de prenda superior. Esta última puede ser bastante confusa, pues se observó que solo el 57% de los usuarios compraban la talla de prenda superior que habían declarado. Aunque la predicción con las 20 preguntas resultó ser más precisa’, se concluyó que, considerando el rechazo que genera al consumidor proporcionar tanta información, una solución de compromiso adecuada es preguntar por peso, estatura y talla superior. También se constató que los datos del cliente ayudan significativamente hasta las 10 primeras compras y marginalmente después de la compra 20, cuando la información del histórico de compras empieza a ser influyente en el modelo de predicción.

Así pues, los métodos de predicción basados en modelos de aprendizaje automático que se han explorado en el estado del arte han ido evolucionando para mejorar la predicción hasta el punto de necesitar información tanto del consumidor como de la prenda, acercándose a la aproximación propuesta en esta tesis.

Los resultados de esta tesis, en combinación con los extraídos del estado del arte, permiten sintetizar los elementos clave de un sistema de recomendación de talla de ropa (Figura 128). Un sistema de recomendación de talla tiene que combinar información del consumidor (perfil de ajuste del usuario) e información de la prenda (perfil de ajuste de la prenda). Cuanta más información se tenga del usuario y de la prenda, mayor será el acierto que puede alcanzar el método de predicción y más detallada la información sobre el ajuste de la prenda que ofrecerá al consumidor para apoyar la toma de decisión durante la compra. Por el contrario, tanto la experiencia de compra del usuario como la eficiencia en la introducción de prendas nuevas en el sistema empeorarán, al tener que proporcionar mucha información al sistema. En la Figura 128 se representa de forma esquemática las alternativas para caracterizar al usuario, las opciones de determinar el perfil de ajuste de la prenda y los algoritmos de emparejamiento. Se han incluido los porcentajes de acierto de los métodos analizados en la tesis. Las líneas discontinuas en gris corresponden a opciones que no se han analizado en la tesis y se podrían considerar como información obtenida del estado del arte o por deducción tras el análisis de los resultados.

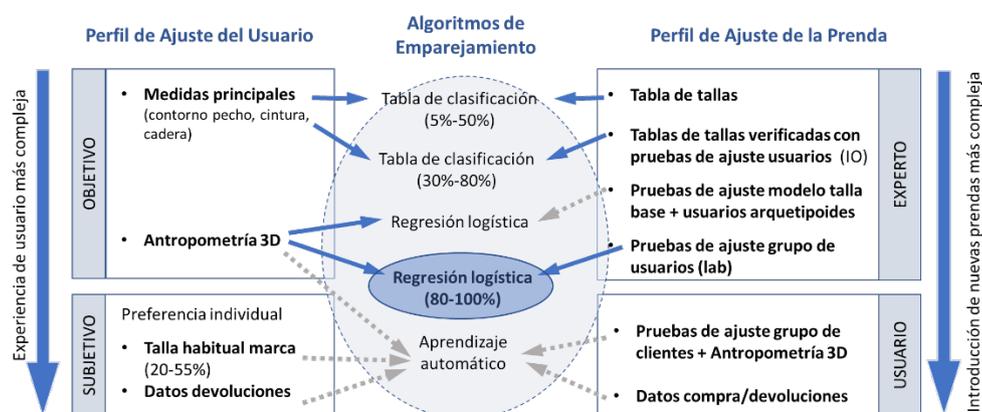


Figura 128. Esquema resumen de alternativas para configurar un recomendador de talla de ropa incluyendo los rangos de porcentaje de acierto obtenidos en la tesis.

**Perfil del Usuario:** Se han considerado dos bloques, variables antropométricas objetivas, que permiten caracterizar el tamaño corporal por zonas, y variables subjetivas, que tienen como objetivo modelizar la preferencia personal de ajuste. En cuanto a las medidas antropométricas, si se utilizan únicamente las medidas principales para aplicar las tablas de tallas mediante intervalos, los porcentajes de éxito son muy variables, desde un 30% a un 80%. Esto es debido a dos motivos, por un lado, se ha demostrado en la tesis que el ajuste de una talla es un fenómeno multivariante en el que intervienen varias

medidas antropométricas, por otro, también se ha demostrado que las medidas principales utilizadas en patronaje no son suficientes y, dependiendo del tipo de prenda, las medidas relevantes pueden variar. Por ejemplo, en uno de los pantalones, es el contorno de muslo, una de las medidas más relevantes en la selección de talla. En el caso de la chaqueta, el contorno de brazo también es fundamental. Además, hay que tener en cuenta que, la información antropométrica utilizada en los modelos de esta tesis, se han registrado mediante un escáner corporal 3D de laboratorio que han mostrado una alta fiabilidad. Si se pretende obtener el conjunto de medidas principales de la usuaria mediante automedidas en casa, los porcentajes de acierto pueden ser bastante menores debido que los errores en las automedidas son importantes, hay desviaciones que pueden estar entre 3cm y 4cm para los contornos principales (Ballester et al., 2018).

Por lo tanto, para tener unos porcentajes de acierto razonables es necesario introducir información antropométrica de detalle, y dada la dificultad de tomar estas medidas en casa, lo más consistente sería generar un humano digital en 3D de la usuaria, ya sea en tienda, mediante el uso de escáneres 3D, o en casa mediante sistemas de captura móvil que están actualmente en proceso de desarrollo. Esta idea se desarrolla con mayor detalle en el capítulo de Trabajos Futuros de la presente tesis.

Aunque se defina en detalle la antropometría de la usuaria, y se pueda predecir con bastante acierto el ajuste de una talla utilizando como referencia el criterio de experto, hay un porcentaje del ajuste que viene determinado por la preferencia individual. Como se ha comprobado en esta tesis, el ajuste valorado por la usuaria está influenciado por la preferencia individual, muestra variaciones con respecto a la valoración de la experta y puede ser distinta entre usuarias, por lo que los modelos de predicción son menos consistentes. Modelizar la preferencia requiere de mayor investigación. Conocer la talla habitual reportada para una marca concreta en la que el usuario tiene experiencia comprando, puede ser un punto de partida. Asimismo, aprender la preferencia a partir del histórico de compras, tal y como se ha analizado en los estudios de aprendizaje automático mencionados anteriormente, podría ser una buena opción. Por tanto, una línea de trabajo futuro podría analizar el funcionamiento de modelos híbridos que combinen información antropométrica e histórico de compras para mejorar la caracterización del usuario (Alcacer et al., 2021).

**Perfil de la prenda:** En una situación ideal en la que las tablas de tallas de las empresas, que relacionan intervalos de medidas cuerpo con tallas funcionaran correctamente, caracterizar el ajuste de las prendas sería muy sencillo. Pero esa situación está muy lejos de la realidad. Las tablas de tallas varían ampliamente entre marcas (Dogani et al., 2019; Nestler et al., 2021c) e incluso en una misma marca (Lefakis et al., 2021), tal y como se ha demostrado en la tesis. Además, se ha demostrado también que las zonas de ajuste y medidas principales que se utilizan en patronaje para determinar la talla no son siempre válidas y que, dependiendo del estilo de la prenda, las zonas de ajuste que determinan la talla pueden variar. Esto significa que es necesario realizar una caracterización del ajuste de cada prenda. En esta tesis, esta caracterización se ha llevado a cabo mediante pruebas

de ajuste realizadas por una experta a 47 usuarias, lo que supone una inversión importante tiempo que hace inviable su extrapolación práctica, especialmente al sector moda que lanza miles de nuevos productos diariamente.

Entre estos dos extremos, tablas de tallas completamente erróneas y pruebas de ajuste con un gran número de usuarias, se podría trabajar en un encaje intermedio teniendo en cuenta varios elementos del proceso de diseño y producción de ropa. Los elementos principales son:

- 1) **Consistencia y trazabilidad en el proceso de generación de patrones en la talla base y escalado:** En este proceso se realiza prueba-error y expertas y expertos en patronaje realizan pruebas de ajuste de los prototipos del patrón a modelos reales. Las dimensiones antropométricas de la modelo real son un punto de referencia inicial muy valioso para construir los modelos de predicción. Esta información tiene que documentarse para permitir su uso en el sistema de predicción. Sería de gran utilidad introducir escáneres corporales 3D en las empresas para medir a las modelos que realizan las pruebas. Puesto que se trata de un procedimiento que lleva unos minutos, sería factible realizar un escaneado diario antes de iniciar las pruebas. Posteriormente, se define el escalado de tallas de la prenda que, como se ha podido comprobar en el estudio, puede variar en función del estilo de la prenda. Sin embargo, las tablas de tallas convencionales de cada marca consideran escalados homogéneos. Por lo tanto, la información de escalado de tallas también es relevante y se tiene que documentar junto con la prenda. Toda esta información se puede extrapolar al sistema de recomendación de talla. Si además de la modelo con el 'canon ideal' de medidas corporales, se hicieran pruebas de ajuste con 2 ó 3 modelos más que representen diferentes arquetipos para esa misma talla, es decir diferentes proporciones entre medidas corporales se podría obtener un perfil de ajuste de la prenda mejorado. Estos arquetipos podrían definirse a partir de un análisis de bases de datos antropométricas de la población objetivo (Epifanio et al., 2013; Vinué et al., 2015). Como el escalado de las tallas es lineal, se podría escalar la información obtenida de la talla base al resto de tallas. Así, no sería necesario extender pruebas a otras tallas de la prenda. Mediante esta aproximación se podrían reducir las pruebas de 47 a 4 ó 5. Esta propuesta requiere una validación en trabajos futuros. Mejorar el proceso de diseño es un elemento fundamental, puesto que además de mejorar la comunicación con el consumidor para seleccionar la talla, permite mejorar el ajuste general de las prendas. Es importante recordar que las prendas analizadas han mostrado problemas de ajuste general, en algunos casos muy relevantes.
- 2) **Clasificador de prendas por perfil de ajuste:** Se ha demostrado que, en función del estilo de la prenda, las zonas de ajuste y las medidas corporales que gobiernan el ajuste pueden variar. Este ha sido el caso de los dos pantalones del estudio realizado en la tesis. Inicialmente, este resultado parece

indicar que es necesario entrenar modelos de ajuste individuales para cada prenda, lo que puede resultar muy costoso. Sin embargo, parece razonable que estilos de pantalón parecidos puedan compartir modelo de predicción. En ese caso, sería necesario introducir un sistema de clasificación de prendas por perfil de ajuste. Esta idea fue introducida por Náchter (2006) en un clasificador de ajuste de calzado a partir de medidas antropométricas del pie. Configurar un clasificador de prendas en base al ajuste forma parte también de líneas de trabajo futuras y se podría abordar por diversas vías. Recopilando y analizando los datos de las pruebas de ajuste con modelos realizadas en el proceso de diseño y, tal y como se ha propuesto en el punto anterior, puede ser una opción. También se podría utilizar información de los propios clientes. Al igual que el perfil del usuario se puede refinar mediante el histórico de compras, el perfil de ajuste de la prenda también se puede aprender mediante los datos de compras y devoluciones aparejado con las medidas del usuario. Pero la opción que podría ser particularmente útil es realizar un clasificador del perfil de ajuste a partir de una foto de la prenda (Karessli et al., 2019).

El diseño de un sistema de recomendación de talla depende de muchos factores. La implementación no puede ser la misma para una tienda de una marca fabricante que controla el proceso de desarrollo y producción de las prendas, que para un distribuidor multimarca que solo vende los artículos proporcionados por proveedores. En el caso de ropa laboral como uniformes o equipos de protección individual en los que se realizan compras colectivas que hay que distribuir después a los trabajadores, los requerimientos de fiabilidad del sistema serán más elevados, sin embargo, la aportación de datos por parte del usuario no estará tan condicionada por la experiencia de compra, como en el caso de los productos de moda. En definitiva, no hay un único diseño de recomendador de talla, y, lo óptimo, es configurarlo de acuerdo a los requerimientos de la aplicación concreta a desarrollar. Los resultados expuestos en la presente tesis proporcionan información relevante para decidir esta configuración.

Finalmente, aunque no ha sido objeto de estudio en la tesis, es necesario mencionar la posibilidad de realizar la selección de la talla mediante un probador virtual de prendas de ropa. Esta aproximación es muy prometedora puesto que permite contrastar visualmente cómo te quedaría la prenda. Al final, hay que recordar que, aunque la recomendación de talla obtenida mediante un modelo de predicción sea correcta, es muy posible que a la usuaria no le guste cómo le queda la prenda. La propuesta realizada en esta tesis de proporcionar los ajustes por zonas es novedosa y permitiría identificar esta situación. No obstante, una imagen visual de cómo te queda la prenda puesta simulando la situación en el probador permitiría una mejor comunicación con el consumidor.

Sin embargo, los probadores virtuales actuales no están preparados aún para un funcionamiento online casi a tiempo real. Los probadores virtuales disponibles en la actualidad se están utilizando en el proceso de diseño y patronaje de ropa para verificar el ajuste de forma digital y reducir así las pruebas de ajuste con modelos reales. El

proceso de vestir al modelo digital humano con en el patrón en 3D requiere de operaciones manuales de personal adiestrado en el uso del software. Por lo tanto, aunque estas simulaciones son cada vez más realistas, aún no están automatizadas. Aun así, esta metodología podría utilizarse para escalar el entrenamiento de los modelos de ajuste mediante datos sintéticos. En el proceso de diseño de prendas de ropa, se podría realizar una validación con una modelo real y las pruebas con modelos arquetipoides mediante estos programas de simulación virtual del ajuste. Esta aproximación llevada al externo se podría plantear para implementar un probador virtual que tuviera pre-calculadas las simulaciones de las prendas con modelos digitales humanos que representen el espacio de formas de la población. En este caso, la visualización de la prenda sobre el usuario se reduciría a encontrar el moldeo digital humano que más se parece al consumidor. De nuevo, se trata de una línea de trabajo futuro.

#### 6.4 Caracterización del ajuste de las prendas por zonas.

En la actualidad, la información de referencia para recomendar o ayudar en la selección de la talla se basa en la información de las tablas de talla que utilizan las marcas. La configuración de estas tablas consiste en definir, para cada prenda, una medida principal del cuerpo y el intervalo de esta medida por talla. Esta aproximación implica: 1) que la selección de talla solo depende de una medida antropométrica, dos a lo sumo; 2) que solo influye una zona de ajuste de la prenda en la selección de talla y 3) que esto es válido para todos los estilos de prendas de una categoría.

En la Tabla 155 se resumen las zonas de ajuste obtenidas en los modelos de predicción de esta tesis comparados con las zonas consideradas en las tablas de tallas. Únicamente la selección de la talla de falda considera las mismas zonas que la aproximación tradicional. No obstante, hay que tener en cuenta un elemento diferencial, en el modelo de predicción del ajuste en la cintura para la falda intervienen tres medidas corporales (Contorno de la Cintura Alta\_6515, Altura de la Cadera\_0090mk y Contorno Máximo del Vientre\_7545) y en el de cadera dos (Contorno Máximo de IVientre\_7545 y el Peso\_9800). Además, el porcentaje de acierto obtenido mediante el método del Intervalo Óptimo, que busca los intervalos de la medida principal que maximizan el acierto en la selección de talla, muestra un 60% de acierto, frente al 95% obtenido mediante el método de RLM por zonas propuesto en la tesis. Por lo tanto, se demuestra que en la valoración del ajuste de una zona interviene una combinación de medidas corporales.

**Tabla 155. Para cada prenda: Zonas de ajuste significativas en el modelo de predicción de talla y medidas principales utilizadas en el método tradicional.**

	Zonas de ajuste significativas del modelo de predicción de talla	Aproximación tradicional mediante medidas principales
<b>FALDA</b>	Cintura Holgada	Contorno de cintura/cadera (Zonas de Cintura y Cadera)
	Cadera Estrecha	
	Tiro Delantero Largo	Contorno de cadera/cintura

<b>PANTALÓN RECTO</b>	Cintura Estrecha	(Zonas de Cintura y Cadera)
	Cadera Estrecha	
	Pantorrilla Holgada	
<b>PANTALÓN ESTRECHO</b>	Pantorrilla Estrecha	Contorno de cadera/cintura (Zonas de Cintura y Cadera)
	Muslo Bien	
	Cintura Estrecha	
<b>CHAQUETA</b>	Contorno Manga Estrecho	Contorno de Pecho (Zona del Pecho)
	Cintura Holgada	
	Sisa Holgada	
	Longitud Manga Bien	

En el caso de los dos pantalones, se observa que, además de la cintura y la cadera, el ajuste en la pantorrilla, en el muslo y el tiro delantero influyen en la selección de la talla. Además, las zonas relevantes de ajuste en cada pantalón difieren.

En el pantalón recto, el tiro delantero, la cintura, la cadera y la pantorrilla holgada influyen en la talla. Se trata de un pantalón de tejido no elástico con poco margen de acomodación. Hay que llevarlo ajustado a la cintura y cadera y es más holgado en la pernera. Por el patronaje y tejido, el ajuste en la cadera tiene mucha influencia. Además, la serie incluye 4 tallas, una menos que el otro modelo de pantalón, por lo que el rango de acomodación es más pequeño y el salto de una talla a otra es determinante para ajustar la cadera. Por este motivo, en esta prenda el porcentaje de acierto del Intervalo Óptimo es de un 80%, mayor que en resto. Aun así, está por debajo del porcentaje de acierto del método propuesto basado en RLM que alcanza el 95%.

En cambio, en el pantalón estrecho influyen en la selección de talla la pantorrilla, el muslo y la cintura, esta última con menor relevancia. Se trata de un pantalón bastante ajustado en las piernas, estilo 'pitillo'. El tejido es elástico para mejorar el rango de acomodación por talla al ser estrecho. Ya sea por confort, o por estética, el ajuste en la pierna (muslo y pantorrilla) es determinante para seleccionar la talla. El Intervalo Óptimo basado una medida principal, y que no contempla estas zonas, muestra para el pantalón estrecho un porcentaje de acierto del 45%, mientras que el método propuesto basado en RLM que alcanza el 100%.

Dos pantalones, de estilos y tejidos diferentes, muestran diferencias en las zonas de ajuste relevantes para la recomendación de talla. Estos resultados sugieren la necesidad de diseñar un perfilador de prenda en base al ajuste que considere los aspectos de estilo y patronaje y el tipo de tejido.

En la chaqueta son cuatro las zonas de ajuste relevantes: contorno de manga, cintura, sisa y longitud de manga. Se trata de una chaqueta cruzada, corta, entallada y que se lleva abotonada. Al ser cruzada, hay bastante margen de acomodación en la zona del pecho. Esta zona, que es la utilizada como referencia en el tallaje tradicional, no tiene influencia en la selección de la talla. Las zonas más relacionadas con el efecto del estilo entallado como la sisa, la cintura y el contorno de manga tienen mayor influencia en este tipo de

chaqueta. En este caso, el Intervalo óptimo basado en la medida principal de contorno de pecho muestra un acierto del 30%, mientras que el método propuesto basado en RLM alcanza el 80%.

En el estado del arte solo se ha identificado un estudio que analice el ajuste de las prendas con una aproximación por zonas y las relacione con medidas antropométricas. Daanen y Byvoet (2011) plantearon una aproximación similar a la de la tesis para definir criterios de personalización de blusas. Para ello realizaron un estudio de valoración de ajuste de una blusa con 48 usuarias, tamaño de muestra similar al de la tesis, y registraron 13 medidas antropométricas de acuerdo a la norma ISO 8559, también utilizada como referencia en la tesis. Las valoraciones del ajuste se realizaron en cinco niveles desde ‘muy estrecho’ a ‘muy holgado’. En este caso la valoración fue reportada por la usuaria. El modelo de estimación de ajuste se obtuvo mediante una regresión multilínea. Los modelos de predicción mostraban una bondad del ajuste alta en la estimación de las correcciones en la cintura ( $R^2 = 0,79$ ) y cadera ( $R^2 = 0,68$ ), similares a las obtenidas por los modelos de regresión logística multinomial para predecir el ajuste por zonas que oscilan entre 71,9% y 91,7% en los aciertos de la tabulación cruzada del modelo de RLM. Sin embargo, el modelo mostró una fiabilidad algo baja en la longitud del brazo ( $R^2 = 0,38$ ). Los resultados de predicción de largo de manga en la chaqueta obtenidos en esta tesis alcanzan el 76,5% ( $R^2$  Nagelkerke = 0,721), mostrándose muy superiores. Hay que considerar que en el estudio de Daanen y Byvoet la evaluación la realizaron las usuarias, mientras que, en esta tesis, lo realizó una experta y como ya se ha demostrado, las evaluaciones de experta muestran mayor consistencia.

En el estudio de Daanen, se calculó, a partir de la predicción del ajuste por zonas, la corrección a realizar en la prenda (si fuera necesaria) para conseguir un ajuste final adecuado. La validación consistió en implementar las correcciones y volver a realizar las pruebas de ajuste con las usuarias. Los resultados mostraron un acierto elevado, 39 de las 45 usuarias (86%) participantes en la validación les fue bien la corrección aplicada. Aunque en este caso no se trata de predecir la talla, el objetivo es conseguir un ajuste global adecuado mediante las valoraciones de ajuste por zonas y, en cierta forma, ambos estudios podrían ser comparables. Este porcentaje de acierto es similar a los obtenidos para la recomendación de talla en la tesis, que está entre el 80% y el 100%.

### **6.5 Información adicional proporcionada por la predicción del ajuste por zonas.**

Cuando una usuaria se prueba una prenda con intención de comprarla, un objetivo es determinar qué talla seleccionar, pero también comprobar si la prenda en la talla más próxima a la usuaria, le queda bien. Aunque no se han encontrado datos que cuantifiquen esta situación es frecuente que, en ciertas prendas, ninguna de las tallas ajuste bien a la usuaria por varios motivos:

- Hay prendas que presentan problemas de ajuste por que el patrón no se ha validado correctamente.
- En otros casos, la prenda puede estar diseñada para unas proporciones corporales muy diferentes a las de la usuaria.
- Cuando las dimensiones corporales de una usuaria están en la zona de solapamiento entre dos tallas, puede haber problemas de ajuste en ciertas zonas.
- Si la serie de tallas en la que se fabrica la prenda es pequeña, el tejido no es elástico y el rango de acomodación de las tallas es pequeño, habrá más usuarias con problemas de ajuste.
- Finalmente, la preferencia individual de cada usuaria puede ser diferente al ajuste estándar de la prenda.

Por todos estos motivos, obtener como respuesta de un modelo de predicción de ajuste, cuál es la talla más adecuada para la usuaria, proporciona información de apoyo a la decisión de compra online muy limitada. El planteamiento realizado en esta tesis, tiene como objetivo validar una metodología de predicción de ajuste por zonas que permita proporcionar información complementaria a la talla recomendada.

El caso del pantalón recto analizado podría representar la primera de las situaciones mencionadas, una prenda que presentan problemas de ajuste porque el patrón no se ha validado correctamente. En particular, al 78% de las usuarias les queda holgado en la cintura, mientras que para el 45% y el 33% es estrecho en la cadera y muslo respectivamente. Con un perfil de ajuste así, será muy difícil que a una usuaria le quede bien esa prenda. Algo parecido ocurre en el pantalón estrecho, que presenta un 75% de usuarias con ajuste holgado en la cintura, aun disponiendo de una talla más en la serie de este modelo de pantalón.

Los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón recto muestran un porcentaje de acierto en el estudio de validación con usuarias entre 81,3% y el 100%. En esta validación se contrastó la probabilidad de ajuste estrecho, bien y holgado en cada zona con la valoración de la experta (dato verdadero). Para el caso concreto de las zonas con problemas de ajuste, el acierto es de un 81,3% en la cintura y mulso, y un 100% en la cadera.

Para el pantalón estrecho, los porcentajes de acierto obtenidos en la predicción de ajuste por zonas en la validación estuvieron entre el 75% y el 100%. Para el caso de la cintura, zona problemática en este pantalón, el acierto es de un 90%.

Así pues, tomando como ejemplo la usuaria 1 (US1), los resultados obtenidos a partir de los mapas de probabilidades del pantalón recto sería el siguiente:

1. Mapa de probabilidades de ajuste de la serie de tallas:

	AJUSTE PEQUEÑO				AJUSTE BIEN				AJUSTE GRANDE			
	PXS	PS	PM	PL	PXS	PS	PM	PL	PXS	PS	PM	PL
US1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,98</b>	0,00	0,02	0,00	0,02	1,00	0,98

La talla recomendada es la Talla S que muestra la probabilidad más alta de ‘ajuste bien’.

2. Mapa de probabilidades de ajuste por zonas para la talla S (Tabla 156):

**Tabla 156. Mapa de probabilidades de ajustes por zonas del pantalón recto para el US1.**

	TALLA S			Predicción Probabilidades	Valoración Experta
	Estrecha/Corto	Bien	Holgada/Largo		
<b>Cintura</b>	0,00	0,02	<b>0,98</b>	Holgada	Holgada
<b>Cadera</b>	<b>0,70</b>	0,29	0,01	Estrecha	Estrecha
<b>Muslo</b>	0,41	<b>0,56</b>	0,03	Bien	Bien
<b>Pantorrilla</b>	0,01	<b>0,74</b>	0,26	Bien	Bien
<b>Tiro Delantero</b>	0,00	<b>0,61</b>	0,39	Bien	Bien
<b>Pernera</b>	<b>0,56</b>	0,44	0,00	Corta	Bien
<b>Tiro Trasero</b>	0,01	<b>0,87</b>	0,11	Bien	Bien

El mapa de probabilidades muestra que la talla S le quedará holgada en la cintura, estrecha en la cadera y corta de pernera. Esta última coincide con uno de los fallos en la validación del modelo de predicción de la pernera. Se observa que no hay mucha diferencia entre la probabilidad de ajuste corto y ajuste bien en la pernera.

En el caso de la chaqueta, el ajuste tiene más margen y permite a la mayoría de las usuarias probar hasta tres tallas. De acuerdo a la preferencia individual de ajuste o al tipo de prenda que vayan a llevar debajo, se puede seleccionar un ajuste más pequeño o más grande. En este caso, podría tener interés en mostrar el ajuste obtenido con dos o tres tallas para que la usuaria decida.

Así pues, tomando como ejemplo la usuaria 17 (US17), que mostró probabilidades parecidas de ‘ajuste bien’ en dos tallas, los resultados obtenidos que podrían mostrarse con el mapa de probabilidades se presentan a continuación:

1. Mapa de probabilidades de ajuste de la serie de tallas:

	AJUSTE PEQUEÑO				AJUSTE BIEN				AJUSTE GRANDE			
	PXS	Ps	Pm	PL	PXS	Ps	Pm	PL	PXS	Ps	Pm	PL
<b>US17</b>	0,71	0,29	0,06	0,00	0,29	<b>0,41</b>	<b>0,46</b>	0,10	0,00	0,30	0,47	0,90

Las tallas recomendadas sería la Talla S y la Talla M, que muestra las probabilidades de ‘ajuste bien’ más altas.

2. Mapa de probabilidades de ajuste por zonas para la talla recomendada:

**Tabla 157. Mapa de probabilidades de ajustes por zonas de la chaqueta para el US17.**

	TALLA S				TALLA M			
	Estrecha Corto	Bien	Holgada Largo	Pred.	Estrecha Corto	Bien	Holgada Largo	Pred.
<b>Cintura</b>	0,24	<b>0,62</b>	0,15	Bien	0,00	0,06	<b>0,94</b>	Holgada
<b>Pecho</b>	0,19	<b>0,81</b>	0,00	Bien	0,00	<b>0,93</b>	0,07	Bien

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

<b>Hombros</b>	<b>0,61</b>	0,39	0,00	Estrecha	0,34	<b>0,64</b>	0,02	Bien
<b>Espalda</b>	0,44	<b>0,51</b>	0,04	Bien	0,12	0,36	<b>0,52</b>	Holgada
<b>Sisa</b>	<b>0,82</b>	0,18	0,00	Estrecha	<b>0,62</b>	0,38	0,01	Estrecha
<b>Cont. manga</b>	0,03	<b>0,97</b>	0,00	Bien	0,00	<b>0,57</b>	0,43	Bien
<b>Longitud total</b>	<b>0,79</b>	0,15	0,05	Corta	<b>0,36</b>	<b>0,35</b>	0,29	Bien
<b>Long. manga</b>	<b>0,78</b>	0,22	0,00	Corta	0,37	<b>0,63</b>	0,00	Bien

El mapa de probabilidades muestra que la talla S proporcionará un ajuste estrecho en hombros y sisa y será corta tanto en longitud total como en la manga. En cambio, la talla M proporcionará un ajuste holgado en cintura y espalda, mientras que seguirá siendo estrecha en la sisa.

Este resultado de los mapas de probabilidades puede ser algo denso y complejo de interpretar. Se podría traducir en un pictograma que comunique mejor el resultado a las usuarias. Este aspecto requerirá un estudio específico que analiza distintas opciones para la comunicación de la información.

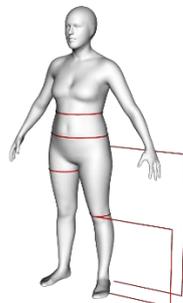
## 6.6 Medidas antropométricas clave por prenda.

A partir de los modelos de predicción por zonas de cada prenda, se han obtenido las medidas relevantes para el diseño y ajuste de las prendas y la mayoría coinciden conceptualmente con las medidas utilizadas por las patronistas. Sin embargo, en el contexto de cálculo de medidas digitales a partir de escaneados corporales 3D, es importante conocer el detalle de las definiciones y el método de cálculo para asegurar la reproducibilidad en el uso de las medidas.

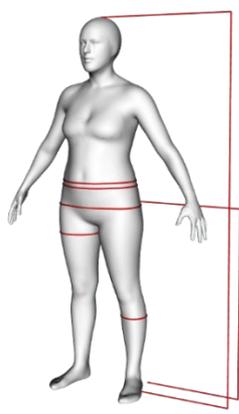
A continuación, se resumen las medidas más importantes para cada prenda. Son un total de 32 medidas corporales diferentes, algunas compartidas entre prendas. Para la falda son 7 medidas, otras 7 para el pantalón recto, 4 para el pantalón estrecho y 14 para la chaqueta. Resaltar la importancia del Peso\_9800 que aparece como relevante en tres prendas y el PerímetroMusloIzq\_9516 que es relevante para las tres prendas inferiores y en especial para los pantalones. Esta medida, sin embargo, no aparece como medida principal en pantalones.

**Tabla 158. Medidas antropométricas relevantes en los modelos de predicción de ajuste por zonas de la falda.**

FALDA	
<b>Cintura</b>	ContornodelaCinturaAlta_6515
	Alturadelacadera_0090mk
	ContronoMáximodelVentre_7545
<b>Cadera</b>	ContronoMáximodelVentre_7545
	Peso_9800

<b>Longitud</b>	AlturaRodilla_0110	
	Alturadenalgas_0090	
	ContornoRodillaIzq_9520	
	PerímetroMusloIzq_9516	

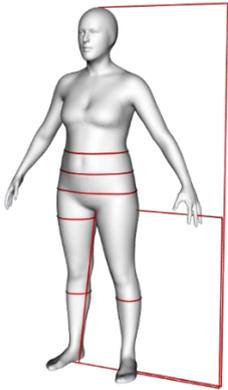
**Tabla 159. Medidas antropométricas digitales relevantes en los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón recto.**

PANTALÓN RECTO		
<b>Cintura</b>	ContornoCaderaAlta_7510	
	Peso_9800	
	ContornodelVientre_7540	
<b>Cadera</b>	ContornodeCaderaAlta_7510	
	ContornodeCaderasNalgas_7520	
	PerímetroMusloDer_9516	
	TiroTrasero_6012	
<b>Muslo</b>	ContornodeCaderasNalgas_7520	
	PerímetroMusloDer_9516	
<b>Pantorrilla</b>	PerímetroMusloDer_9516	
	ContornodeCaderaAlta_7510	
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	
<b>Tiro Delantero</b>	PerímetroMusloDer_9516	
	Estatura_0010	
	Alturadenalgas_0090	
	ContornodeCaderasNalgas_7520	
<b>Pernera</b>	Alturadenalgas_0090	
	ContornodeCaderasNalgas_7520	
<b>Tiro Trasero</b>	TiroTrasero_6012	
	PerímetroMusloDer_9516	

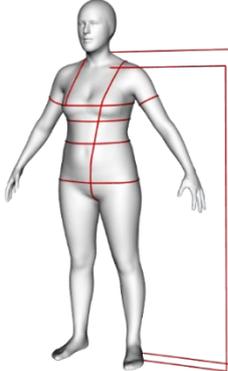
**Tabla 160. Medidas antropométricas digitales relevantes en los modelos de predicción de ajuste por zonas del pantalón estrecho.**

PANTALÓN ESTRECHO	
<b>Cintura</b>	ContornoCaderaAlta_7510
	PerímetroMusloDer_9516
<b>Cadera</b>	ContornoCaderaAlta_7510

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

	PerímetroMusloDer_9516	
<b>Muslo</b>	PerímetroMusloDer_9516	
	PerímetroPantorrillaDer_9541	
<b>Pantorrilla</b>	Estatura_0010	
	PerímetroPantorrillaIzq_9540	
	PerímetroMusloDer_9516	
<b>Tiro Delantero</b>	ContornodeCaderasNalgas_7520	
	AlturaEntrepierna_0100	
<b>Pernera</b>	CosturaInternaDer_9021	
	ContornodeCaderasNalgas_7520	
	Estatura_0010	
	CosturaExternaPiernaIzda_9036	
<b>Tiro Trasero</b>	PerímetroMusloDer_9516	
	ContornodeCintura_6510	

**Tabla 161. Medidas antropométricas digitales relevantes en los modelos de predicción de ajuste por zonas de la chaqueta.**

CHAQUETA		
<b>Pecho</b>	Peso_9800	
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	
	ContornoTóraxbajoPecho_4520	
<b>Cintura</b>	Peso_9800	
	ContornodeCaderasNalgas_7520	
	ContornodeCintura_6510	
<b>Hombros</b>	Estatura_0010	
	Peso_9800	
	ÁnguloHombroDerecho_3911	
<b>Espalda</b>	Peso_9800	
	ContornoHorizontaldelPecho_4510	
	AnguloHombro_Media	
<b>Sisa</b>	ContornoDiagonalTorso_2510	
	DistanciaentrePechos_4030	
<b>Contorno manga</b>	AnchuradelBrazoSuperiorIzdo_8910	
	Peso_9800	
<b>Longitud total</b>	LongituddelBrazohastala7CV_8011	
	DistanciaPechoCuellodcho_4081	
	AlturaDelanteraCuello_0180	
<b>Longitud manga</b>	Altura7CV_0030	
	LongituddelBrazoAcromionIzq_8030	
	ContornodelBrazoSup_8520_8021_Media	

### 6.7 Extensión de los modelos de predicción de ajuste al cálculo de cuotas de mercado.

Las ecuaciones de predicción de talla se pueden utilizar para realizar ‘simulaciones’ que permitan proyectar el porcentaje de venta de cada talla para un mercado objetivo. Para ello, es necesario disponer de bases de datos antropométricas de la población objetivo que incluyan información socio-demográfica como el género, la edad o la región. Estas simulaciones pueden ofrecer información de gran interés para la toma de decisiones en el proceso de desarrollo de la prenda.

Por ejemplo, en el caso del pantalón recto (Figura 122), un 28% de usuarias no encontrarían talla adecuada para ellas. La talla L sería la más vendida con un 25% de cuota de mercado, la M un 21% y la S un 19%. La talla XS cubriría solo un 5% de la población. Esta distribución sugiere que la talla XS podría ser prescindible y añadir una talla más, la XL, que podría abarcar a más población. Precisamente, el gráfico de dispersión bivariado (Figura 123) muestra población sin talla por encima de la nube de puntos de la talla L.

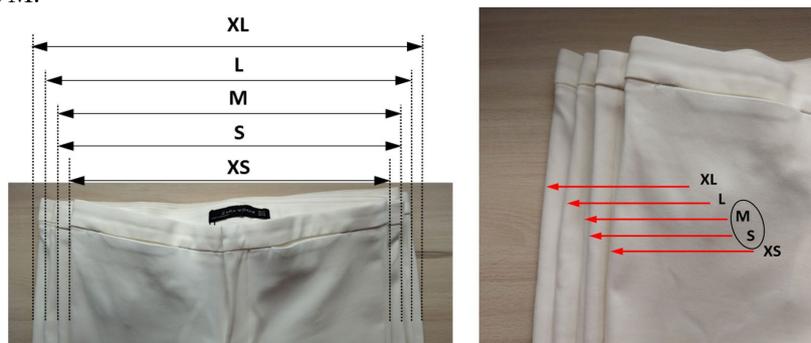
En cambio, la distribución de tallas que muestra la chaqueta parece bastante optimizada (Figura 126). Un 15% se quedaría sin talla, se podría profundizar más analizando las zonas de ajuste para determinar si hay alguna en particular que falla. En el gráfico bivariado, las tallas cubren la mayor parte de la población si se consideran las medidas principales de la prenda. El 15 % de usuarias sin talla parece que se solapa con la nube de puntos de las tallas S, M y L. En el modelo de predicción del ajuste de la talla de la chaqueta, el ajuste contorno del manga es relevante. El perfil de ajuste de la chaqueta obtenido en las pruebas del estudio experimental muestra que un 30% de las usuarias presenta un ajuste estrecho en el contorno de manga. Este problema de ajuste podría ser uno de los motivos de no encontrar talla. En ese caso, mejorar el ajuste en el contorno de manga de la chaqueta podría aumentar el porcentaje de población cubierta con la serie de tallas de la chaqueta.

El pantalón estrecho (Figura 124) y la falda (Figura 120) muestra una distribución de tallas menos homogénea y con saltos en alguna de ellas. Los resultados sugieren que algunas tallas de la serie no contribuyen a ampliar el porcentaje de ajuste de la población, posiblemente por proporcionar un ajuste muy próximo a la talla inmediatamente superior e inferior. El gráfico bivariado de este mismo pantalón estrecho (Figura 125) muestra un solapamiento total de las tallas S y M, incluso también un poco con la L. Por lo tanto, se podría eliminar una de las dos tallas que están solapadas.

En el caso de la falda, el gráfico bivariado (Figura 121) muestra mucho solapamiento de la talla S con la XS y algo con la M. Se podría prescindir de la talla S y probablemente, el porcentaje total de población ajustada se mantendría en valores similares.

Para intentar entender mejor esta situación, se ha revisado la serie de prendas tanto de la falda como del pantalón estrecho. Superponiendo las cinco tallas del pantalón, se observa

claramente que las tallas S y M son iguales (Figura 129). Aunque no es posible medir las prendas confeccionadas con mucha precisión, particularmente si el tejido es elástico, se han reportado las medidas de anchura de cadera de la serie de tallas del pantalón (Tabla 162). Se confirma que las medidas de la talla S y M son prácticamente iguales. Precisamente, en el estudio de validación con 20 usuarias, a ninguna se le ha asignado una talla M.



**Figura 129. Superposición de la serie de 5 tallas del pantalón estrecho.**

**Tabla 162. Anchura del pantalón estrecho en la cadera para la serie de tallas (cm).**

Talla	XS	S	M	L	XL
Anchura del pantalón en la cadera (cm)	39,4	42,4	42,4	45,5	48,5

En el caso de la falda, superponiendo la serie de cuatro tallas, se observa una situación similar. Las tallas XS y la S son prácticamente iguales (Figura 130). Las medidas de anchura de la cintura de la falda confirman que las medidas de las tallas XS y S son similares (Tabla 163).



**Figura 130. Superposición de la serie de 4 tallas de la falda.**

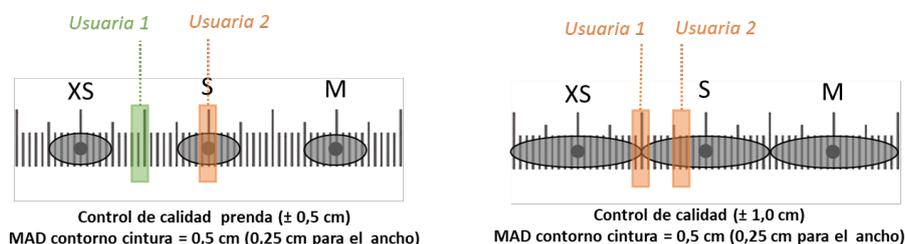
**Tabla 163. Anchura la falda en la cintura para la serie de tallas (cm).**

Talla	XS	S	M	L
Anchura de la falda en la cintura (cm)	35,0	35,5	37,0	39,1

Estos resultados indican que es necesario reforzar el control de calidad en la fabricación de las prendas para reducir los márgenes de error en las dimensiones finales de la prenda. Inicialmente, en el planteamiento del estudio se decidió no incluir las medidas de las prendas. No eran necesarias para construir los modelos de predicción y el procedimiento de medida de una prenda confeccionada presentaba muchas dificultades que impedían obtener datos fiables. Además, la idea de eliminar la necesidad de introducir esta información en los modelos, permitía reducir el esfuerzo requerido para entrenar el sistema y para actualizarlo con prendas nuevas. Esta decisión no ha permitido detectar los problemas de consistencia dimensional en las prendas hasta finalizar el análisis, pero muestra que la metodología es consistente y los modelos se pueden ajustar a diferencias en el sistema de tallaje. El problema surge cuando se traslada el funcionamiento a una situación en la que la variabilidad dimensional de las prendas puede ser muy grande, incluso al extremo de igualarse el tamaño de las prendas en dos tallas consecutivas.

En la Figura 131 se ilustra la incertidumbre en la estimación de la talla para dos escenarios de error en el ancho de cintura de la falda combinados con la fiabilidad de la medida de contorno de cintura en una posible usuaria (MAD). El valor del MAD se ha dividido por la mitad al aplicarse a una medida de anchura de la cintura. Para un control de calidad de la prenda de  $\pm 0,5$  cm, la usuaria 2 tendría más incertidumbre en la predicción entre dos tallas que la usuaria 1. Para un control de calidad de la prenda de  $\pm 1,0$  cm será muy difícil discriminar entre dos tallas. Esta tolerancia de fabricación podría ser adecuada en un contexto de compra de ropa en tienda en la que el usuario se prueba la prenda específica que va comprar, pero en un contexto de compra online es necesario reducir las tolerancias de fabricación si se quiere conseguir un método de recomendación de talla fiable.

En la Figura 131 se ha representado solo una medida corporal y una zona de ajuste. Pero el problema de ajuste en una zona se ha demostrado que es multidimensional, con lo que se combinan los errores (MAD) de 3 medidas antropométricas en la predicción de ajusten en la zona de la cintura y dos medidas antropométricas para la predicción de ajuste en la zona de la cadera. En trabajos futuros se podría considerar en los datos antropométricos de entrenamiento de los modelos, las distribuciones de error de las medidas para obtener indicadores de fiabilidad de la predicción.



**Figura 131.** Dos escenarios de error en el ancho de cintura de la falda combinados con la fiabilidad de la medida de contorno de cintura en una posible usuaria (MAD).

En el estudio de cuotas de mercado se ha utilizado una base de datos de la población española adecuada a la distribución del INE para ese grupo de edad. En realidad, las marcas de ropa se dirigen a segmentos más específicos de clientes que suelen tener bastante bien definidos desde un enfoque socio-demográfico de variables utilizadas en máquetin. Para mejorar el estudio de cuotas de mercado y obtener información más fiable, sería de interés que las empresas empezaran a recabar datos antropométricos de sus clientes. En el capítulo de trabajos futuros, se desarrolla esta idea con más detalle.

A lo largo de la discusión de la tesis se han evidenciado deficiencias en el control de los procesos de desarrollo y fabricación de prendas: 1) las tablas de tallas no son consistentes (el acierto en la recomendación de talla ofrecido por la tabla de tallas es el más bajo); 2) las pruebas de ajuste con modelos que se realizan en el proceso de validación del patrón no corresponden con el ajuste de las prendas (algunas de las prendas analizadas muestran problemas de ajuste en el diseño) y 3) las tolerancias de fabricación son demasiado grandes.

En la actualidad, la mayoría de estudios están realizando un abordaje del problema de recomendación de talla orientado a la ciencia de datos. Hay portales online con millones de transacciones diarias que pueden utilizarse para desarrollar entrenamientos cada vez más sofisticados. Sin embargo, una parte importante del problema está relacionado con la Ingeniería de Procesos. Es necesario mejorar la trazabilidad y control en el ajuste de las prendas para poder sacar el máximo partido a los modelos basados en ‘Big Data’.

En esta línea, una de las propuestas que se propone en el capítulo de trabajos futuros, es la necesidad de desarrollar un ‘Estándar de Ajuste’. Consiste en una metodología para definir y controlar el ajuste de las prendas en todos los procesos relacionados con el producto, incluyendo: el diseño (ficha de especificaciones del producto), verificación del patrón (pruebas de ajuste con modelos mediante cuestionarios y control de medidas antropométricas), verificación de talla base, escalado considerando cuotas de mercado y control de tolerancias de fabricación.

Además, se trabajaría con un enfoque mucho más sostenible. Mejorar el ajuste de las prendas, optimizar la distribución de tallas de acuerdo a las dimensiones de la población y adecuar los porcentajes de fabricación por talla por cuotas de mercado reducirá la cantidad de ropa que hoy se día se fabrica y se queda sin vender.

## **6.8 Limitaciones del estudio.**

El estudio realizado en esta tesis, presenta las siguientes limitaciones:

- **Número reducido de prendas:** En el sector moda, la variedad de estilos de prendas de ropa para una categoría de producto (ej. chaqueta, pantalón, camisa) es enorme. El estudio de cuatro prendas es limitado y será necesario extenderlo a una mayor variedad de estilos por prenda para analizar la viabilidad de un clasificador de prendas por perfil de ajuste.

- **Población Mujeres:** El estudio se ha centrado en prendas de mujer. No se pueden extrapolar las conclusiones a prendas de ropa para hombres, niños o personas mayores. En el caso del sector de moda masculino, el número de variantes y estilos para cada tipo de prenda es bastante más reducido, lo que posibilitaría la realización de modelos de predicción más generales por tipo de prenda. En el caso de las prendas infantiles hay que considerar el factor de crecimiento de los niños con la edad y el cambio morfológico asociado. Además, en el caso de ropa infantil, los compradores y el criterio de ajuste no es del usuario, sino de los padres que, en muchos casos, tienden a considerar el factor de crecimiento en la selección de la talla.  
Sí que se podría aplicar buena parte del desarrollo metodológico mejorando o incluyendo aspectos que se han propuesto más adelante en trabajos futuros.
- **Validación en condiciones de laboratorio:** La validación del sistema de predicción de ajuste y recomendación de talla se ha realizado en condiciones de laboratorio. La validación en condiciones reales permitiría obtener retorno de la experiencia de uso y el valor aportado por la recomendación de talla junto con la predicción de posibles problemas de ajuste en las zonas. También es relevante conocer cómo facilitar a la usuaria la interpretación de esta información.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# Capítulo 7

## Conclusiones

A continuación, se exponen de forma ordenada las conclusiones que se extraen de esta tesis:

1. La fiabilidad de las medidas antropométricas obtenidas a partir de tecnología de escaneo corporal 3D es adecuada para su aplicación en algoritmos de recomendación de talla. Los cálculos del error están por debajo de los umbrales definidos en los estándares de registro de medidas antropométricas y los valores están muy por debajo de los intervalos habituales de tallaje.
2. Se ha desarrollado una metodología de valoración subjetiva del ajuste de prendas mediante cuestionarios, pruebas con usuarios y valoraciones realizadas por una experta, eliminando el efecto de la preferencia individual de la usuaria. Se ha establecido un concepto de ajuste de la prenda por zonas como referencia inicial que permite establecer los criterios de evaluación al inicio de las pruebas.
3. Aunque no se han encontrado diferencias significativas entre las evaluaciones de ajuste realizadas por la experta y la evaluación realizada por las usuarias, las valoraciones de experta en relación a las medidas corporales presentan menor variabilidad obteniéndose modelos de predicción más fiables.
4. Se ha demostrado que las zonas de ajuste que se utilizan actualmente en la recomendación de talla para cada tipo de prenda no son suficientes para obtener una predicción de talla fiable. En la recomendación de talla influye el ajuste en más de una zona: dos en el caso de la falda, hasta cuatro en el caso de los pantalones y cuatro en la chaqueta. Siendo muy relevantes, zonas de ajuste que actualmente no se consideran en el tallaje.

5. El estudio realizado con dos pantalones de estilos diferentes demuestra que las zonas de ajuste que mejor predicen la recomendación de talla de una prenda varían en función del estilo, que incluye aspectos como el patronaje, el diseño o el tipo de tejido.
6. Se ha comprobado la fiabilidad de los modelos de predicción de ajuste por zonas y su aportación, como información adicional, en la selección final de la talla: en usuarias que están entre dos tallas, en usuarias con morfotipos a los que no les va ajustar bien ninguna talla y cuando las preferencias de ajuste individuales no se corresponden con el estándar.
7. Se han determinado los conjuntos de medidas antropométricas relevantes para la predicción del ajuste por zonas en cada prenda demostrando el carácter multidimensional del problema. Para predecir el ajuste en una zona específica intervienen varias medidas corporales. Esto ocurre en todas las zonas analizadas.
8. Se ha demostrado que los modelos de predicción de talla basados en las probabilidades de ajuste obtenidas mediante regresión logística multinomial en zonas relevantes de la prenda tienen mayor fiabilidad que los métodos actuales que solo consideran una variable corporal y sus intervalos.
9. La extensión de los modelos de predicción al cálculo de cuotas de mercado y estimación de volúmenes de fabricación por talla ha puesto de manifiesto las deficiencias en el proceso actual de diseño y fabricación de ropa así como la necesidad de mejorar el ajuste, el tallaje, y la consistencia dimensional de las prendas mediante métodos de ingeniería de procesos. Esta actuación es crucial y debe ser previa al desarrollo de un sistema de recomendación de talla de alta fiabilidad.

# Capítulo 8

## Trabajos futuros

En este capítulo se desarrollan brevemente las líneas de trabajo futuro relacionadas con esta tesis, estructuradas en cuatro bloques.

### 8.1 Nuevos sistemas de escaneo corporal 3D en el hogar.

En los últimos años, la disponibilidad en bases de datos de escaneados corporales 3D y el avance en inteligencia artificial aplicada a visión por computación han permitido desarrollar apps móviles que generan un avatar corporal 3D. Esta tecnología permite llevar el escáner de cuerpo a las casas de los compradores y facilitan enormemente la creación del perfil antropométrico del consumidor. Dado el potencial que tiene esta tecnología para un sistema de recomendación de talla, el IBV impulsó el desarrollo de una app del cuerpo, en paralelo a la ejecución de esta tesis y con mi participación.

El sistema se basa en un modelo estadístico de forma corporal que incorpora un modelo de regresión para predecir la forma 3D del cuerpo a partir de la silueta frontal y lateral del cuerpo del usuario extraídas a partir de dos fotos. La cuestión a verificar sobre esta metodología es qué precisión se puede obtener mediante esta aproximación. Con este objetivo, el grupo de estandarización del IEEE- EEE 3D Body Processing Industry Connections Quality subgroup organizó un estudio en el IBV para analizar la precisión de estos sistemas en comparación con los escáneres corporales de laboratorio que capturan la superficie real (Ballester et al., 2022). En Ballester et al. (2022) se reportan los valores de fiabilidad (MAD y CV) de 4 apps de captura corporal diferentes. En tres apps de las cuatro analizadas, los valores obtenidos de MAD estaban por debajo de los umbrales indicados por la norma ISO 20685-1:2018. Además de la fiabilidad, hay que

considerar la compatibilidad en las definiciones y cálculos de las medidas. En relación a este aspecto, los resultados muestran sesgos en todos los sistemas de captura, siendo necesario más esfuerzos en estandarización, especialmente en el cálculo de medidas iniciales.

Aunque estos sistemas pueden ofrecer valores de fiabilidad adecuados, los problemas principales que presentan están relacionados con la experiencia del usuario. Seguir las instrucciones de medida es complicado y hay que hacer las medidas con ropa ajustada. Esto último es interpretado de forma bastante relajada por los usuarios, encontrando un porcentaje de medidas elevado que no se ha realizado de acuerdo a las instrucciones. En muchas ocasiones, este requerimiento es un inhibidor importante, puesto que rompe el proceso de compra o produce incomodidad al sujeto.

Claramente, una de las líneas de trabajo futura está en la captura corporal 3D mediante teléfono móvil que pueda realizarse con cualquier tipo de ropa. El proceso es más rápido (no hay que cambiarse de ropa) y no invade la intimidad del usuario. El reto está en conseguir una fiabilidad y precisión adecuadas cuando se realiza una estimación del cuerpo desnudo a partir de imágenes del cuerpo vestido con cualquier tipo de ropa.

## **8.2 Escalabilidad de los métodos de recomendación.**

El inconveniente principal que presenta esta aproximación propuesta para su implementación en entorno real es la necesidad de generar una base de datos de pruebas de ajuste con usuarias para realizar el entrenamiento de los modelos. Esta etapa es costosa y complicada de implementar en un contexto real.

A partir de los resultados de la tesis y la revisión del estado del arte realizada, se plantean tres elementos que permitirían reducir las pruebas de entrenamiento a realizar: 1) incorporar la información de las pruebas de ajuste del proceso de patronaje; 2) realizar el entrenamiento en una sola talla y aprovechar el escalado lineal industrial para expandir el entrenamiento al resto de tallas; 3) extender el modelo de predicción a varias prendas que presenten un perfil de ajuste similar y 4) combinar esta metodología con métodos de aprendizaje automático a partir del retorno del consumidor.

### **1) Incorporar información del proceso de desarrollo y patronaje de la prenda.**

En la revisión bibliográfica se describe cómo se desarrolla el patrón de una nueva prenda en el proceso actual seguido por las empresas de ropa. Partiendo de un patrón similar seleccionado de la base datos, se realizan adaptaciones al nuevo diseño de prenda y se fabrica un prototipo en la que se conoce como talla base o talla central. Este prototipo se prueba con modelos, personas reales que tienen las medidas antropométricas igual o muy cercanas a las medidas del canon establecido por su tabla de patronaje. Es habitual utilizar modelos diferentes para prendas inferiores y superiores por la dificultad de encontrar a personas que cumplan con todas las medidas de referencia de la tabla de tallas. Bajo esta premisa, se puede decir que durante el proceso de desarrollo se asegura

que el patrón ajuste perfectamente al modelo con el que prueba la ropa la patronista. Por lo tanto, en la medida que una usuaria tenga medidas muy parecidas a la modelo de la patronista, el ajuste de la prenda será muy bueno. El ajuste empeorará conforme las medidas corporales difieran de las de la modelo.

En paralelo a esta tesis, surgió la oportunidad de desarrollar un modelo de predicción de talla para prendas infantiles (Ballester, Pierola, et al., 2016). Este estudio se planteó bajo la hipótesis anterior, comparando las medidas antropométricas del niño con el modelo, que en este caso eran una colección de maniqués, por la dificultad de contar con niños reales para realizar las pruebas de patronaje. Por lo tanto, en lugar de medidas antropométricas de los niños se computaron las diferencias entre las medidas del niño y las medidas de los maniqués correspondientes a cada talla. Se obtuvieron porcentajes de acierto del 71% (Pierola et al., 2016b). Esta aproximación permite aprovechar la información de ajuste que se genera en el proceso de desarrollo de la prenda, el siguiente objetivo es reducir el número de pruebas a realizar.

## **2) Realizar el entrenamiento en una sola talla.**

El escalado industrial de las prendas de ropa es lineal y se realiza mediante métodos automáticos. Esta propiedad se puede aprovechar para concentrar las pruebas en una sola talla y escalar los resultados al resto de tallas mediante ecuaciones lineales. Esta operación se tendría que validar y para ello sería de gran ayuda analizar si la variación de las medidas antropométricas de la población objetivo evoluciona con el mismo modelo lineal o hay algún desajuste. En ese último caso, la bondad del ajuste de la prenda obtenido en el proceso de diseño y validación del patrón en una talla iría empeorando con el escalado conforme te alejas de la talla central. En esta situación, lo óptimo es corregir el criterio de escalado de acuerdo a la antropometría de la población para aumentar cuota de mercado. Esta idea fue planteada por primera vez por Robinette y Veitch (2016).

Aunque se realice el entrenamiento en una sola talla, hay que determinar el rango de acomodación de la prenda en las distintas zonas de ajuste. Este conocimiento requiere ensayos de ajuste con varias usuarias. La clave está en realizar una selección apropiada de las usuarias de acuerdo a arquetipos antropométricos obtenidos a partir del análisis de la población objetivo. En el estado de arte, se han descrito varias metodologías para el cálculo de arquetipos y arquetipoides (Epifanio et al., 2013; Vinué et al., 2015).

Una alternativa a las pruebas físicas con modelos reales podría ser la realización de pruebas virtuales mediante un programa de patronaje 3D. Actualmente, programas como CLO3Dy Optitex, mencionados en el estado del arte, permiten visualizar el patrón 3D sobre un avatar corporal. En el caso de CLO3D, este avatar corporal puede ser un escaneado corporal real de una persona. Si se dispone de bases de datos 3D de la población objetivo, se podría multiplicar las pruebas de ajuste en un este tipo de entornos virtuales. Esta metodología puede ser más eficiente y parece prometedora, pero es necesario analizar, si la evolución realizada en un entorno digital es igual de consistente

que la realizada con modelos y si la precisión de la representación realizada por estos programas es suficiente. Este estudio está actualmente en desarrollo en un proyecto de investigación con mi participación.

### **3) Extender el modelo de predicción a varias prendas.**

Generar un modelo de predicción específico para cada prenda es inviable en la práctica. Seguramente, muchas prendas que se diseñan en una misma categoría pueden compartir el perfil de ajuste, por el tipo de patrón, que puede ser parecido, y las propiedades del tejido, similares en elasticidad. La investigación necesaria en esta línea consistiría en el desarrollo de un clasificador de prendas en base a zonas de ajuste y tejidos. Inicialmente, se podría realizar la investigación introduciendo los parámetros dimensionales del patrón y las propiedades del tejido, pero a futuro, podría tener mucha utilidad desarrollar un clasificador basado en imagen.

### **4) Método de predicción híbrido que incluya antropometría del consumidor y métodos de aprendizaje automático.**

En los capítulos del estado del arte y discusión, se ha explicado cómo la evolución de las investigaciones sobre recomendación de talla basados en aprendizaje automático se ha orientado a introducir más información de la prenda (mediante pruebas de experto) y más información del usuario (mediante cuestionarios).

En la presente tesis se ha realizado el camino inverso. Se ha partido de información detallada sobre la antropometría de la usuaria y se han entrenado los modelos de ajuste para cada prenda individual con pruebas realizadas con usuarias probando varias tallas, para asegurar un número de suficiente de observaciones de ajustes ‘estrecho’, ‘bien’ y ‘holgado’ para las diferentes tallas. Esta aproximación ha permitido avanzar en el conocimiento sobre el ajuste de las prendas y conocer el porcentaje de acierto en la selección de talla que se puede alcanzar siguiendo diferentes métodos con más o menos detalle del usuario o de la prenda.

En el esquema resumen que se presenta en la Figura 158, se propone realizar una aproximación híbrida. Lo ideal sería iniciar la recomendación con un método simplificado al propuesto para obtener un funcionamiento razonable en el ‘arranque en frío’. La antropometría de la usuaria y las pruebas de ajuste de las prendas realizadas en la fase de desarrollo con modelos conformarían la información básica inicial. Posteriormente, el aprendizaje automático permitirá entrenar la preferencia de la usuaria mediante el histórico de compras y mejorar el entrenamiento de la prenda mediante los datos de devoluciones de clientas emparejado con su perfil antropométrico corporal (Alcacer et al., 2021).

### **8.3 Mejora del control del ajuste de las prendas en el proceso de desarrollo: 'Fit Standard'.**

La idea de aprovechar las pruebas de ajuste que se realizan durante el proceso de desarrollo de la prenda e introducir en este punto del proceso la generación de los datos de entrenamiento del modelo puede ser muy eficiente, pero requiere la introducción de una metodología sistemática que estandarice el tipo de información que recoge. El objeto es generar bases de datos de valoraciones subjetivas de ajustes de prendas. Actualmente, estas bases de datos no existen en las empresas. Únicamente con esta información, que traduce las dimensiones prenda a dimensiones cuerpo embebiendo el efecto del estilo de la prenda o el tejido, es posible modelar la recomendación de talla correctamente.

Una metodología sistemática de recogida de datos de ajuste implica, en primer lugar, definir el concepto de ajuste de la prenda. Esto significa cómo tiene que vestir en las diferentes zonas para que se ajuste al estilo que ha creado el diseñador. El concepto de ajuste descrito y debe ir acompañado de especificaciones objetivas de lo que se considera 'ajuste bien'. Por ejemplo, un pellizco en la cinturilla del pantalón para ajustar la prenda a la cintura, debe estar entre 1 y 2 cm. Este método permite establecer un proceso consistente de evaluación por parte del experto, y reducir los errores de interpretación entre la patronista y el diseñador. La información se debe recoger mediante formularios digitales que puedan codificar la información para analíticas posteriores. Los modelos que realicen las pruebas se deben escanear en 3D para emparejar la información de ajuste con sus dimensiones reales en ese momento.

Toda esta la información tiene que ser consistente y acorde con un 'Estándar de Ajuste' de la empresa, que esté definido, documentado y compartido en toda la organización. El objetivo de este 'Estándar de Ajuste' es conocer y saber a qué población viste cada talla de una prenda de ropa en términos de medidas antropométricas, mantener la coherencia de tallas entre prendas y mejorar el etiquetado y la comunicación con el consumidor.

La definición e implementación del 'Estándar de Ajuste' en una empresa podría iniciarse con una 'Auditoria de Ajuste'. Analizar la situación actual del proceso de desarrollo de prendas y la consistencia de los procesos actuales es el punto de partida para saber la magnitud de los cambios a implementar y diseñar el proceso para minimizar fricciones. Todas las empresas de ropa cuentan con históricos de patrones que son un activo fundamental del departamento de diseño y patronaje. Un cambio en los estándares tiene que realizarse de forma que se puedan aprovechar estos activos.

El planteamiento del 'Concepto de Ajuste', 'Estándar de Ajuste' y 'Auditoria de Ajuste' lo estoy desarrollando con un grupo de tres investigadoras expertas en antropometría aplicada a producto (Kathleen Robinette, Daisy Veitch y Karen Bredenkamp). La metodología completa se está desarrollando para una próxima publicación en CRC Press.

#### **8.4 Mejora del proceso de desarrollo de prendas incorporando datos del consumidor: retroalimentación.**

Para una empresa de indumentaria, la captura corporal 3D de los clientes no es solo una herramienta de utilidad en la recomendación de talla. El objetivo de la tesis relacionado con la extrapolación de los algoritmos de ajuste al cálculo de cuotas de mercado de una prenda y su serie de tallas, pone de manifiesto la importancia que tiene para las empresas contar con información antropométrica de su población objetivo. La tecnología de captura doméstica permitirá caracterizar a los propios clientes. Esta información, bien explotada, tiene aplicación en diversos procesos de la empresa:

- Diseño y desarrollo de producto: mejora del patronaje y ajuste en el proceso de diseño y escalado de tallas. Optimización del número de tallas.
- Fabricación: estimación de ventas por tallas, dimensionado de lotes de fabricación y estimación de cantidad de materias primas.
- Venta: herramientas de personalización de talla y máquetin personalizado. Se podría recomendar las prendas que mejor le van a quedar a las usuarias.

Por lo tanto, se trata de una línea futura de investigación que permitiría incorporar la información antropométrica 3D de los clientes a lo largo de la cadena de valor de las empresas de ropa, mejorando y optimizando los procesos, aumentando la calidad tanto del producto como del servicio de venta al cliente.

Esta línea de trabajo futura, combinada con las anteriores propuestas relacionadas con la caracterización del ajuste de prendas, requeriría la creación de un nuevo departamento en las empresas de 'Ajuste y tallaje' que implemente las metodologías y herramienta internas de control de ajuste de prendas, marque las especificaciones, recabe la información antropométrica de los clientes, introduzca ciencia de datos para analizar y procesar toda la información y transfiera metodologías y herramientas de control a diseño, fabricación y venta. Una aproximación transversal como esta es necesaria en las empresas de indumentaria si en el futuro se quiere mejorar el problema de tallaje en el sector.

En la actualidad, los objetivos ODS y las nuevas políticas medioambientales exigen reducir tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> como los desperdicios tienen que impulsar nuevas formas de funcionamiento en el sector de la indumentaria. En este contexto, reducir los problemas de ajuste diseñando y fabricando la ropa para la población y minimizar las devoluciones de compras online van a ser factores clave.

# Bibliografía

- Academia (Director). (2014). *Lectra: Grading your Patterns*.  
<https://www.youtube.com/watch?v=IWS6G54ImWc>
- Aggarwal, C. C. (2016). *Recommender systems*. Springer.
- Ahrens, S. F. (2000). *Optimization of Fit for Mass Customized Apparel Ordering Using Fit Preference and Self Measurement*. CORNELL UNIV ITHACA NY.  
<https://apps.dtic.mil/docs/citations/ADA373267>
- Alcacer, A., Epifanio, I., Valero, J., & Ballester, A. (2021). Combining Classification and User-Based Collaborative Filtering for Matching Footwear Size. *Mathematics*, 9(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/math9070771>
- Alemany. (2013). *Desarrollo metodológico de un estudio antropométrico nacional mediante tecnología de digitalización 3D* [Proyecto final de carrera].
- Alemany, S., Ballester, A., Parrilla, E., Pierola, A., Uriel, J., Nacher, B., Remon, A., Ruescas, A., Durá, J. V., Piqueras, P., & Solves, C. (2018). 3D Body Modelling and Applications. En S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Eds.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (pp. 623-636). Springer International Publishing.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4\\_660.1007/978-3-319-96065-4\\_66](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_660.1007/978-3-319-96065-4_66)
- Alemany, S., González, J. C., Nacher, B., Soriano, C., Arnáiz, C., & Heras, H. (2010). Anthropometric survey of the Spanish female population aimed at the apparel industry. *Proceedings of the 2010 International Conference on 3D Body Scanning Technologies. Lugano, Switzerland*.
- Alemany, S., Valero, J., & Ballester, A. (2023). Advanced Processing of 4D Body Scanning Technology for the Ergonomic Design of Products and Environments. *Ergonomics in Design*, 31(3), 30-37.  
<https://doi.org/10.1177/10648046231161392>
- Alemany, Uriel, J., Ballester, A., & Parrilla, E. (2019). Three-dimensional body shape modeling and posturography. En *DHM and Posturography* (pp. 441-457). Elsevier.
- Alexander, M., Jo Connell, L., & Beth Presley, A. (2005). Clothing fit preferences of young female adult consumers. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 17(1), 52-64.
- Allen, B., Curless, B., & Popović, Z. (2003). The space of human body shapes: Reconstruction and parameterization from range scans. *ACM Transactions on Graphics*, 22(3), 587-594. <https://doi.org/10.1145/882262.882311>
- Amatriain, X. (2013). Mining large streams of user data for personalized recommendations. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 14(2), 37-48.

- Amberg, B., Romdhani, S., & Vetter, T. (2007). Optimal Step Nonrigid ICP Algorithms for Surface Registration. *2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2007.383165>
- Anand, N. (2011). Pattern engineering and functional clothing. *INDIAN J. FIBRE TEXT. RES.*, 8.
- Anand, N., & Tiwari, M. (2022, octubre 25). INDIAsize—Planning and Execution of National Sizing Survey of India. *Proceedings of 3DBODY.TECH 2022 - 13th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano, Switzerland, 25-26 October 2022*. 3DBODY.TECH 2022 - 13th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano, Switzerland, 25-26 October 2022, Lugano, Switzerland. <https://doi.org/10.15221/22.38>
- Angarita, J. I. G. (2012). Representación matemática y geométrica de un sistema de proporción. *Scientia et Technica*, 2(50), 103-111. <https://doi.org/10.22517/23447214.6685>
- Apeagyei, P., & Mandeya, S. (2010). JEANS: SIZED TO FIT OR FITTED TO SIZE? *International Journal of Management Cases*, 12(2), 161-176.
- Ashdown, S., & Loker, S. (2010). Mass-customized Target Market Sizing: Extending the Sizing Paradigm for Improved Apparel Fit. *Fashion Practice*, 2(2), 147-173. <https://doi.org/10.2752/175693810X12774625387396>
- Ashdown, S., Loker, S., & Adelson, C. (2005). Improved apparel sizing: Fit and anthropometric 3-D scan data (NTC Project: S04-CR01). *National Textile Center*.
- Ashdown, S. P. (1998). An investigation of the structure of sizing systems: A comparison of three multidimensional optimized sizing systems generated from anthropometric data with the ASTM standard D5585-94. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10(5), 324-341.
- Ashdown, S. P. (2014). Creation of ready-made clothing: The development and future of sizing systems. En *Designing Apparel for Consumers* (pp. 17-34). Elsevier.
- Ashdown, S. P., & DeLong, M. (1995). Perception testing of apparel ease variation. *Applied Ergonomics*, 26(1), 47-54. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(95\)95750-T](https://doi.org/10.1016/0003-6870(95)95750-T)
- Ashdown, S. P., Loker, S., Schoenfelder, K., & Lyman-clarke, L. (2004). *Using 3D Scans for Fit Analysis*.
- Ashdown, S. P., Lyman-Clarke, L. M., Smith, J., & Loker, S. (2007). Production systems, garment specification and sizing. *Susan P Ashdown Sizing in clothing*:

*Developing effective sizing systems for ready-to-wear clothing*, Cambridge, Wood head, UK, 348-375.

- Ashdown, S. P., & O'Connell, E. K. (2006). Comparison of test protocols for judging the fit of mature women's apparel. *Clothing and Textiles Research Journal*, 24(2), 137-146.
- ASTM D5219 Standard Terminology Relating to Body Dimensions for Apparel Sizing, ASTM D5219 (2015).
- August, B., & Count, E. (1981). *The Complete Bonnie August's Dress Thin System: 642+ Ways to Correct Figure Faults with Clothes*. Rawson, Wade Publishers.
- Aydinoğlu, N. Z., & Krishna, A. (2012). Imagining thin: Why vanity sizing works. *Journal of Consumer Psychology*, 22(4), 565-572.
- Azouz, Z. B., Rioux, M., Shu, C., & Lepage, R. (2006). Characterizing human shape variation using 3D anthropometric data. *The Visual Computer*, 22(5), 302-314. <https://doi.org/10.1007/s00371-006-0006-6>
- Bagherzadeh, R., Latifi, M., & Faramarzi, A. R. (2010). Employing a three-stage data mining procedure to develop sizing system. *World Applied Sciences Journal*, 8(8), 923-929.
- Ballester, A., Parrilla, E., Piérola, A., Uriel, J., Pérez, C., Piqueras, P., Nácher, B., Vivas, J. A., & Alemany, S. (2016). Data-driven three-dimensional reconstruction of human bodies using a mobile phone app. *International Journal of the Digital Human*, 1(4), 361-388. <https://doi.org/10.1504/IJDH.2016.084581>
- Ballester, A., Pierola, A., Parrilla, E., Uriel, J., Piqueras, P., Nacher, B., Vivas, J., Perez, C., Jeronimo, S. S., & Alemany, S. (2016, noviembre 30). *Kidsize: Always Get the Right Size*. Proc. of 7th Int. Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, Nov. 2016. <https://doi.org/10.15221/16.139>
- Ballester, A., Pierola, A., Parrilla, E., Uriel, J., Ruescas, A. V., Perez, C., Dura, J. V., & Alemany, S. (2018). 3D Human Models from 1D, 2D and 3D Inputs: Reliability and Compatibility of Body Measurements. *Proc. of 3DBODY.TECH 2018*, 132-141. <https://doi.org/10.15221/18.132>
- Ballester, A., Valero, M., Nácher, B., Piérola, A., Piqueras, P., Sancho, M., Gargallo, G., González, J. C., & Alemany, S. (2015). 3D Body Databases of the Spanish Population and its Application to the Apparel Industry. *Proc. of 6th Int. Conf. on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland*.
- Ballester, A., Wright, W., Valero, J., Bullas, A., Devlin, T., Scott, E., & Mcdonald, C. (2020, noviembre 17). *Comparative Analysis of Anthropometric Methods: Past, Present, and Future*. Proc. of 3DBODY.TECH 2020 - 11th Int. Conference and

- Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Online/Virtual, 17-18 Nov. 2020. <https://doi.org/10.15221/20.28>
- Ballester, A., Wright, W., Valero, J., Scott, E., Devlin, T., Bullas, A., Silva, J., & McDonald, C. (2022). *Comparative analysis of anthropometric methods: Past, present and future*.
- Bastos, S. F., & Cetiqt, F. G. (2014). The body shape of Brazilian women. *5th international conference on 3D body scanning technologies, Lugano, Switzerland*, 21-22.
- Baytar, F., & Ashdown, S. (2015). An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology. *Fashion Practice*, 7(1), 31-52.
- Beazley, A. (1998). Size and fit: Formulation of body measurement tables and sizing systems—Part 2. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 2(3), 260-284.
- Beazley, A. (1999). Size and fit: The development of size charts for clothing — Part 3. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 3(1), 66-84. <https://doi.org/10.1108/eb022549>
- Bittner, A. C. (1987). CADRE: A family of manikins for workstation design. *Trends in ergonomics/human factors*, 733-740.
- Bougourd, J. (2007). Sizing systems, fit models and target markets. *Sizing in clothing*, 3(2), 56-60.
- Bougourd, J. (2005, mayo 1). *Measuring and Shaping the Nation: SizeUK*. The Istanbul Textile Conference: Recent Advances in Innovation and Enterprise in Textiles and Clothing, Marmaris University, Istanbul, Istanbul. <http://ualresearchonline.arts.ac.uk/769/>
- Bougourd, J. P., Dekker, L., Ross, P. G., & Ward, J. P. (2000). A comparison of women's sizing by 3D electronic scanning and traditional anthropometry. *Journal of the Textile Institute*, 91(2), 163-173.
- Bougourd, J., & Treleaven, P. (2010). UK National Sizing Survey—SizeUK. *International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland*, 19-20.
- Bradtmiller, B. (2015). Predicting Product Accommodation: The Role of the Anthropometric Fit Test. *Procedia Manufacturing*, 3, 4464-4471. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.458>
- Bradtmiller, B., & Gross, M. E. (1999). *3D whole body scans: Measurement extraction software validation*. SAE Technical Paper.

- Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., & Ashdown, S. (2016). Current state of the art and enduring issues in anthropometric data collection. *Dyna*, 83(197), 22-30.
- Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., Ashdown, S. P., Castellucci, I., & Leão, C. (2018). A comparison of manual anthropometric measurements with Kinect-based scanned measurements in terms of precision and reliability. *Work*, 59(3), 325-339. <https://doi.org/10.3233/WOR-182684>
- Bridger, R. (2008). *Introduction to ergonomics*. Crc Press.
- Brolin, E. (2016). *Anthropometric diversity and consideration of human capabilities: Methods for virtual product and production development*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-12248>
- Bye, E., LaBat, K., McKinney, E., & Kim, D.-E. (2008). Optimized pattern grading. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(2), 79-92.
- Bye, L. (2005). *An Analysis of Apparel Industry Fit Sessions*. 4(3), 5.
- Cao, P., Meister, S., & Klante, O. (2014). How Social Media Influence Apparel Purchasing Behavior. *Marketing Review St. Gallen*, 31(6), 77-86. <https://doi.org/10.1365/s11621-014-0427-y>
- Carmona Benjumea, A. (2001). Datos antropométricos de la población laboral española. *Prevención, trabajo y salud: Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, ISSN 1575-1392, Nº 14, 2001, pags. 22-30.
- Charoensiriwath, S., & Tanprasert, C. (2010). An overview of 3D body scanning applications in Thailand. *International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland*.
- Chung, M.-J., Lin, H.-F., & Wang, M.-J. J. (2007). The development of sizing systems for Taiwanese elementary-and high-school students. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(8), 707-716.
- Cilley, J. (2016). *Apparel & Footwear Retail Survey Report* (p. 26). Body Labs Inc. <https://www.bodylabs.com/wp-content/uploads/2016/06/2016-Retail-Survey.pdf>
- Connell, L. J., Ulrich, P. V., Brannon, E. L., Alexander, M., & Presley, A. B. (2006). Body shape assessment scale: Instrument development for analyzing female figures. *Clothing and Textiles Research Journal*, 24(2), 80-95.
- Cools, J., De Raeve, A., & Bossaer, H. (2014). The use of 3D anthropometric data for morphotype analysis to improve fit and grading techniques. *5th IntConf on 3D Body Scanning Technologies, Hometrica Consulting, Lugano, Switzerland*.
- Crofton, S. O., & Dopico, L. G. (2012). Zara-Inditex and the growth of the fast fashion. *Essays in Economic & Business History*, 25(0).

- Daanen, H. (2018). *Fitting fashion using the internet: Research findings & recommendations*.
- Daanen, H. A., Brunsman, M. A., & Robinette, K. M. (1997). Reducing movement artifacts in whole body scanning. *Proceedings. International Conference on Recent Advances in 3-D Digital Imaging and Modeling (Cat. No. 97TB100134)*, 262-265.
- Daanen, H. A., & Byvoet, M. B. (2011). Blouse sizing using self-reported body dimensions. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23(5), 341-350.
- Daanen, H. A. M., & Ter Haar, F. B. (2013). 3D whole body scanners revisited. *Displays*, 34(4), 270-275. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2013.08.011>
- Daanen, H. A. M., & van de Water, G. J. (1998). Whole body scanners. *Displays*, 19(3), 111-120. [https://doi.org/10.1016/S0141-9382\(98\)00034-1](https://doi.org/10.1016/S0141-9382(98)00034-1)
- Daanen, H., & Reffeltrath, P. A. (2007). Function, fit and sizing. *Sizing in clothing*, 202-219.
- Dainoff, M., Gordon, C., Robinette, K.M., & Strauss, M. (2004). *Guidelines for using anthropometric data in product design*. Human Factors and Ergonomics Society.
- Daniell, N. (2007). A comparison of the accuracy of the Vitus Smart® and Hamamatsu Body Line® 3D whole-body scanners. En *Kinanthropometry X* (pp. 47-62). Routledge.
- Daniels, G. S. (1952). *The average man?* Air force aerospace medical research lab Wright-Patterson AFB OH.
- D'Apuzzo, N. (2007). *3D body scanning technology for fashion and apparel industry* (J.-A. Beraldin, F. Remondino, & M. R. Shortis, Eds.; p. 649100). <https://doi.org/10.1117/12.703785>
- Dekker, L. D. (2000). *3D human body modelling from range data* [Doctoral, University of London]. <http://discovery.ucl.ac.uk/1363354/>
- Devarajan, P. (2003). *Validation of Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel methodology*.
- Dik, N. Y. (2022). *Does Uncanny Valley Exist in Virtual Fitting from Customer Perceptions?* (SSRN Scholarly Paper 4236079). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4236079>
- Dogani, K., Tomassetti, M., Vargas, S., Chamberlain, B. P., & De Cnudde, S. (2019). Learning Embeddings for Product Size Recommendations. *eCOM@ SIGIR*.

- Dreyfuss, H., Associates, H. D., & Tilley, A. R. (1993). *The measure of man and woman: Human factors in design*. Whitney Library of Design.
- Dreyfuss, H., & Dreyfuss, H. (1967). *The measure of man: Human factors in design*. Whitney Library of Design New York.
- Durá-Gil, J. V., Kozomara, Z., Ballester, A., Solves-Camallonga, C., & Pierola-Orcero, A. (2019). Clothing. En *DHM and posturography*.
- Easterby, R. (2012). *Anthropometry and biomechanics: Theory and application* (Vol. 16). Springer Science & Business Media.
- Ekstrand, M. D. (2011). Collaborative Filtering Recommender Systems. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, 4(2), 81-173. <https://doi.org/10.1561/1100000009>
- Eliasziw, M., Young, S. L., Woodbury, M. G., & Fryday-Field, K. (1994). Statistical Methodology for the Concurrent Assessment of Interrater and Intrarater Reliability: Using Goniometric Measurements as an Example. *Physical Therapy*, 74(8), 777-788. <https://doi.org/10.1093/ptj/74.8.777>
- EN 13402-3:2017. (2017a). *Size designation of clothes—Part 3: Size labelling based on body measurements and intervals*.
- Epifanio, I., Vinué, G., & Alemany, S. (2013). Archetypal analysis: Contributions for estimating boundary cases in multivariate accommodation problem. *Computers & Industrial Engineering*, 64(3), 757-765.
- Ergonomics, O. (2008). PeopleSize 2008. Available from [www.openerg.com](http://www.openerg.com). (Accessed 3/4/15).
- Eurostat. (2017). *Digital economy and society in the EU*. <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/ict/>
- Eurostat. (2022). *E-commerce statistics for individuals*. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce\\_statistics\\_for\\_individuals](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=E-commerce_statistics_for_individuals)
- Faust, M.-E., & Carrier, S. (2009a). A Proposal for a New Size Label to Assist Consumers in Finding Well-fitting Women's Clothing, Especially Pants: An Analysis of Size USA Female Data and Women's Ready-to-wear Pants for North American Companies. *Textile Research Journal*, 79(16), 1446-1458. <https://doi.org/10.1177/0040517508099394>
- Faust, M.-E., & Carrier, S. (2009b). Discard one size fits all Labels! Proposal for New Size and Body Shape Labels to Achieve Mass Customization in the Apparel Industry. En *Handbook of Research in Mass Customization and Personalization* (1-0, pp. 771-812). World Scientific Publishing Company. [https://doi.org/10.1142/9789814280280\\_0040](https://doi.org/10.1142/9789814280280_0040)

- Fernie, J., & Sparks, L. (2018). *Logistics and Retail Management: Emerging Issues and New Challenges in the Retail Supply Chain*. Kogan Page Publishers.
- Flannagan, C. A., Manary, M. A., Schneider, L. W., & Reed, M. P. (1998). An improved seating accommodation model with application to different user populations. *SAE transactions*, 1189-1197.
- Flinchum, R. (2000). Dreyfuss, design, and human factors. *Ergonomics in Design*, 8(1), 18-24.
- Fourie, Z., Damstra, J., Gerrits, P. O., & Ren, Y. (2011). Evaluation of anthropometric accuracy and reliability using different three-dimensional scanning systems. *Forensic Science International*, 207(1), 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.09.018>
- Friess, M. (2005). Multivariate accommodation models using traditional and 3D anthropometry. *SAE transactions*, 859-862.
- Friess, M., & Bradtmiller, B. (2003, junio 17). *3D Head Models for Protective Helmet Development*. Digital Human Modeling for Design and Engineering Conference and Exhibition. <https://doi.org/10.4271/2003-01-2176>
- Gaskill, L. R. (1992). Toward a Model of Retail Product Development: A Case Study Analysis. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10(4), 17-24. <https://doi.org/10.1177/0887302X9201000403>
- Gereffi, G., & Memedovic, O. (2003). *The global apparel value chain: What prospects for upgrading by developing countries*. United Nations Industrial Development Organization Vienna.
- Geršak, J. (2002). Development of the system for qualitative prediction of garments appearance quality. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 14(3/4), 169-180.
- Geršak, J. (2014). Wearing comfort using body motion analysis. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 320-333). Elsevier.
- Gill, S. (2011). Improving garment fit and function through ease quantification. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, Vol 15(No 2), 228-241.
- Gill, S. (2015). A review of research and innovation in garment sizing, prototyping and fitting. *Textile Progress*, 47(1), 1-85. <https://doi.org/10.1080/00405167.2015.1023512>
- Gill, S., Ahmed, M., Parker, C. J., & Hayes, S. G. (2017). *Not All Body Scanning Measurements Are Valid: Perspectives from Pattern Practice*. 43-52. <https://doi.org/10.15221/17.043>

- Gill, S., & Hayes, S. (2012). Lower body functional ease requirements in the garment pattern. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 5(1), 13-23. <https://doi.org/10.1080/17543266.2011.593560>
- Gill, S., & Parker, C. J. (2017). Scan posture definition and hip girth measurement: The impact on clothing design and body scanning. *Ergonomics*, 60(8), 1123-1136.
- Glock, F., Vogel, M., Naumann, S., Kuehnappel, A., Scholz, M., Hiemisch, A., Kirsten, T., Rieger, K., Koerner, A., Loeffler, M., & Kiess, W. (2017). Validity and intraobserver reliability of three-dimensional scanning compared with conventional anthropometry for children and adolescents from a population-based cohort study. *Pediatric Research*, 81(5), 736-744. <https://doi.org/10.1038/pr.2016.274>
- Gordon, C. C. (1999). Book review: *Adultdata: The Handbook of Adult Anthropometric and Strength Measurements. Data for Design Safety and Childdata: The Handbook of Child Measurements and Capabilities. Data for Design Safety. Ergonomics in Design*, 7(3), 32.
- Gordon, C. C., & Bradtmiller, B. (1992). Interobserver error in a large-scale anthropometric survey. *American journal of human biology*, 4(2), 253-263.
- Gordon, C. C., Churchill, T., Clauser, C. E., Bradtmiller, B., & McConville, J. T. (1989). *1988 Anthropometric survey of US army personnel: Methods and summary statistics* (Technical Report Natick/TR-89/044). Anthropology Research Project Inc Yellow Springs OH.
- Gould-Thorpe, J. (2012). In Pursuit of the IDEAL Fit. *Proceedings of the 1st Asian Workshop on 3D Body Scanning Technologies, Tokyo, Japan, 17-18 April 2012*, 132-133. <https://doi.org/10.15221/A12.132>
- Guigourès, R., Ho, Y. K., Koriagin, E., Sheikh, A.-S., Bergmann, U., & Shirvany, R. (2018). A hierarchical bayesian model for size recommendation in fashion. *Proceedings of the 12th ACM Conference on Recommender Systems*, 392-396. <https://doi.org/10.1145/3240323.3240388>
- Gupta, D. (2011). Design and engineering of functional clothing. *Indian Journal Fibre Text. Res.*, 9.
- Gupta, D. (2014). Anthropometry and the design and production of apparel: An overview. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 34-66). Elsevier.
- Gupta, D., & Gangadhar, B. R. (2004). A statistical model for developing body size charts for garments. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16(5), 458-469.
- Hajjar, K., Lasserre, J., Zhao, A., & Shirvany, R. (2021). Attention Gets You the Right Size and Fit in Fashion. En N. Dokoochaki, S. Jaradat, H. J. Corona Pampín, &

- R. Shirvany (Eds.), *Recommender Systems in Fashion and Retail* (pp. 77-98). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66103-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66103-8_5)
- Halvorsen, K., Hoffmann, J., Coste-Manière, I., & Stankeviciute, R. (2013). Can fashion blogs function as a marketing tool to influence consumer behavior? Evidence from Norway. *Journal of Global Fashion Marketing*, 4(3), 211-224. <https://doi.org/10.1080/20932685.2013.790707>
- Han, H., Nam, Y., & Choi, K. (2010). Comparative analysis of 3D body scan measurements and manual measurements of size Korea adult females. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(5), 530-540. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2010.06.002>
- Hanson, L., Sperling, L., Gard, G., Ipsen, S., & Vergara, C. O. (2009). Swedish anthropometrics for product and workplace design. *Applied ergonomics*, 40(4), 797-806.
- Helander, M. (2005). *A guide to human factors and ergonomics*. Crc Press.
- Hirshberg, D. A., Loper, M., Rachlin, E., Tsoli, A., Weiss, A., Corner, B., & Black, M. J. (2011). Evaluating the automated alignment of 3D human body scans. *Proc 2nd Int Conf 3D Body Scanning Technol*, 10, 5101.
- HQL (Research Institute of Human Engineering for Quality Life). (2008). *Japanese Body Size Data Book 2004–2006*.
- Hsu, C.-H. (2008). Applying a bust-to-waist girth ratio approach to develop body measurement charts for improving female clothing manufacture. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 25(3), 215-222.
- Hsu, C.-H., & Wang, M.-J. J. (2005). Using decision tree-based data mining to establish a sizing system for the manufacture of garments. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26(5-6), 669-674.
- Hu, X., Jiang, L., Cheng, R., Wang, T., & Li, Q. (2014). A probabilistic clothes recommender based on clothes features. *2014 International Conference on Management Science & Engineering 21th Annual Conference Proceedings*, 76-81.
- Hu, X., Zhu, W., & Li, Q. (2014). HCRS: A hybrid clothes recommender system based on user ratings and product features. *arXiv preprint arXiv:1411.6754*.
- Hu, Y., Yi, X., & Davis, L. S. (2015). Collaborative fashion recommendation: A functional tensor factorization approach. *Proceedings of the 23rd ACM international conference on Multimedia*, 129-138.

- Hu, Z.-H., Ding, Y.-S., Yu, X.-K., Zhang, W.-B., & Yan, Q. (2009). A hybrid neural network and immune algorithm approach for fit garment design. *Textile Research Journal*, 79(14), 1319-1330.
- Hu, Z.-H., Li, X., Wei, C., & Zhou, H.-L. (2019). Examining collaborative filtering algorithms for clothing recommendation in e-commerce. *Textile Research Journal*, 89(14), 2821-2835.
- Huang, H. Q., Mok, P. Y., Kwok, Y. L., & Au, J. S. (2012). Block pattern generation: From parameterizing human bodies to fit feature-aligned and flattenable 3D garments. *Computers in Industry*, 63(7), 680-691.
- Hudson, J. A., Zehner, G. F., & Meindl, R. S. (1998). The USAF multivariate accommodation method. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 42, 722-726.
- Ibáñez, M. V., Vinué, G., Alemany, S., Simó, A., Epifanio, I., Domingo, J., & Ayala, G. (2012). Apparel sizing using trimmed PAM and OWA operators. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10512-10520.
- IHL Group. (2015). *Retailers and the Ghost Economy: The Haunting of Returns*. [http://engage.dynamicaaction.com/ws-2015-06-ihl-ghost-economy-haunting-of-returns-ar\\_lp.html](http://engage.dynamicaaction.com/ws-2015-06-ihl-ghost-economy-haunting-of-returns-ar_lp.html)
- Advanced Kinanthropometry (ISAK), (2001). <http://www.isakonline.com/>
- ISO 7250-1:2017—Basic human body measurements for technological design -- Part 1: Body measurement definitions and landmarks, (2017). <https://www.iso.org/standard/65246.html>
- ISO 7250-3:2015—Basic human body measurements for technological design—Part 3: Worldwide and regional design ranges for use in product standards, ISO (2015). [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=64237](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=64237)
- ISO 8559-1 Size designation of clothes—Part 1: Anthropometric definitions for body measurement, International Organization for Standardization, ISO 8599-1 (2017).
- ISO 20685-1:2018. 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases—Part 1: Evaluation protocol for body dimensions extracted from 3-D body scans, (2018). <http://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/32/63260.html>
- ISO 20685-2. Ergonomics - 3D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases - Part 2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions, ISO, ISO 20685-2 (2015).

- [http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=63261](http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=63261)
- ISO/TR 7250-2:2010—Basic human body measurements for technological design—Part 2: Statistical summaries of body measurements from national populations, (2010). <https://www.iso.org/standard/41249.html>
- Istook, C. L. (2004a). FEMALE FIGURE IDENTIFICATION TECHNIQUE (FFIT) FOR APPAREL PART I: DESCRIBING FEMALE SHAPES. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Volume 4, Issue 1*.
- Istook, C. L. (2004b). FEMALE FIGURE IDENTIFICATION TECHNIQUE (FFIT) FOR APPAREL PART II: DEVELOPMENT OF SHAPE SORTING SOFTWARE. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management, Volume 4, Issue 1*.
- Istook, C. L., & Hwang, S.-J. (2001). 3D body scanning systems with application to the apparel industry. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 5(2), 120-132.
- Jellema, A. (1), Galloin, E. (2), Massé, B. (2), Ruiter, I. (1), Molenbroek, J. (1), & Huysmans, T. (1). (2019). 3D anthropometry in ergonomic product design education. *DS 95: Proceedings of the 21st International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2019), University of Strathclyde, Glasgow. 12th -13th September 2019. 21st International Conference on Engineering & Product Design Education (E&PDE 2019)*. <https://doi.org/10.35199/epde2019.2>
- Jeyasingh, M. M., & Appavoo, K. (2012). Mining the shirt sizes for Indian men by clustered classification. *Int. J. Info. Technol. Comp. Sci*, 6, 12-17.
- Johan Molenbroek. (2018). *Dined Anthropometric Database*. <https://dined.io.tudelft.nl/en>
- Johnson, R. A., & Wichern, D. W. (2002). *Applied multivariate statistical analysis* (Vol. 5). Prentice hall Upper Saddle River, NJ.
- Jolliffe, I. (2011). *Principal component analysis*. Springer.
- Jung, K., Kwon, O., & You, H. (2010). Evaluation of the multivariate accommodation performance of the grid method. *Applied Ergonomics*, 42(1), 156-161.
- Jung, K.-Y., Na, Y.-J., Park, D.-H., & Lee, J.-H. (2004). Discovery knowledge of user preferences: Ontologies in fashion design recommender agent system. *International Conference on Computational Science and Its Applications*, 863-872.
- Kang, T. J., & Min Kim, S. (2000). Development of three-dimensional apparel CAD system: Part 1: flat garment pattern drafting system. *International Journal of*

*Clothing Science and Technology*, 12(1), 26-38.  
<https://doi.org/10.1108/EUM0000000005318>

- Karessli, N., Guigoures, R., & Shirvany, R. (2019). *SizeNet: Weakly Supervised Learning of Visual Size and Fit in Fashion Images*. 0-0.  
[https://openaccess.thecvf.com/content\\_CVPRW\\_2019/html/FFSS-USAD/Karessli\\_SizeNet\\_Weakly\\_Supervised\\_Learning\\_of\\_Visual\\_Size\\_and\\_Fit\\_in\\_CVPRW\\_2019\\_paper.html](https://openaccess.thecvf.com/content_CVPRW_2019/html/FFSS-USAD/Karessli_SizeNet_Weakly_Supervised_Learning_of_Visual_Size_and_Fit_in_CVPRW_2019_paper.html)
- Kasambala, J., Kempen, E., & Pandarum, R. (2016). Determining female consumers' perceptions of garment fit, personal values and emotions when considering garment sizing. *International journal of consumer studies*, 40(2), 143-151.
- Kawabata, S., & Niwa, M. (1989). Fabric Performance in Clothing and Clothing Manufacture. *The Journal of The Textile Institute*, 80(1), 19-50.  
<https://doi.org/10.1080/00405008908659184>
- Keefe, A., Kuang, J., & Daanen, H. (2017). NATO Research Task Group: 3D Scanning for Clothing Fit and Logistics. *Proceedings of 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Montreal QC, Canada, 11-12 Oct. 2017*, 201-209.  
<https://doi.org/10.15221/17.201>
- Keist, C. N. (2015). Quality control and quality assurance in the apparel industry. En *Garment Manufacturing Technology* (pp. 405-426). Elsevier.
- Kelly, C. L. (2005). *The beauty of fit: Proportion and anthropometry in chair design* [PhD Thesis]. Georgia Institute of Technology.
- Kennedy, K. (2008). *3-Dimensional Body Scanning Techniques and Applications for the Australian Apparel Industry*.
- Kennedy, K. (2019). Everybody Immersive Fashion\_Human-Computer Interaction in VR. En W. K. Wong (Ed.), *Artificial Intelligence on Fashion and Textiles* (pp. 37-43). Springer International Publishing.
- Kim, D.-E., & LaBat, K. (2013a). An exploratory study of users' evaluations of the accuracy and fidelity of a three-dimensional garment simulation. *Textile Research Journal*, 83(2), 171-184.
- Kim, D.-E., & LaBat, K. (2013b). Consumer experience in using 3D virtual garment simulation technology. *Journal of the Textile Institute*, 104(8), 819-829.
- Kim, D.-E., LaBat, K., Bye, E., Sohn, M., & Ryan, K. (2015). A study of scan garment accuracy and reliability. *The Journal of The Textile Institute*, 106(8), 853-861.  
<https://doi.org/10.1080/00405000.2014.949502>
- Kim, E., Fiore, A. M., & Kim, H. (2013). *Fashion Trends: Analysis and Forecasting*. Berg.

- Kim, K. H., Young, K. S., Bernal, Y., Boppana, A., Vu, L. Q., Benson, E. A., Jarvis, S., & Rajulu, S. L. (2016). *A Parametric Model of Shoulder Articulation for Virtual Assessment of Space Suit Fit*.
- Kim, K., Kim, H., Lee, J., Lee, E., & Kim, D. (2004). Development of a new 3D test panel for half-mask respirators by 3D shape analysis for Korean faces. *Journal of the International Society for Respiratory Protection*, 21, 125-134.
- Kinley, T. R. (2003). Size variation in women's pants. *Clothing and Textiles Research Journal*, 21(1), 19-31.
- Koh, T., Lee, Y., & Lee, E. (1997). Communications: An object-oriented model of apparel pattern making. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 9(5), 367-379. <https://doi.org/10.1108/09556229710185488>
- Koh, T.-H., Lee, E.-W., & Lee, Y.-T. (1995). Communications: An analysis of the apparel pattern-making process. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 7(4), 54-64.
- Kouchi, M. (2014). Anthropometric methods for apparel design: Body measurement devices and techniques. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 67-94). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857096890.1.67>
- Kouchi, M., & Mochimaru, M. (2005). Causes of the measurement errors in body dimensions derived from 3D body scanners: Differences in measurement posture. *Journal of Anthropological Science (Japanese Series)*, 113, 63-75.
- Kouchi, M., & Mochimaru, M. (2006). Why scan-derived body measurements differ from measurements by the traditional methods? *Proceedings of the 16th World Congress of the International Ergonomics Association (IEA)*, 5.
- Kouchi, M., & Mochimaru, M. (2011). Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry. *Applied Ergonomics*, 42(3), 518-527. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2010.09.011>
- Kouchi, M., Mochimaru, M., Bradtmiller, B., Daanen, H., Li, P., Nacher, B., & Nam, Y. (2012a). A protocol for evaluating the accuracy of 3D body scanners. *Work*, 41(Supplement 1), 4010-4017. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0064-4010>
- Kouchi, M., Mochimaru, M., Bradtmiller, B., Daanen, H., Li, P., Nacher, B., & Nam, Y. (2012b). A protocol for evaluating the accuracy of 3D body scanners. *Work*, 41(Supplement 1), 4010-4017.
- Kouchi, M., Mochimaru, M., Bradtmiller, B., Daanen, H., Li, P., Nacher, B., & Nam, Y. (2012c). *A Protocol for Evaluating the Accuracy of 3D Body Scanners—Landmark Locations and Surface Shape*. 139-146. <https://doi.org/10.15221/A12.139>

- Kouchi, M., Mochimaru, M., Tsuzuki, K., & Yokoi, T. (1996). Random errors in anthropometry. *Journal of Human Ergology*, 25, 12155-12166.
- Kouchi, M., Yamazaki, S., & Mochimaru, M. (2013). Accuracy of reconstructed body shape from body dimensions through principal component analysis of shape variation. *Proceedings of the Second International Digital Human Modeling Symposium*, 7.
- Kroemer, K. (1989). Engineering anthropometry. *Ergonomics*, 32(7), 767-784.
- Kroemer, K. H. (1984). Engineering anthropometry. En *Ergonomic data for equipment design* (pp. 101-114). Springer.
- Kuehnappel, A., Ahnert, P., Loeffler, M., Broda, A., & Scholz, M. (2016). Reliability of 3D laser-based anthropometry and comparison with classical anthropometry. *Scientific Reports*, 6, 26672. <https://doi.org/10.1038/srep26672>
- Kulkarni, D., S, R., Chitodkar, V., Gurjar, V., Ghaisas, C. V., & Mannikar, A. V. (2011, enero 19). *SIZE INDIA- Anthropometric Size Measurement of Indian Driving Population*. SIAT 2011. <https://doi.org/10.4271/2011-26-0108>
- Kwon, O., Jung, K., You, H., & Kim, H.-E. (2009). Determination of key dimensions for a glove sizing system by analyzing the relationships between hand dimensions. *Applied ergonomics*, 40(4), 762-766.
- LaBat, K. L., & DeLong, M. R. (1990). Body cathexis and satisfaction with fit of apparel. *Clothing and Textiles Research Journal*, 8(2), 43-48.
- LaBat, K. L., & Ryan, K. S. (2019). *Human body: A wearable product designer's guide*. CRC Press.
- Laing, R. M., Holland, E. J., Wilson, C. A., & Niven, B. E. (1999). Development of sizing systems for protective clothing for the adult male. *Ergonomics*, 42(10), 1249-1257.
- Laitala, K., Klepp, I. G., & Hauge, B. (2011). Materialised ideals: Sizes and beauty. *Culture Unbound: Journal of Current Cultural Research*, 3(1), 19-41.
- Leavitt, N. (2006). Recommendation technology: Will it boost e-commerce? *Computer*, 39(5), 13-16.
- Lee, E., & Park, H. (2017). 3D Virtual fit simulation technology: Strengths and areas of improvement for increased industry adoption. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(1), 59-70. <https://doi.org/10.1080/17543266.2016.1194483>
- Lee, J., Nam, Y., Cui, M. H., Choi, K. M., & Choi, Y. L. (2007). Fit Evaluation of 3D Virtual Garment. En N. Aykin (Ed.), *Usability and Internationalization. HCI and Culture* (pp. 550-558). Springer Berlin Heidelberg.

- Lee, Y. A. (2014). Asian and Caucasian: Designing apparel for these two different ethnic groups. En *Designing Apparel for Consumers* (pp. 169-188). Elsevier.
- Lee, Y. S. (2013). Anthropometric data analysis for morphological features in Korean. *Proceedings of 2nd International Digital Human modeling Symposium*.
- Lee, Y.A. (2014). Computer design and digital fit of clothing. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 305-319). Woodhead Publishing Limited.
- Lee, Y.-A., Damhorst, M. L., Lee, M.-S., Kozar, J. M., & Martin, P. (2012). Older women's clothing fit and style concerns and their attitudes toward the use of 3D body scanning. *Clothing and Textiles Research Journal*, 30(2), 102-118.
- Lee, Y.-S. (2014). Developing apparel sizing systems for particular groups. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 197-254). Elsevier.
- Lefakis, L., Koriagin, E., Lasserre, J., & Shirvany, R. (2021). Towards User-in-the-Loop Online Fashion Size Recommendation with Low Cognitive Load. En N. Dokoochaki, S. Jaradat, H. J. Corona Pampín, & R. Shirvany (Eds.), *Recommender Systems in Fashion and Retail* (pp. 59-76). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66103-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66103-8_4)
- Lim, H.-S., & Park, C.-K. (2011). Analysis of Body Measurement and Type using 3D Body Scan Data—Adult men and women in their 20's~30's in the 6th Size Korea project -. *Journal of Fashion Business*, 15(6), 85-100. <https://doi.org/10.12940/jfb.2011.15.6.085>
- Loercher, C., Morlock, S., & Schenk, A. (2018). Design of a motion-oriented size system for optimizing professional clothing and personal protective equipment. *J Fashion Technol Textile Eng*, S4.
- Loker, S., Ashdown, S., & Schoenfelder, K. (2005). *Size-specific Analysis of Body Scan Data to Improve Apparel Fit*. 4(3), 15.
- Lu, J. M., & Wang, M. J. J. (2010). The Evaluation of Scan-Derived Anthropometric Measurements. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(8), 2048-2054. <https://doi.org/10.1109/TIM.2009.2031847>
- Lu, J.-M., & Wang, M.-J. J. (2008). Automated anthropometric data collection using 3D whole body scanners. *Expert Systems with Applications*, 35(1), 407-414. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.008>
- Manary, M. A., Flannagan, C. A., Reed, M. P., & Schneider, L. W. (1998). Development of an improved driver eye position model. *SAE transactions*, 43-50.
- Martínez, M. V., Fernández, A. B., Fernández, B. N., Orcero, A. P., Mut, S. A., García, J. C. G., Mora, S. G., & Caprara, G. (2015). La Antropometría garantía para un correcto ajuste de la ropa. *Revista de biomecánica*, 62, 11-17.

- Mastamet-Mason, A., De Klerk, H. M., & Ashdown, S. (2012). Identification of a unique African female body shape. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 5(2), 105-116.
- May-Plumlee, T., & Little, T. J. (1998). No-interval coherently phased product development model for apparel. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 10(5), 342-364. <https://doi.org/10.1108/09556229810239333>
- McCulloch, C. E., Paal, B., & Ashdown, S. P. (1998). An optimisation approach to apparel sizing. *Journal of the Operational Research Society*, 49(5), 492-499.
- Mcdonald, C., Oviedo, L., & Ballester, A. (2017). Working Group Progress for IEEE P3141—Standard for 3D Body Processing. *Proceedings of 3DBODY.TECH 2017 - 8th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Montreal QC, Canada, 11-12 Oct. 2017*, 328-336. <https://doi.org/10.15221/17.328>
- McKinney, E. C., Bye, E., & LaBat, K. (2012). Building patternmaking theory: A case study of published patternmaking practices for pants. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 5(3), 153-167. <https://doi.org/10.1080/17543266.2012.666269>
- Mckinnon, L., & Istook, C. L. (2002). Body scanning: The effects of subject respiration and foot positioning on the data integrity of scanned measurements. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 6(2), 103-121.
- Mellian, S. A., Ervin, C., & Robinette, K. M. (1991). *Sizing evaluation of navy women's uniforms*. ANTHROPOLOGY RESEARCH PROJECT INC YELLOW SPRINGS OH.
- Meunier, P. (2000). Use of body shape information in clothing size selection. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44, 715-718.
- Meunier, P., Shu, C., & Xi, P. (2009). Revealing the internal structure of human variability for design purposes. *Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics 2009*.
- Mihm, B. (2010). Fast Fashion In A Flat World: Global Sourcing Strategies. *International Business & Economics Research Journal (IBER)*, 9(6). <https://doi.org/10.19030/iber.v9i6.585>
- Mochimaru, M., & Kouchi, M. (2000). Statistics for 3D human body forms. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44, 852-855.
- Morganti, E., Seidel, S., Blanquart, C., Dablanc, L., & Lenz, B. (2014). The Impact of E-commerce on Final Deliveries: Alternative Parcel Delivery Services in France

- and Germany. *Transportation Research Procedia*, 4, 178-190. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.11.014>
- Moroney, W. F., & Smith, M. J. (1972). *Empirical Reduction in Potential User Population as the Result of Imposed Multivariate Anthropometric Limits*. NAVAL AEROSPACE MEDICAL RESEARCH LAB PENSACOLA FL.
- Mpampa, M. L., Azariadis, P. N., & Sapidis, N. S. (2010). A new methodology for the development of sizing systems for the mass customization of garments. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 22(1), 49-68.
- Nácher, B., Alcántara, E., Alemany, S., García-Hernández, J., & Juan, A. (2004). 3D foot digitizing and its application to footwear fitting. *Proc. of 3D Modelling*.
- Nácher, B., Alemany, S., González, J. C., Alcántara, E., García-Hernández, J., Heras, S., & Juan, A. (2006). A footwear fit classification model based on anthropometric data. *Proceedings of the 8th annual digital human modelling for design and engineering symposium: 4-6th July 2006 Lyon*, 2327.
- Naglic, M. M., Petrak, S., & Stjepanović, Z. (2016). Analysis of 3D construction of tight fit clothing based on parametric and scanned body models. *7th International Conference on 3D Body Scanning Technologies*.
- Nayak, R., & Padhye, R. (2015). Introduction: The apparel industry. En *Garment manufacturing technology* (pp. 1-17). Elsevier.
- Nestler, A., Karessli, N., Hajjar, K., Weffer, R., & Shirvany, R. (2021a). SizeFlags: Reducing Size and Fit Related Returns in Fashion E-Commerce. *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 3432-3440. <https://doi.org/10.1145/3447548.3467160>
- Nestler, A., Karessli, N., Hajjar, K., Weffer, R., & Shirvany, R. (2021b). SizeFlags: Reducing Size and Fit Related Returns in Fashion E-Commerce. *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 3432-3440. <https://doi.org/10.1145/3447548.3467160>
- Nestler, A., Karessli, N., Hajjar, K., Weffer, R., & Shirvany, R. (2021c). Sizeflags: Reducing size and fit related returns in fashion e-commerce. *Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 3432-3440.
- Ng, R., Ashdown, S. P., & Chan, A. (2007). Intelligent size table generation. *Proceedings of the Asian Textile Conference (ATC), 9th Asian Textile Conference, Taiwan*.
- NGOC, C. N., & Boivin, S. (2004). *Nonlinear Cloth Simulation*.

- Nickpour, F., & Donglong, H. (2011). Designing Anthropometrics! Requirements Capture for Physical Ergonomic Data for Designers. *The Design Journal*, 14. <https://doi.org/10.2752/175630610X12877385838849>
- Nivetha Sundar. (2017). *On The Cutting Edge: Virtual Garment Design With CLO 3D* | Fashion School Daily, School of Fashion Blog at Academy of Art University. Fashion School Daily, School of Fashion Blog at Academy of Art University. <https://fashionschooldaily.com/41229/cutting-edge-virtual-garment-design-clo-3d/>
- Norris, B., & Wilson, J. R. (1995). *Childata: The handbook of child measurements and capabilities: data for design safety*. Consumer Safety Unit, Department of Trade and Industry London.
- Olaru, S., Nicolescu, C., & Teodorescu, M. (2011). Shape categories for the Romanian female population and specific clothing recommendations. *DE REDACfiIE*, 154.
- Oldham Kind, K., & Hathcote, J. M. (2000). Speciality-size college females: Satisfaction with retail outlets and apparel fit. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 4(4), 315-324. <https://doi.org/10.1108/eb022599>
- Open Ergonomics. (2008). *PeopleSize Visual Anthropometry Software*. People Size. <https://www.openerg.com/psz/>
- Ostwald, M. J. (2001). Le Corbusier (Charles Edouard Jeanneret), The Modulor and Modulor 2 – 2 volumes. Basel: Birkhäuser, 2000. *Nexus Network Journal*, 3(1), 145-148. <https://doi.org/10.1007/s00004-000-0015-0>
- Otieno, R. B. (2008a). *Improving apparel sizing and fit*. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Otieno, R. B. (2008b). Improving apparel sizing and fit. *Advances in apparel production*, 73-93.
- Outling, C. D. S. (2007). *Process, fit, and appearance analysis of three-dimensional to two-dimensional automatic pattern unwrapping technology*.
- Pandarum, R., & Yu, W. (2015). Garment sizing and fit. En *Garment manufacturing technology* (pp. 187-204). Elsevier.
- Papahristou, E., & Bilalis, N. (2016). A new sustainable product development model in apparel based on 3D technologies for virtual proper fit. En *Sustainable Design and Manufacturing 2016* (pp. 85-95). Springer.
- Paquette, S., Brantley, J. D., Corner, B. D., Li, P., & Oliver, T. (2000). Automated extraction of anthropometric data from 3D images. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44, 727-730.

- Park, B.-K. D., Ebert, S., & Reed, M. P. (2017). A parametric model of child body shape in seated postures. *Traffic Injury Prevention, 18*(5), 533-536. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1269173>
- Park, B.-K., & Reed, M. P. (2014). Rapid generation of custom avatars using depth cameras. *Proc. 3rd International Digital Human Modeling Conference*.
- Parrilla, E., Ballester, A., Parra, P., Ruescas, A., Uriel, J., Garrido, D., & Alemany, S. (2019). MOVE 4D: Accurate High-Speed 3D Body Models in Motion. *Proc. of 3DBODY.TECH 2019*, 30-32. <https://doi.org/doi:10.15221/19.030>
- Pechoux, B. L. (2000). *A Pattern Language Describing Apparel Design Creativity*.
- Peebles, L., & Norris, B. (1998). *Adultdata: The handbook of adult anthropometric and strength measurements: data for design safety*. Department of Trade and Industry London.
- Pepper, M. R., Freeland-Graves, J. H., Yu, W., Stanforth, P. R., Cahill, J. M., Mahometa, M., & Xu, B. (2010). Validation of a 3-Dimensional Laser Body Scanner for Assessment of Waist and Hip Circumference. *Journal of the American College of Nutrition, 29*(3), 179-188. <https://doi.org/10.1080/07315724.2010.10719832>
- Perkins, T., Burnsides, D. B., Robinette, K. M., & Naishadham, D. (2000). *Comparative consistency of univariate measures from traditional and 3-D scan anthropometry*. SAE Technical Paper.
- Petrova, A. (2007). Creating sizing systems. En S. P. Ashdown (Ed.), *Sizing in Clothing* (pp. 57-87). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845692582.57>
- Pheasant, S. (2014). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work*. CRC Press.
- Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. (2006). *Body Space: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work*. Taylor & Francis, Boca Raton.
- Pierola, A., Epifanio, I., & Alemany, S. (2016a). An ensemble of ordered logistic regression and random forest for child garment size matching. *Computers & Industrial Engineering, 101*, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.10.013>
- Pierola, A., Epifanio, I., & Alemany, S. (2016b). An ensemble of ordered logistic regression and random forest for child garment size matching. *Computers & Industrial Engineering, 101*, 455-465. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.10.013>
- Pisut, G., & Jo Connell, L. (2007). Fit preferences of female consumers in the USA. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal, 11*(3), 366-379.
- PostNord. (2015). *E-commerce in Europe 2015*.

- PostNord. (2016). *E-commerce in Europe 2016*. <http://www.postnord.com/en/media/publications/e-commerce/E-commerce-in-Europe-2016/>
- Prasad, R., & Kumari, V. V. (2012). A categorical review of recommender systems. *International Journal of Distributed and Parallel Systems*, 3(5), 73.
- Preedy, V. R. (2012). *Handbook of anthropometry: Physical measures of human form in health and disease*. Springer Science & Business Media.
- Puri, A. (2013). Efficacy of Pattern Making Software in Product Development. *International Journal of Advanced Quality Management*, 1, 21-39.
- Ramôa, A.F., Barros, A., Morgado, J., & Dinis, A.P. (2018). The Anthropometric Study of the Portuguese Population Using 3D Body Scanning Technology – Its Contribution to the Improvement of Size Tables. *Proceedings of 3DBODY.TECH 2018 9th Int. Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, Lugano, Switzerland, 16-17 Oct. 2018*, 297-305.
- Rasband, J., & Liechty, E. G. (2006). *Fabulous fit: Speed fitting and alteration* (2nd ed). Fairchild Publications, Inc.
- Robinette, K. M. (1998). Multivariate methods in engineering anthropometry. *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 42, 719-721.
- Robinette, K. M. (2000). 3-D Fit Mapping. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(38), 735-738. <https://doi.org/10.1177/154193120004403813>
- Robinette, K. M. (2007). *Maximizing anthropometric accommodation and protection*. Air Force Research Lab Whrite Patterson AFB OH Biomechanics Branch.
- Robinette, K. M., Blackwell, S., Daanen, H., Boehmer, M., & Fleming, S. (2002). *Civilian American and European Surface Anthropometry Resource (CAESAR), Final Report. Volume 1. Summary*. Syrononics Inc Dayton OH, OH. <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA406704>
- Robinette, K. M., & Daanen, H. (2003). *Lessons Learned from Caesar: A 3-D Anthropometric Survey*. Air Force Research Lab Wright-Patterson AFB OH. <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA430674>
- Robinette, K. M., & Daanen, H. A. M. (2006). Precision of the CAESAR scan-extracted measurements. *Applied Ergonomics*, 37(3), 259-265. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.07.009>
- Robinette, K. M., Daanen, H., & Paquet, E. (1999). The CAESAR project: A 3-D surface anthropometry survey. *Second International Conference on 3-D Digital*

- 
- Imaging and Modeling* (Cat. No.PR00062), 380-386.  
<https://doi.org/10.1109/IM.1999.805368>
- Robinette, K. M., & McConville, J. T. (1981). An alternative to percentile models. *SAE Transactions*, 938-946.
- Robinette, K. M., Mellian, S. A., & Ervin, C. A. (1991). *Development of Sizing Systems for Navy Women's Uniforms* (AL-TR-1991-0117). Armstrong Lab Wright-Patterson. <https://apps.dtic.mil/docs/citations/ADA250071>
- Robinette, K. M., & Natsume, G. S. (2018). Effective Wearable Design. *Congress of the International Ergonomics Association*, 235-244.
- Robinette, K. M., & Veitch, D. (2016a). Sustainable Sizing. *Human Factors*, 58(5), 657-664. <https://doi.org/10.1177/0018720816649091>
- Robinette, K. M., & Veitch, D. (2016b). Sustainable sizing. *Human Factors*, 58(5), 657-664.
- Robinson, J. C., Robinette, K. M., & Zehner, G. F. (1992). *User's Guide to the Anthropometric Database at the Computerized Anthropometric Research and Design (CARD) Laboratory*. Systems Research Labs Inc Dayton OH.
- Rodríguez, A., & Cirio, G. (2022). True seams: Modeling seams in digital garments. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 41(4), 1-16.
- Rodríguez-Pardo, C., & Garces, E. (2022). Seamlessgan: Self-supervised synthesis of tileable texture maps. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*.
- Roebuck, J. A., Kroemer, K. H., & Thomson, W. G. (1975). *Engineering anthropometry methods* (Vol. 3). John Wiley & Sons.
- Salehi Esfandarani, M., & Shahrabi, J. (2012). Developing a new suit sizing system using data optimization techniques. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 24(1), 27-35.
- Salusso, C. J., Borkowski, J. J., Reich, N., & Goldsberry, E. (2006). An alternative approach to sizing apparel for women 55 and older. *Clothing and textiles research journal*, 24(2), 96-111.
- Schafer, J. B., Frankowski, D., Herlocker, J., & Sen, S. (2007). Collaborative filtering recommender systems. En *The adaptive web* (pp. 291-324). Springer.
- Schofield, N. A. (2007). Pattern grading. *Sizing in clothing*, 152-198.
- Schofield, N. A., & LaBat, K. L. (2005). Defining and testing the assumptions used in current apparel grading practice. *Clothing and Textiles Research Journal*, 23(3), 135-150.

- Seidl, A., Trieb, R., & Wirsching, H.-J. (2009). SizeGERMANY—The new German anthropometric survey conceptual design, implementation and results. *Proceedings of 17th World Congress on Ergonomics*.
- Sembium, V., Rastogi, R., Tekumalla, L., & Saroop, A. (2018). Bayesian models for product size recommendations. *Proceedings of the 2018 world wide web conference*, 679-687.
- Senanayake, M. (2015). 2—Product development in the apparel industry. En R. Nayak & R. Padhye (Eds.), *Garment Manufacturing Technology* (pp. 21-57). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-232-7.00002-3>
- Sereni, G., & Franceschi, L. (2012). The Body-ScanFIT System: The Importance of Population's Classification into Morphological Families and of Anthropometric Mannequins in Apparel and Ergonomics. *Proceedings of the 3rd International Conference on 3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland, 16-17 October 2012*, 326-334. <https://doi.org/10.15221/12.326>
- Serrat, J., Lumberras, F., & Ruiz, I. (2018). Learning to measure for preshipment garment sizing. *Measurement*, 130, 327-339.
- Shahrabi, J., Hadavandi, E., & Salehi Esfandarani, M. (2013). Developing a hybrid intelligent model for constructing a size recommendation expert system in textile industries. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25(5), 338-349.
- Shalizi, C. (2015). *Lecture 26: Variable Selection*. - *Buscar con Google*. <https://www.stat.cmu.edu/~cshalizi/mreg/15/lectures/26/lecture-26.pdf>
- Shan, Y., Huang, G., & Qian, X. (2012). Research Overview on Apparel Fit. En J. Luo (Ed.), *Soft Computing in Information Communication Technology* (pp. 39-44). Springer Berlin Heidelberg.
- Sheikh, A.-S., Guigourès, R., Koriagin, E., Ho, Y. K., Shirvany, R., Vollgraf, R., & Bergmann, U. (2019). A deep learning system for predicting size and fit in fashion e-commerce. *Proceedings of the 13th ACM Conference on Recommender Systems*, 110-118. <https://doi.org/10.1145/3298689.3347006>
- Shin. (2013). *Exploring consumers' fit perceptions and satisfaction with apparel fit in general*.
- Shu, C., Wuhrer, S., & Xi, P. (2012). 3 D anthropometric data processing. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 3(2), 133-146.
- Shu, C., Xi, P., Azouz, Z., & Meunier, P. (2009). Geometry processing and statistical shape analysis of 3-D anthropometry data. *Proceedings of the 17th World Congress on Ergonomics, 2009*.

- Shu, C., Xi, P., & Keefe, A. (2015). Data processing and analysis for the 2012 Canadian Forces 3D anthropometric survey. *Procedia Manufacturing*, 3, 3745-3752.
- Simmons, K. P. (2001). Body measurement techniques: A comparison of three-dimensional body scanning and physical anthropometric methods. *Unpublished AI paper, North Carolina State University, Raleigh*, 23.
- Simmons, K. P. (2003). *Body shape analysis using three-dimensional body scanning technology*.
- Simmons, K. P., & Istook, C. L. (2003). Body measurement techniques: Comparing 3D body-scanning and anthropometric methods for apparel applications. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 7(3), 306-332.
- Size designation of clothes—Part 3: Methodology for the creation of body measurement tables and intervals, ISO 8559-3:2018 (2018).
- Size designation of clothes—Part 3: Size labelling based on body measurements and intervals, European Committee for Standardization, EN 13402-3:2017 (2017).
- Smit, N. (2013). *Ease allowance and fit of selected female military upper garments* [PhD Thesis].
- Smith, S., Norris, B., & Peebles, L. (2000). *Older Adultdata: The Handbook of Measurements and Capabilities in the Older Adult: Data for Design Safety*. DTI London.
- Song, H. K., & Ashdown, S. P. (2010). An exploratory study of the validity of visual fit assessment from three-dimensional scans. *Clothing and Textiles Research Journal*, 28(4), 263-278.
- Song, H. K., & Ashdown, S. P. (2015). Investigation of the validity of 3-D virtual fitting for pants. *Clothing and Textiles Research Journal*, 33(4), 314-330.
- Sontag, M. S. (1985). Comfort Dimensions of Actual and Ideal Insulative Clothing for Older Women. *Clothing and Textiles Research Journal*, 4(1), 9-17. <https://doi.org/10.1177/0887302X8500400102>
- Stampfli, P., Rissiek, A., Trieb, R., & Seidi, A. (2012). SizeITALY-The Actual Italian Measurement Survey. *3D Body Scanning Technologies, Lugano, Switzerland*, 261-268.
- Stanley, H. (1991). *Flat Pattern Cutting and Modelling for Fashion*. Nelson Thornes.
- Studd, R. (2002). The Textile Design Process. *The Design Journal*, 5(1), 35-49. <https://doi.org/10.2752/146069202790718567>
- Surville, J.-M., Herichi, S., & Segalen, V. (2010). HOAXY body shapes and fashion formula. *International conference on 3D body scanning technologies, Lugano, Switzerland*, 19-20.

- TARRIER, J., HARLAND, A., JONES, R., LUCAS, T., & PRICE, D. (2010). Applying finite element analysis to compression garment development. *Procedia Engineering*, 2(2), 3349-3354.
- TOKATLI, N. (2008). Global sourcing: Insights from the global clothing industry—the case of Zara, a fast fashion retailer. *Journal of Economic Geography*, 8(1), 21-38. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbm035>
- TONDJI, L. N. (2018). *Web Recommender System for Job Seeking and Recruiting*. DOI.
- TONG, J., ZHOU, J., LIU, L., PAN, Z., & YAN, H. (2012). Scanning 3D Full Human Bodies Using Kinects. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18(4), 643-650. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2012.56>
- TRIEB, R., BALLESTER, A., KARTSOUNIS, G., ALEMANY, S., URIEL, J., HANSEN, G., FOURLIC, F., SANGUINETTI, M., & VANGENABITH, M. (2013). EUROFIT—integration, homogenisation and extension of the scope of large 3D anthropometric data pools for product development. *4th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning Technologies, Long Beach, CA, USA*, 19-20.
- True fit interface* (2023). <https://www.truefit.com/blog/how-to-make-a-true-fit-profile-1>
- TRYFOS, P. (1986). An integer programming approach to the apparel sizing problem. *Journal of the Operational Research Society*, 37(10), 1001-1006.
- TSAI, C.-Y., & HSU, C.-H. (2013). Developing standard elderly aged female size charts based on anthropometric data to improve manufacturing using artificial neural network-based data mining. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 14(3), 258-272.
- UNE-EN ISO 7250-1:2017 | Normas AENOR. (s. f.). Recuperado 8 de julio de 2023, de <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-7250-1-2017-n0059144>
- UNE-EN ISO 8559-1:2021 | Normas AENOR. (s. f.). Recuperado 8 de julio de 2023, de <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-iso-8559-1-2021-n0065909>
- URIEL, J., RUESCAS, A., IRANZO, S., BALLESTER, A., PARRILLA, E., REMÓN, A., & ALEMANY, S. (2022). A methodology to obtain anthropometric measurements from 4D scans. *Proceedings of the 7th International Digital Human Modeling Symposium (DHM 2022) and Iowa Virtual Human Summit 2022*, 7(1).
- VECCHI, A., AL-SAYEGH, M., & PENG, F. (2015). Looking for the perfect fit? *Online fashion retail—Opportunities and challenges*. 6(3), 14.
- VEITCH, D. (2012). Where is the human waist? Definitions, manual compared to scanner measurements. *Work*, 41, 4018-4024. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0065-4018>

- Veitch, D., Blewett, V., & Caple, D. (2009). *Sizing up Australia – How contemporary is the anthropometric data Australian designers use.*
- Veitch, D., Veitch, L., & Henneberg, M. (2007). Sizing for the clothing industry using principal component analysis—An Australian example. *Journal of ASTM International*, 4(3), 1-12.
- Vinué, G., Epifanio, I., & Alemany, S. (2015). Archetypoids: A new approach to define representative archetypal data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 87, 102-115. <https://doi.org/10.1016/j.csda.2015.01.018>
- Vinué, G., León, T., Alemany, S., & Ayala, G. (2014). Looking for representative fit models for apparel sizing. *Decision Support Systems*, 57(Supplement C), 22-33. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2013.07.007>
- Viviani, C., Arezes, P. M., Bragança, S., Molenbroek, J., Dianat, I., & Castellucci, H. I. (2018). Accuracy, precision and reliability in anthropometric surveys for ergonomics purposes in adult working populations: A literature review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 65, 1-16.
- Vogiatzis, D., Pierrakos, D., Paliouras, G., Jenkyn-Jones, S., & Possen, B. (2012). Expert and community based style advice. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10647-10655.
- Walter, S., Eliasziw, M., & Donner, A. (1998). Sample size and optimal designs for reliability studies. *Statistics in Medicine*, 17(1), 101-110. <https://doi.org/10.1002/>
- Wang, M.-J. J., Wu, W.-Y., Lin, K.-C., Yang, S.-N., & Lu, J.-M. (2007). Automated anthropometric data collection from three-dimensional digital human models. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(1-2), 109-115.
- Wang, Z. (2008). *A study of ease distribution in relation to jacket pattern alteration* [PhD Thesis]. The Hong Kong Polytechnic University.
- Wang, Z., Newton, E., Ng, R., & Zhang, W. (2006). Ease distribution in relation to the X-line style jacket. Part 1: Development of a mathematical model. *The Journal of The Textile Institute*, 97(3), 247-256. <https://doi.org/10.1533/joti.2005.0239>
- Weidner, N. L. (2010). *Vanity sizing, body image, and purchase behavior: A closer look at the effects of inaccurate garment labeling.*
- Weinberg, S. M., Naidoo, S., Govier, D. P., Martin, R. A., Kane, A. A., & Marazita, M. L. (2006). Anthropometric Precision and Accuracy of Digital Three-Dimensional Photogrammetry: Comparing the Genex and 3dMD Imaging Systems with One Another and with Direct Anthropometry. *Journal of Craniofacial Surgery*, 17(3), 477.

- Wong, J. Y., Oh, A. K., Ohta, E., Hunt, A. T., Rogers, G. F., Mulliken, J. B., & Deutsch, C. K. (2008). Validity and reliability of craniofacial anthropometric measurement of 3D digital photogrammetric images. *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 45(3), 232-239.
- Workman, J. E. (1991). Body Measurement Specifications for Fit Models as a Factor in Clothing Size Variation. *Clothing and Textiles Research Journal*, 10(1), 31-36. <https://doi.org/10.1177/0887302X9101000105>
- Workman, J. E., & Lentz, E. S. (2000). Measurement Specifications for Manufacturers' Prototype Bodies. *Clothing and Textiles Research Journal*, 18(4), 251-259. <https://doi.org/10.1177/0887302X0001800404>
- Wren, P. M., & Gill, S. (2010). Industry fit practices and the issues that impact on good garment fit. *The Textile Institute World Conference Proceedings: Centenary World Conference, 2010, Vol 3*. <http://www.tiworldconference.org/>
- Wuhrer, S. (2011). *Notes for the seminar—How to Build a Digital Clone Using Simple Modalities*.
- Xi, P., Lee, , & Shu, C. (2007). *A Data-driven Approach to Human-body Cloning Using a Segmented Body Database*. 139-147. <https://doi.org/10.1109/PG.2007.45>
- Xia, S., Guo, S., Li, J., & Istook, C. (2018). Comparison of different body measurement techniques: 3D stationary scanner, 3D handheld scanner, and tape measurement. *The Journal of The Textile Institute*, 1-11.
- Yang, Z., Wu, B., Zheng, K., Wang, X., & Lei, L. (2016). A survey of collaborative filtering-based recommender systems for mobile Internet applications. *IEEE Access*, 4, 3273-3287.
- Yim Lee, J., Istook, C. L., Ja Nam, Y., & Mi Park, S. (2007). Comparison of body shape between USA and Korean women. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 19(5), 374-391.
- Young, K. S., Margerum, S., Barr, A., Ferrer, M. A., & Rajulu, S. (2008). *Generation of Boundary Manikin Anthropometry*. SAE Technical Paper.
- Yu, W. (2004a). Human anthropometrics and sizing systems. En *Clothing appearance and fit* (pp. 169-195).
- Yu, W. (2004b). Subjective assessment of clothing fit. *Clothing appearance and fit: Science and technology*, 31-42.
- Zakaria, N. (2014). Body shape analysis and identification of key dimensions for apparel sizing systems. En *Anthropometry, Apparel Sizing and Design* (pp. 95-119). Elsevier.

- Zakaria, N. (2017). Evaluation of fit and size. En *Manikins for Textile Evaluation* (pp. 89-113). Elsevier.
- Zehner, G. F., Meindl, R. S., & Hudson, J. A. (1993). *A multivariate anthropometric method for crew station design: Abridged*. Kent State Univ OH.
- Zhao, C., Ran, L., Liu, T., & Li, A. (2019). Anthropometric Survey of Chinese Adult Population. En S. Bagnara, R. Tartaglia, S. Albolino, T. Alexander, & Y. Fujita (Eds.), *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)* (pp. 434-441). Springer International Publishing.
- Zheng, R., Yu, W., & Fan, J. (2007). Development of a new Chinese bra sizing system based on breast anthropometric measurements. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(8), 697-705.

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# Anexos

Anexo I. Definición de las medidas antropométricas.

Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.

Anexo III. Material suplementario. Resultados del estudio de reducción de las variables antropométricas.

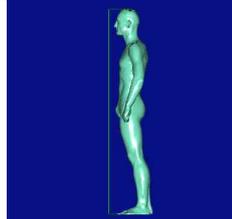
*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

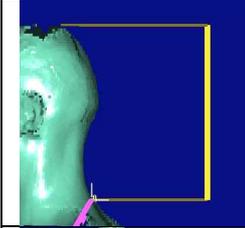
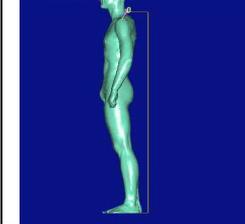
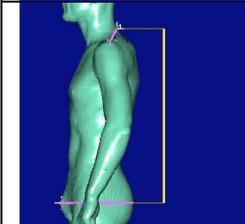
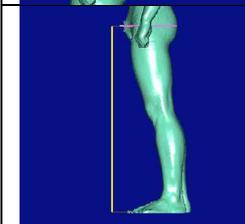
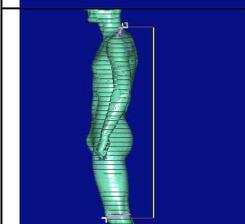
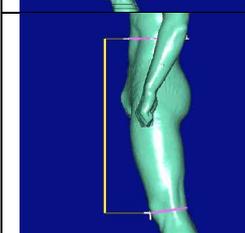
---

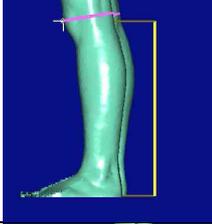
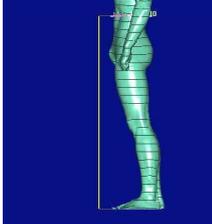
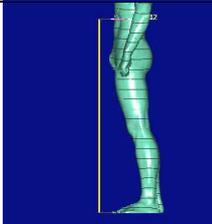
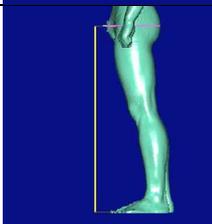
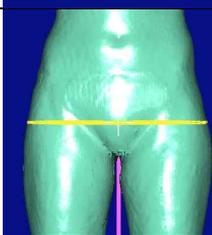
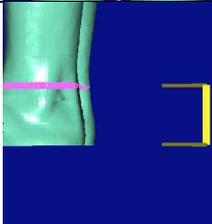
# Anexo I.

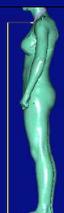
## Definición de las medidas antropométricas

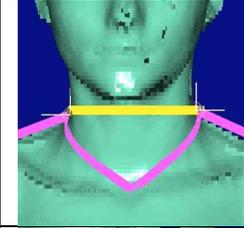
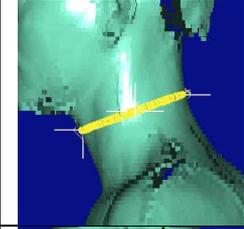
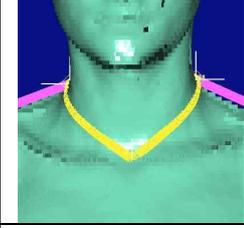
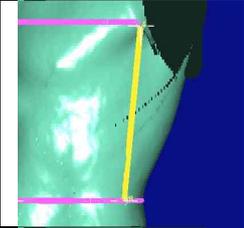
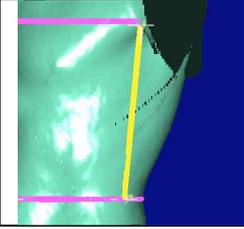
Este anexo incluye la definición de las medidas antropométricas calculadas y analizadas en la tesis, así como una imagen descriptiva, la etiqueta utilizada y la compatibilidad con las normas vigentes. Las unidades utilizadas en el procesado y análisis son: peso (kg) y medidas antropométricas (mm).

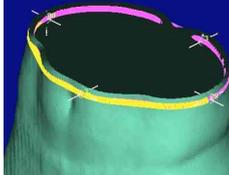
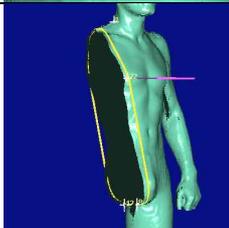
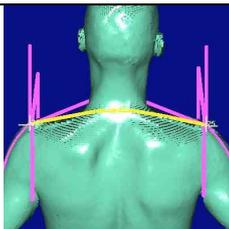
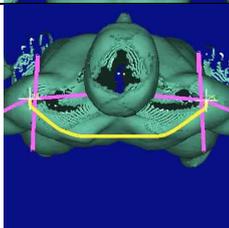
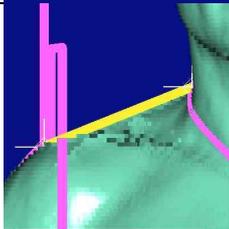
<b>PESO, ALTURAS Y POSICIÓN DE SECCIONES</b>		
<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Compatibilidad con normas</b>
	<b>Peso_9800:</b> Peso total del cuerpo.	ISO 7250-1:2017-6.1.1, ISO 8559-1:2017, ASTM D5219-15
	<b>Estatura_0010:</b> Distancia vertical proyectada desde la base de la plataforma de apoyo hasta el punto más alto de la cabeza.	ISO 7250-1:2017-6.1.2, ISO 8559-1:2017-5.1.1, ASTM D5219-15

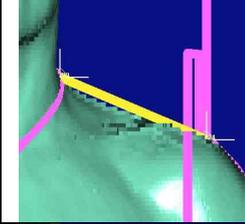
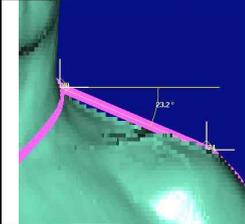
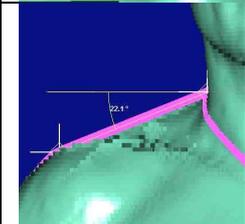
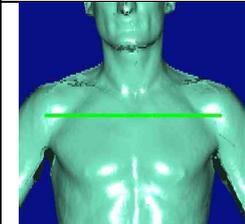
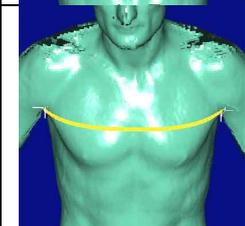
	<p><b>Altura de la cabeza_0020:</b> Distancia vertical proyectada desde el marcador de la séptima cervical al punto más alto de la cabeza.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>Altura7CV_0030:</b> Distancia vertical proyectada desde la base de apoyo en el suelo hasta el marcador de la séptima cervical.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.1.5, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaCuelloCadera_0040:</b> Distancia vertical proyectada desde la séptima cervical a la sección de la cadera (punto más prominente de las nalgas en el plano sagital).</p>	<p>--</p>
	<p><b>Altura de nalgas_0090:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta la posición de la cadera (punto más prominente de las nalgas en el plano sagital).</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.1.13, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaCuelloRodialla_0050:</b> Distancia vertical proyectada desde el marcador de la séptima cervical al centro de la rodilla (midpatella). Se interpola la posición entre la rodilla derecha y la izquierda.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaCinturaRodilla_0060:</b> Distancia vertical proyectada desde el centro de la rodilla (midpatella) a la sección de la cintura. Se interpola la posición entre la rodilla derecha y la izquierda.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>

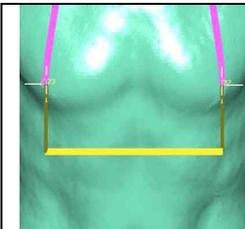
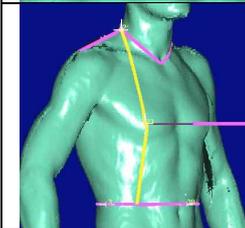
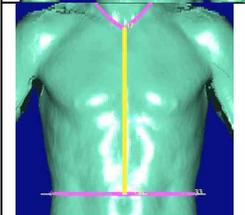
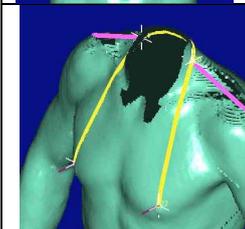
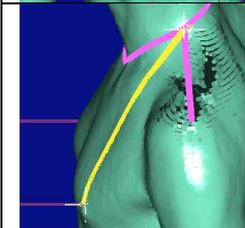
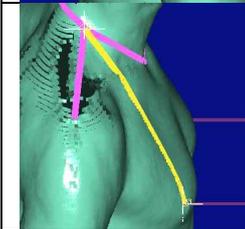
	<p><b>AlturaRodilla_0110:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta el centro de la rodilla (midpatella). Se interpola la posición entre la rodilla derecha y la izquierda.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.1.16</p>
	<p><b>AlturaCintura_0080_mk:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta la sección de la cintura (6510 – situada en el punto medio entre las décimas costillas y las espinas ilíacas).</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.1.10, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>AlturaCinturaAlta_0085_mk:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta la sección de la cintura alta definida por los marcadores de la décima costilla (interpolando la derecha y la izquierda).</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>Altura de la cadera_0090mk:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta la sección de la cadera localizada por la posición de los marcadores antero-posteriores de espina iliaca.</p>	<p>ISO7250-4.1.6</p>
	<p><b>AlturaEntrepierna_0100:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies hasta el punto de la entrepierna.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.1.7, ISO 8559-1:2017-5.1.15, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>AlturaTobillo_0120:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo del pie hasta la posición del maleolo externo. Se interpola la posición entre el maléolo derecho y el izquierdo.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.1.17, ASTM D5219-15</p>

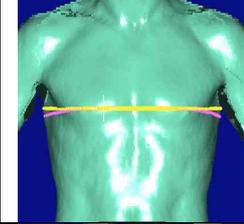
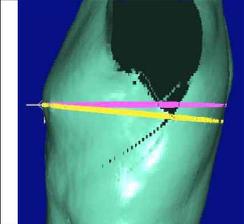
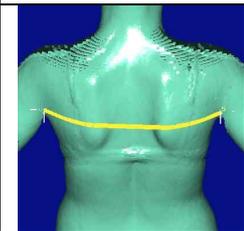
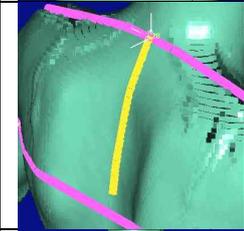
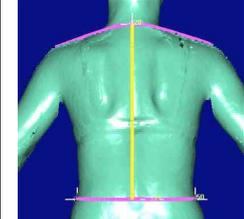
	<p><b>AlturadelVentre_0150:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies al punto más prominente del vientre en la vista sagital.</p>	<p>--</p>
	<p><b>AlturaMaxcontornoVentre_0155:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies a la sección del contorno máximo de la barriga.</p>	<p>--</p>
	<p><b>AlturadelaEscápula_0160:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies a la posición de la escápula que se define como el punto más prominente de la espalda entre el pecho y el cuello en la sección sagital.</p>	<p>--</p>
	<p><b>AlturaPecho_0170:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies a la sección del pecho definida por el punto más prominente en la sección sagital de la región limitada por el cuello y la cintura.</p>	<p>ISO 8559-1:2017—5.1.7</p>
	<p><b>AlturaDelanteraCuello_0180:</b> Distancia vertical proyectada desde la superficie de apoyo de los pies al punto delantero del cuello definido entre las apófisis proximales de la clavícula derecha e izquierda.</p>	<p>ISO 8559-1:2017—5.1.4</p>
<p><b>CABEZA/CUELLO</b></p>		

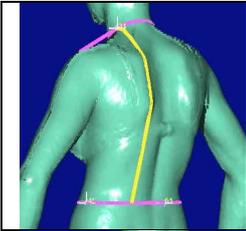
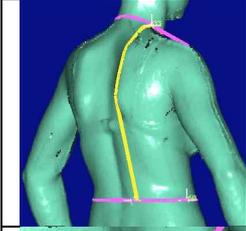
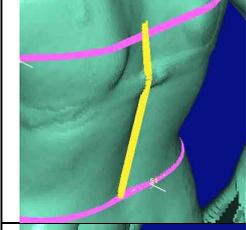
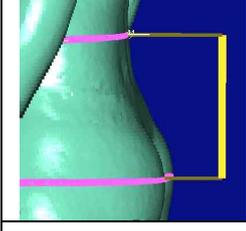
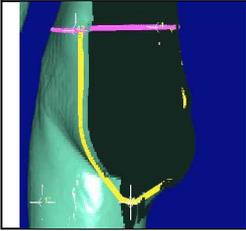
	<p><b>DiámetroCuello_1010:</b> Perímetro de la sección definida en los puntos de encuentro del cuello con los hombros.</p>	
	<p><b>PerímetroCuelloMedio_1510:</b> Contorno situado justo por debajo del cartílago tiroides y orientado perpendicular al eje longitudinal del cuello.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.3.2, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroBaseCuello_1520:</b> Perímetro medido sobre los puntos de la 7CV, los puntos de encuentro entre los hombros y el cuello y el borde medial superior de las clavículas derecha e izquierda.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.3.3, ASTM D5219-15</p>
<p><b>TORSO</b></p>		
	<p><b>DistanciaAxilaCinturaIzq_2010:</b> Distancia entre el punto frontal de la axila izquierda y el proyectado correspondiente sobre la sección de la cintura (6510).</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaAxilaCinturaDerecha_2020:</b> Distancia entre el punto frontal de la axila derecha y el proyectado correspondiente sobre la sección de la cintura (6510).</p>	<p>ASTM D5219-15</p>

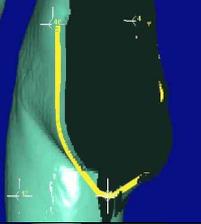
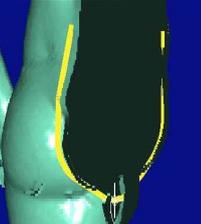
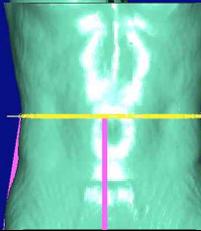
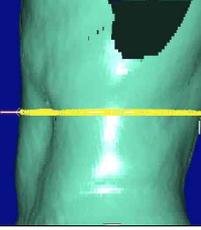
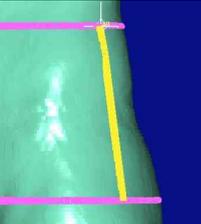
	<p><b>ContornoFrontalCintura_2030:</b> Longitud del contorno frontal de la sección de la cintura (6510) delimitada por los puntos de intersección de esta sección con el plano frontal.</p>	<p>--</p>
	<p><b>ContornoDiagonalTorso_2510:</b> Longitud del contorno del torso definido por el punto medio entre el acromion y la base del cuello pasando por la espalda la entrepierna el pecho derecho hasta el punto inicial.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.27, ASTM D5219-15</p>
<p><b>HOMBROS</b></p>		
	<p><b>AnchuradelHombro7Cv_3010:</b> Longitud de la espalda entre acromions pasando por la séptima cervical.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.3</p>
	<p><b>AnchuraHombros_3020:</b> Longitud de la espalda entre acromions siguiendo un plano horizontal.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudHombroDch_3030:</b> Distancia desde el acromion derecho a la base del cuello derecho.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.1, ASTM D5219-15</p>

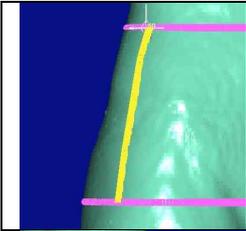
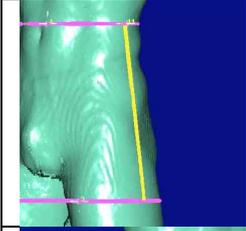
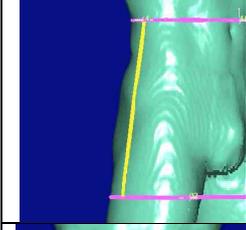
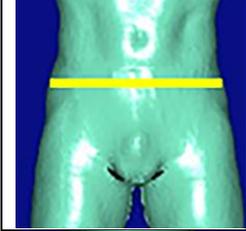
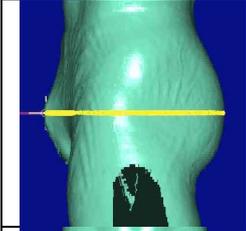
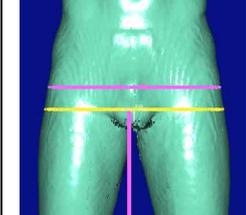
	<p><b>LongitudHombroIzqdo_3031:</b> Distancia desde el acromion izquierdo a la base del cuello izquierdo.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.1, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ÁnguloHombroIzquierdo_3910:</b> Ángulo entre el plano horizontal y la recta definida por el acromion y la base del cuello.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.6.2, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ÁnguloHombroDerecho_3911:</b> Ángulo entre el plano horizontal y la recta definida por el acromion y la base del cuello.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.6.2, ASTM D5219-15</p>
<p><b>BUSTO/PECHO</b></p>		
	<p><b>AnchuradelTorso_4010:</b> Anchura frontal sobre el plano horizontal de las articulaciones del húmero.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornoFrontalentreaxilas_4020:</b> Longitud frontal de la sección horizontal definida por las axilas.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.6, ASTM D5219-15</p>

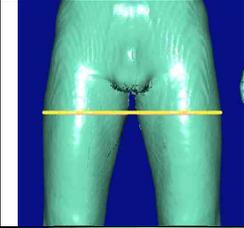
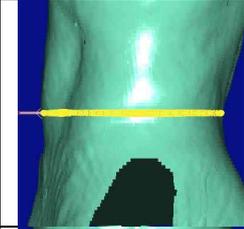
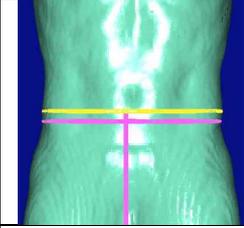
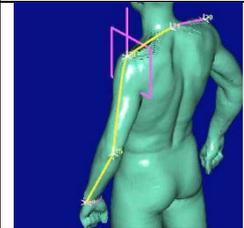
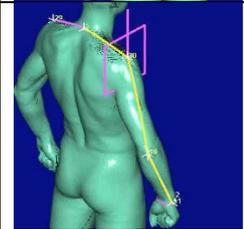
	<p><b>DistanciaentrePechos_4030:</b> Distancia horizontal entre los puntos más prominentes del pecho.</p>	<p>ISO 8559-1:2017-5.2.3, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaFrontalCuelloCinturaIzq_4040:</b> Longitud de la base del cuello al pecho sobre el cuerpo y del pecho a la cintura (6510) en línea recta.</p>	<p>--</p>
	<p><b>DistanciafrontalCuelloCintura centrado_4050:</b> Distancia vertical desde la base delantera del cuello (intra-clavicular) y la cintura (6510).</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.8, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornoalrededordelCuelloentrePechos_4070:</b> Longitud del contorno entre pechos rodeando el cuello.</p>	<p>--</p>
	<p><b>DistanciaPechoCuelloizdo_4080:</b> Distancia desde la base del cuello al pecho.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.10. ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaPechoCuellodcho_4081:</b> Distancia desde la base del cuello al pecho.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.10, ASTM D5219-15</p>

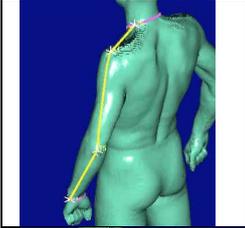
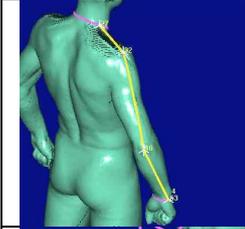
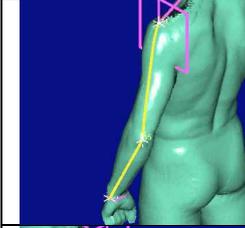
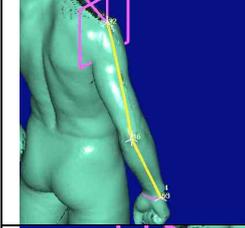
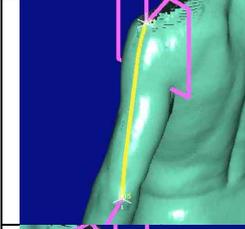
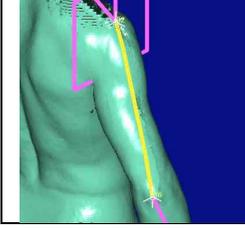
	<p><b>ContornoHorizontaldelPecho_4510:</b> Perímetro horizontal alrededor del pecho.</p>	<p>ISO7250-4.4.9-5.3.4, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornoTóraxbajoPecho_4520:</b> Perímetro horizontal por debajo del pecho.</p>	<p>ISO 7250-1:2017 – 6.4.10 ISO 8559-1:2017-5.3.8,</p>
<p><b>ESPALDA</b></p>		
	<p><b>AnchuradelaEspalda_5020:</b> Longitud del contorno horizontal de la espalda entre las axilas.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaTraseraCuelloAxilas_5030:</b> Distancia vertical desde la c7 hasta la línea que une las axilas.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.6, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudespaldaCuelloCintura_5040:</b> Longitud vertical sobre la espalda desde la 7CV hasta la cintura.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.5, ASTM D5219-15</p>

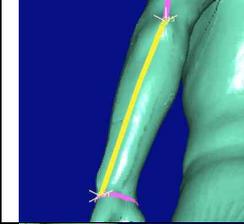
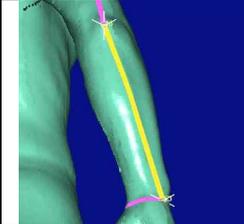
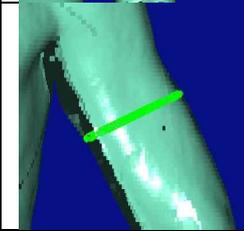
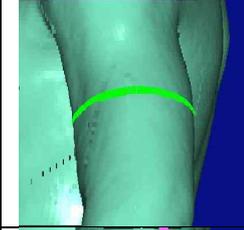
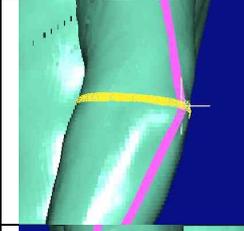
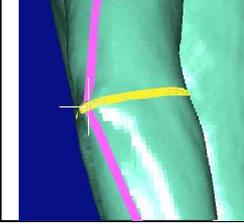
	<p><b>LongitudEspaldaCuelloCinturaIzq_50</b>  <b>50:</b> Longitud vertical sobre el cuerpo desde la base del cuello hasta la cintura.</p>	<p>--</p>
	<p><b>LongitudEspaldaCuelloCinturaDer_5051</b>  <b>051:</b> Longitud vertical sobre el cuerpo desde la base del cuello hasta la cintura.</p>	<p>--</p>
	<p><b>LongitudespaldaLineaAxilasCintura_5060</b>  <b>5060:</b> Longitud vertical desde el contorno de la línea de las axilas hasta la cintura.</p>	<p>--</p>
	<p><b>DistanciaCinturaNalgas_5080</b>  <b>5080:</b> Distancia vertical desde la cintura (6510) hasta la sección de las nalgas (7520).</p>	<p>--</p>
<p><b>CINTURA</b></p>		
	<p><b>LongitudtotaldelTiro_6010</b>  <b>6010:</b> Longitud del contorno definido desde el punto central de la cintura en la zona delantera hasta el punto central de la cintura en la zona trasera pasando por la entrepierna.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.18, ASTM D5219-15</p>

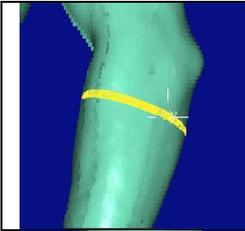
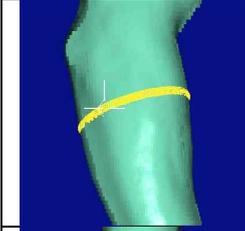
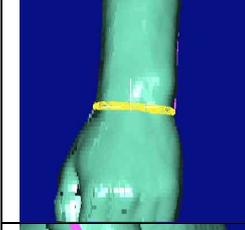
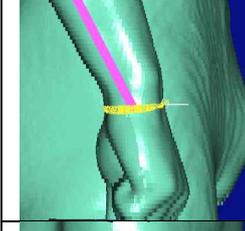
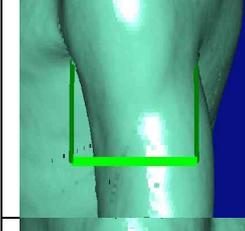
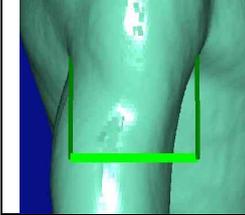
	<p><b>TiroDelantero_6011:</b> Longitud del contorno definido desde el punto central de la cintura en la zona delantera hasta la entrepierna.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.19</p>
	<p><b>TiroTrasero_6012:</b> Longitud del contorno definido desde el punto central de la cintura en la espalda hasta la entrepierna.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.20</p>
	<p><b>ContornodeCintura_6510:</b> Perímetro del tronco en el punto medio entre las costillas y la cresta iliaca.</p>	<p>ISO 7250-1:2017 – 6.4.11, ISO 8559-1:2017 – 5.3.10, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornodelaCinturaAlta_6515:</b> Contorno de la zona más estrecha del tronco en la vista frontal.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.9</p>
<p><b>CADERA</b></p>		
	<p><b>LongitudCinturaNalgasIzq_7010:</b> Longitud sobre el lateral del cuerpo entre el perímetro de la cintura y el de las nalgas.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.21, ASTM D5219-15</p>

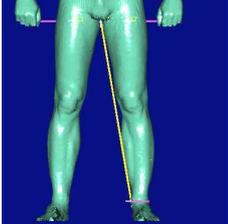
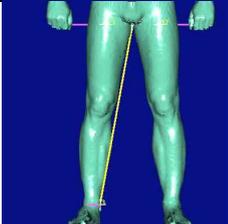
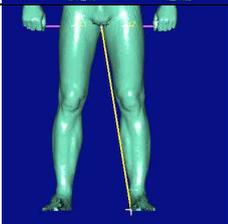
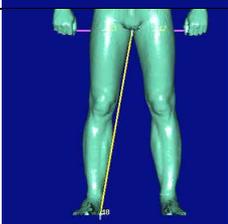
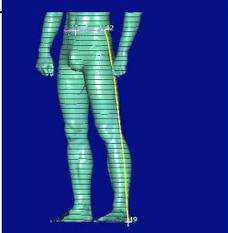
	<p><b>LongitudCinturaNalgasDer_7011:</b> Longitud sobre el lateral del cuerpo entre el perímetro de la cintura y el de las nalgas.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.21, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq_7020:</b> Distancia entre el perímetro de la cintura (6510) y el de la cadera inferior (7530).</p>	<p>--</p>
	<p><b>DistanciaCinturaCaderaInferiorDer_7021:</b> Distancia entre el perímetro de la cintura (6510) y el de la cadera inferior (7530).</p>	<p>--</p>
	<p><b>ContornodeCaderasAlta_7510:</b> Perímetro horizontal definido por la zona más ancha en el plano frontal delimitada por la cintura alta y la cadera baja.</p>	<p>--</p>
	<p><b>ContornodeCaderas/Nalgas_7520:</b> Perímetro horizontal definido por el punto más prominente de las nalgas.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.13, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornodeCaderaenTrocanter_7525:</b> Perímetro horizontal a la altura de los trocanteres.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.14</p>

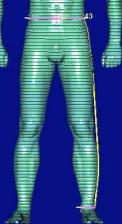
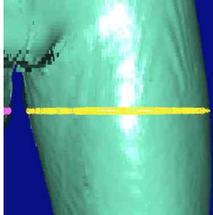
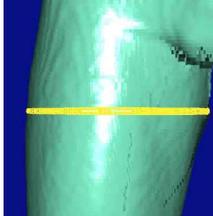
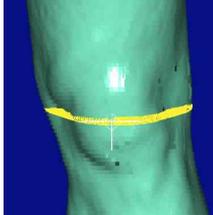
	<p><b>ContornodeCaderaInferior_7530:</b> Perímetro horizontal de la sección situada en la zona más ancha de la vista frontal limitada por la cintura y las rodillas.</p>	<p>--</p>
	<p><b>ContornodelVentre_7540:</b> Perímetro de la sección situada en el punto más prominente de la vista de perfil limitada por el pecho y la cadera.</p>	<p>--</p>
	<p><b>ContronoMáximodelVentre_7545:</b> Perímetro de la sección máxima calculada entre el pecho y la cadera superior.</p>	<p>--</p>
<p><b>BRAZOS</b></p>		
	<p><b>LongituddelBrazohastala7CV_8010:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta la séptima cervical.</p>	<p>-</p>
	<p><b>LongituddelBrazohastala7CV_8011:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta la séptima cervical.</p>	<p>-</p>

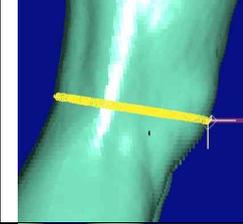
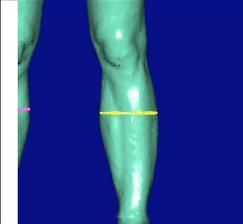
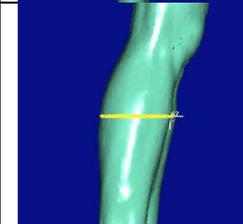
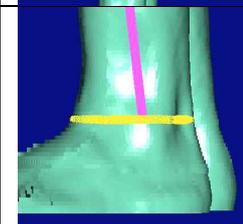
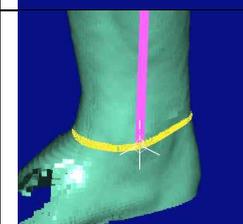
	<p><b>LongitudBrazohastaCuelloIzdo_8020:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta la base del cuello pasando por el codo y el hombro.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudBrazohastaCuelloDer_8021:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta la base del cuello pasando por el codo y el hombro.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongituddelBrazoAcromionIzq_8030:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta el acromion pasando por el codo.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudBrazoAcromionDer_8031:</b> Longitud del brazo desde la muñeca (definida bajo la apófisis estiloides del radio) hasta el acromion pasando por el codo.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudBrazoSuperiorIzdo_8040:</b> Longitud del brazo desde el codo (sobre el epicóndilo medial del húmero) hasta el acromion.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.14, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudBrazoSuperiorDer_8041:</b> Longitud del brazo desde el codo (sobre el epicóndilo medial del húmero) hasta el acromion.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.1, ASTM D5219-15</p>

	<p><b>LongitudAntebrazoIzq_8050:</b> Distancia horizontal desde el codo (olecranon) a la muñeca (bajo el estiloide del radio).</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.15</p>
	<p><b>LongitudAntebrazoDer_8051:</b> Distancia horizontal desde el codo (olecranon) a la muñeca (bajo el estiloide del radio).</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.4.15</p>
	<p><b>ContornoBrazoSuperiorIzdo_8520:</b> Contorno máximo entre el codo y el hombro.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.16</p>
	<p><b>ContornoBrazoSuperiorDer_8521:</b> Contorno máximo entre el codo y el hombro.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.16</p>
	<p><b>PerímetroCodoIzdo_8530:</b> Perímetro de la sección definida por el epicóndilo medial del húmero.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.17</p>
	<p><b>PerímetroCodoDer_8531:</b> Perímetro de la sección definida por el epicóndilo medial del húmero.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.17</p>

	<p><b>Perímetro del Antebrazo Izdo_8540:</b> Perímetro máximo del antebrazo.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>Perímetro del Antebrazo Der_8541:</b> Perímetro máximo del antebrazo.</p>	<p>ASTM D5219-15</p>
	<p><b>Perímetro de la Muñeca Izq8550:</b> Perímetro de la sección definida bajo la apófisis estiloides del radio.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.12</p>
	<p><b>Perímetro de la Muñeca Der8551:</b> Perímetro de la sección definida bajo la apófisis estiloides del radio.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.12</p>
	<p><b>Anchura del Brazo Superior Izdo_8910:</b> Anchura del brazo a la altura de la axila.</p>	<p>--</p>
	<p><b>Anchura del Brazo Superior Dcho_8911:</b> Anchura del brazo a la altura de la axila.</p>	<p>--</p>

<b>PIERNAS</b>		
	<b>LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda_9010:</b> Distancia entre la entrepierna y el maleolo interno.	--
	<b>LongitudInternaPiernahastaTobilloDer_9011:</b> Distancia entre la entrepierna y el maleolo interno.	--
	<b>CosturaInternaIzda_9020:</b> Distancia entre la entrepierna y la proyección sobre el suelo del maleolo interno.	--
	<b>CosturaInternaDer_9021:</b> Distancia entre la entrepierna y la proyección sobre el suelo del maleolo interno.	--
	<b>CosturaExternaPiernalzq_9035:</b> Longitud de la pierna desde la cintura hasta la proyección sobre el suelo del maleolo externo. La longitud sigue el contorno hasta las caderas y desde ahí, distancia recta hasta el suelo.	ISO 8559-1:2017 – 5.6.22, ASTM D5219-15

	<p><b>CosturaExternaPiernaDer_9036:</b> Longitud de la pierna desde la cintura hasta la proyección sobre el suelo del maleolo externo. La longitud sigue el contorno hasta las caderas y desde ahí, distancia recta hasta el suelo.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.6.22, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>LongitudExternaPiernaTobilloIzq_9040:</b> Longitud de la pierna desde la cintura hasta el maleolo externo. La longitud sigue el contorno hasta las caderas y desde ahí, distancia recta hasta la proyección sobre el suelo.</p>	<p>--</p>
	<p><b>LongitudExternaPiernaTobilloDer_9041:</b> Longitud de la pierna desde la cintura hasta el maleolo externo. La longitud sigue el contorno hasta las caderas y desde ahí, distancia recta hasta la proyección sobre el suelo.</p>	<p>--</p>
	<p><b>PerímetroMusloIzq_9515:</b> Perímetro máximo horizontal del muslo.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.13, ISO 8559-1:2017 – 5.3.20, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroMusloDer_9516:</b> Perímetro máximo horizontal del muslo.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.13, ISO 8559-1:2017 – 5.3.20, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>ContornoRodillaIzq_9520:</b> Perímetro horizontal de la rodilla en punto central de la patela.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.22, ASTM D5219-15</p>

	<p><b>ContornoRodillaDer_9521:</b> Perímetro horizontal de la rodilla en punto central de la patela.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.22, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroPantorrillaIzq_9540:</b> Perímetro máximo de la pierna.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.14, ISO 8559-1:2017 – 5.3.24, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroPantorrillaDer_9541:</b> Perímetro máximo de la pierna.</p>	<p>ISO 7250-1:2017-6.4.14, ISO 8559-1:2017 – 5.3.24, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroTobillosIzq_9550:</b> Perímetro horizontal por el maleolo interno.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.26, ASTM D5219-15</p>
	<p><b>PerímetroTobillosDer_9551:</b> Perímetro horizontal por el maleolo interno.</p>	<p>ISO 8559-1:2017 – 5.3.26, ASTM D5219-15</p>

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

**Anexo II.**  
**Encuesta de valoración**  
**subjetiva del ajuste de prendas**  
**de ropa.**

La estructura de la encuesta es la misma para todas las prendas cambiando únicamente las zonas de valoración de ajuste y el rango de tallas. En las preguntas en las que aplica estos cambios se ha incluido una tabla con la selección habilitada para cada prenda.

A continuación, se transcribe el cuestionario seguido en la fase de experimentación:

*Este cuestionario es de carácter estrictamente CONFIDENCIAL.*

*Sus datos únicamente se utilizarán como parte de un análisis estadístico con una muestra de población amplia, en ningún caso se hará referencia a los datos de un cuestionario aislado.*

<b>CODIGO DEL USUARIO:</b>	
<b>MODELO DE PRENDA:</b>	

**PREFERENCIAS GENERALES DE AJUSTE**

Indique cómo le gusta que le ajuste este tipo de prendas. Indique también si su preferencia se debe a motivos estéticos, funcionales (comodidad, facilidad de movimientos, etc) o a ambos.

**Tabla de preferencias para el PANTALÓN**

ZONA	PREFERENCIA			RAZÓN	
<b>1. CINTURA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				
<b>2. CADERA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				
<b>3. ANCHURA DEL MUSLO</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				
<b>4. ANCHURA EN LA PANTORRILLA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				
<b>5. TIRO DELANTERO</b>	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				
<b>6. LONGITUD DE PERNERA</b>	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
	<input type="checkbox"/>				

Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.

7. TIRO TRASERO	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL

**Tabla de preferencias para la CAMISA**

ZONA	PREFERENCIA			RAZÓN	
1. CUELLO	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
2. ANCHURA DE HOMBROS	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
3. PECHO	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
4. CINTURA	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
5. CADERA	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
6. LONGITUD DE MANGA	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
7. LONGITUD DE CAMISA	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
8. SISA (AJUSTE EN AXILA)	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
9. PERIMÉTRO DE MUÑECA	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL

**Tabla de preferencias para la CHAQUETA**

ZONA	PREFERENCIA			RAZÓN	
1. PECHO	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

<b>2. CINTURA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>3. ANCHURA DE HOMBROS</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>4. ESPALDA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>5. SISA (AJUSTE AXILA)</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>6. CONTORNO DE MANGA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>7. LONGITUD DE LA CHAQUETA</b>	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>8. LONGITUD DE MANGA</b>	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL

**Tabla de preferencias para la FALDA**

ZONA	PREFERENCIA			RAZÓN	
<b>1. CINTURA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>2. CADERA</b>	ESTRECHO	Ni ancho ni estrecho	ANCHO	ESTÉTICA	FUNCIONAL
<b>3. LONGITUD DE FALDA</b>	CORTO	Ni corto ni largo	LARGO	ESTÉTICA	FUNCIONAL

1. Seleccione la **talla** de *pantalón/camisa/chaqueta/falda* según las tablas ZARA.

TALLA SEGÚN TABLAS ZARA	Pantalón Recto				
	XS	S	M	L	1+
	1	2	3	4	5

	Pantalón Estrecho					
	XS	S	M	L	XL	1+

Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.

<b>TALLA SEGÚN TABLAS ZARA</b>	1	2	3	4	5	6
--------------------------------	---	---	---	---	---	---

	Chaqueta				
<b>TALLA SEGÚN TABLAS ZARA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5

	Falda				
<b>TALLA SEGÚN TABLAS ZARA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5

2. Seleccione la **talla** de *pantalón/camisa/chaqueta/falda* según SU **EXPERIENCIA** previa.

	Pantalón Recto				
<b>TALLA SEGÚN EXPERIENCIA PREVIA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5

	Pantalón Estrecho					
<b>TALLA SEGÚN EXPERIENCIA PREVIA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5	6

	Chaqueta				
<b>TALLA SEGÚN EXPERIENCIA PREVIA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5

	Falda				
<b>TALLA SEGÚN EXPERIENCIA PREVIA</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1+</b>
	1	2	3	4	5

Pruébese primero la **talla según tablas ZARA**:

3. ¿Es su talla? Sí  No

En este punto se selecciona la primera prenda de la prueba, si es posible vestir la prenda según las tablas ZARA, en ensayo se iniciará por esa. Si no es posible porque es exageradamente grande o pequeña, se seleccionará otra más adecuada por tanteo.

**PRUEBA DE AJUSTE**

4. Seleccione la **talla a VALORAR**

	Pantalón Recto				
TALLA A VALORAR	XS	S	M	L	1+
	1	2	3	4	5

	Pantalón Estrecho					
TALLA A VALORAR	XS	S	M	L	XL	1+
	1	2	3	4	5	6

	Chaqueta				
TALLA A VALORAR	XS	S	M	L	1+
	1	2	3	4	5

	Falda				
TALLA A VALORAR	XS	S	M	L	1+
	1	2	3	4	5

5. Valoración GLOBAL del ajuste

	Mal ajuste					Buen ajuste				
USUARIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXPERTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

6. Valoración del ajuste POR ZONAS

**Tabla de ajuste por zonas para el PANTALÓN**

<b>1.CINTURA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
<b>2.CADERA</b>	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					

Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.

	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>3.ANCHURA DEL MUSLO</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
				<b>USUARIO: Me sienta..</b>				
				<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>4.ANCHURA EN LA PANTORRILLA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
				<b>USUARIO: Me sienta..</b>				
				<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>5.TIRO DELANTERO</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
				<b>USUARIO: Me sienta..</b>				
				<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					
<b>6.LONGITUD DE PERNERA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
				<b>USUARIO: Me sienta..</b>				
				<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					
<b>7.TIRO TRASERO</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
				<b>USUARIO: Me sienta..</b>				
				<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					

**Tabla de ajuste por zonas para la CHAQUETA**

<b>1. PECHO</b>		<b>EXPERTO: Le sienta...</b>
-----------------	--	------------------------------

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>2. CINTURA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>3. ANCHURA DE HOMBROS</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>4. ESPALDA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>5. SISA (AJUSTE AXILA)</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>6. CONTORNO DE MANGA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>	<b>USUARIO: Prefiero...</b>						
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					

<b>7. LONGITUD DE LA CHAQUETA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					
<b>8. LONGITUD DE MANGA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					

**Tabla de ajuste por zonas para la FALDA**

<b>1. CINTURA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>2. CADERA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Estrecho	Así	Holgado	Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	-1	0	1					
<b>3. LONGITUD DE FALDA</b>				<b>EXPERTO: Le sienta...</b>				
				Estrecho	Algo estrecho	Así	Algo ancho	Ancho
	<b>USUARIO: Me sienta..</b>			<b>USUARIO: Prefiero...</b>				
	Corto	Así	Largo	Corto	Algo corto	Así	Algo largo	Largo
	-1	0	1					

7. ¿Cuáles son las **tres zonas que peor le ajustan**? Ponga en primer lugar la zona que peor le ajusta.

**Tabla zonas ‘peor ajuste’ PANTALÓN**

<b>1_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>2_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>3_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>
1.CINTURA	1.CINTURA	1.CINTURA
2. CADERA	2. CADERA	2. CADERA
3. ANCHURA DEL MUSLO	3. ANCHURA DEL MUSLO	3. ANCHURA DEL MUSLO
4. ANCHURA EN LA PANTORRILLA	4. ANCHURA EN LA PANTORRILLA	4. ANCHURA EN LA PANTORRILLA
5. TIRO DELANTERO	5. TIRO DELANTERO	5. TIRO DELANTERO
6. LONGITUD DE PERNERA	6. LONGITUD DE PERNERA	6. LONGITUD DE PERNERA
7. TIRO TRASERO	7. TIRO TRASERO	7. TIRO TRASERO

**Tabla zonas ‘peor ajuste’ CHAQUETA**

<b>1_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>2_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>3_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>
1.PECHO	1.PECHO	1.PECHO
2. CINTURA	2. CINTURA	2. CINTURA
3. ANCHURA DE HOMBROS	3. ANCHURA DE HOMBROS	3. ANCHURA DE HOMBROS
4. ESPALDA	4. ESPALDA	4. ESPALDA
5. SISA (AJUSTE EN AXILAS)	5. SISA (AJUSTE EN AXILAS)	5. SISA (AJUSTE EN AXILAS)
6. CONTORNO DE MANGA	6. CONTORNO DE MANGA	6. CONTORNO DE MANGA
7. LONGITUD DE LA CHAQUETA	7. LONGITUD DE LA CHAQUETA	7. LONGITUD DE LA CHAQUETA
8. LONGITUD DE MANGA	8. LONGITUD DE MANGA	8. LONGITUD DE MANGA

**Tabla zonas ‘peor ajuste’ para la FALDA**

<b>1_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>2_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>	<b>3_ZONA ‘PEOR AJUSTE’</b>
1. CINTURA	1. CINTURA	1. CINTURA
2. CADERA	2. CADERA	2. CADERA
3. LONGITUD DE FALDA	3. LONGITUD DE FALDA	3. LONGITUD DE FALDA

8. ¿Va a valorar otra talla? . Sí  No

En caso afirmativo, la usuaria se cambia de talla y se repite de nuevo la ‘Prueba de ajuste’: Preguntas 4, 5, 6 y 7. Cada usuaria probará entre dos o tres tallas.

9. Selección de la talla con mejor ajuste de entre las 2 o 3 que se ha probado.

	Pantalón Recto					
<b>USUARIO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>1+</b>
<b>EXPERTO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>1+</b>

*Anexo II. Encuesta de valoración subjetiva del ajuste de prendas de ropa.*

---

	Pantalón Estrecho					
<b>USUARIO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>1 +</b>
<b>EXPERTO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>XL</b>	<b>1 +</b>

	Chaqueta					
<b>USUARIO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1 +</b>	
<b>EXPERTO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1 +</b>	

	Falda					
<b>USUARIO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1 +</b>	
<b>EXPERTO</b>	<b>XS</b>	<b>S</b>	<b>M</b>	<b>L</b>	<b>1 +</b>	

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

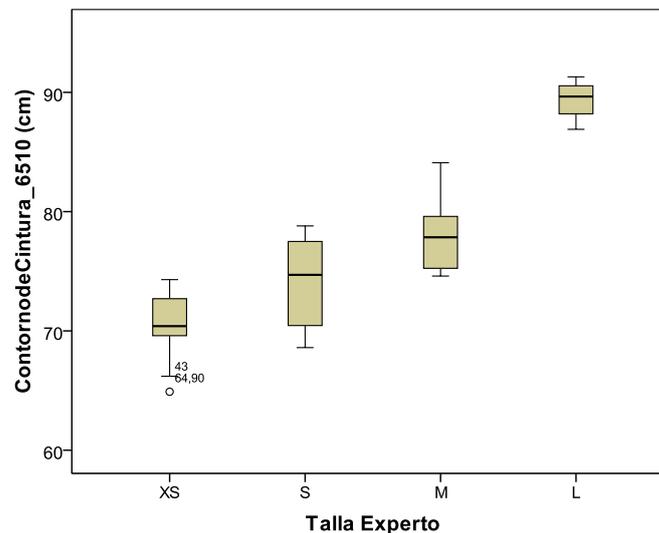
---

**Anexo III.**  
**Material suplementario.**  
**Resultados del estudio de**  
**reducción de las variables**  
**antropométricas.**

En este anexo se presentan los resultados de un estudio exploratorio previo en el que se ha analizado la influencia de las medidas antropométricas en la valoración del ajuste realizado por la experta por zonas y prendas. El objetivo de este análisis es reducir el número de medidas a considerar en los modelos de predicción de ajuste por zonas. El proceso de reducción ha sido conservador, por lo tanto, se han desestimado aquellas variables que claramente no mostraban ninguna relación con la valoración del ajuste. El estudio exploratorio se ha realizado realizando un modelo lineal general (MLG) que relacione la variable antropométrica con la valoración del ajuste (variable independiente). Se han incluido los gráficos que ilustran la relación de las variables.

### **A 3.1 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la FALDA.**

Los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla muestran solapamientos importantes en la relación de una medida antropométrica principal con la talla seleccionada. Es decir, dos usuarias con la misma medida antropométrica principal pueden estar clasificadas en tallas diferentes. En el caso de la falda, el *ContornodeCintura\_6510*, es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 132 se ilustra la variación de esta medida corporal para las usuarias en cada una de las tallas seleccionadas por la experta. Este gráfico sugiere que el problema de ajuste de las prendas es multidimensional y que en la selección final de la talla influyen más de una medida corporal. Por lo tanto, la aplicación de tablas de tallas basadas en intervalos fijos de una medida principal no parece que sea un método que vaya a proporcionar buenos resultados.



**Figura 132. FALDA: Diagrama caja-bigotes del ContornodeCintura\_6510 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.**

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en la falda son 37 (Tabla 164).

**Tabla 164. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste de la falda.**

Estatura_0010	ContornodeCaderasNalgas_7520
Altura7CV_0030	ContornodeCaderaenTrocanter_7525
DistanciaCinturaRodilla_0060	ContornodeCaderaInferior_7530
AlturaCintura_0080_mk	ContornodeLVientre_7540
AlturaCinturaAlta_0085_mk	ContornoMáximodelVientre_7545
AlturadeNalgas_0090	LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda_9010
AlturadelaCadera_0090mk	LongitudInternaPiernahastaTobilloDer_9011
AlturaEntrepierna_0100	CosturaInternaIzda_9020
AlturaRodilla_0110	CosturaInternaDer_9021
AlturadelVientre_0150	CosturaExternaPiernaIzda_9035
AlturaMaxcontornoVientre_0155	CosturaExternaPiernaIzda_9036
ContornoFrontalCintura_2030	PerímetroMusloIzq_9515
LongitudtotaldelTiro_6010	PerímetroMusloIzq_9516
TiroTrasero_6012	ContornoRodillaIzq_9520
ContornodeCintura_6510	ContornoRodillaIzq_9521
ContornodelaCinturaAlta_6515	PerímetroPantorrillaIzq_9540
DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq_7020	PerímetroPantorrillaDer_9541
DistanciaCinturaCaderaInferiorDer_7021	Peso_9800
ContornodelaCaderaAlta_7510	

### Ajuste de la CINTURA

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- El *ContornodeCintura\_6510* y el *ContornodeCinturaAlta\_6515* influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la evaluación del ajuste realizado por la experta (Cintura\_Le\_sienta), la talla evaluada (Talla\_valorar) y la interacción (Talla\_valorar \* Cintura\_Le\_sienta). A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCinturaAlta\_6515* (Tabla 165, Figura 133 y Figura 134). Los gráficos muestran que para la talla L no hay suficientes datos. El contraste de Levene no es significativo.
- Los contornos de cadera, vientre y muslo, así como el peso, influyen de forma significativa en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni.

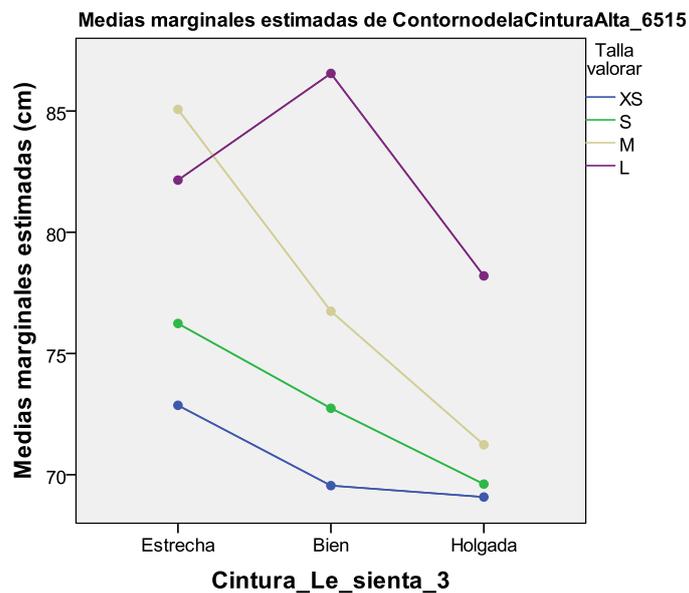
- Las alturas de caderas, el tiro total y el tiro trasero, influyen de forma significativa únicamente en la variable talla valorar.
- El resto de variables antropométricas no influyen en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 165. Tabla de resultados del MLG de la variable ContornodeCinturaAlta\_6515.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2059,778 <sup>a</sup>	187,253	,000	1,000
<b>Intersección</b>	377585,274	377585,274	,000	1,000
<b>Cintura_Le_sienta_3</b>	694,244	347,122	,000	1,000
<b>Talla_valorar</b>	1213,735	404,578	,000	1,000
<b>Talla_valorar * Cintura_Le_sienta_3</b>	262,191	43,699	,000	,992
<b>Error</b>	905,503	8,542		
<b>Total</b>	627298,520			
<b>Total corregida</b>	2965,281			

a. R cuadrado = ,695 (R cuadrado corregida = ,663)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 133. Medias marginales del ContornodeCinturaAlta\_6515\*Talla Valorar.**

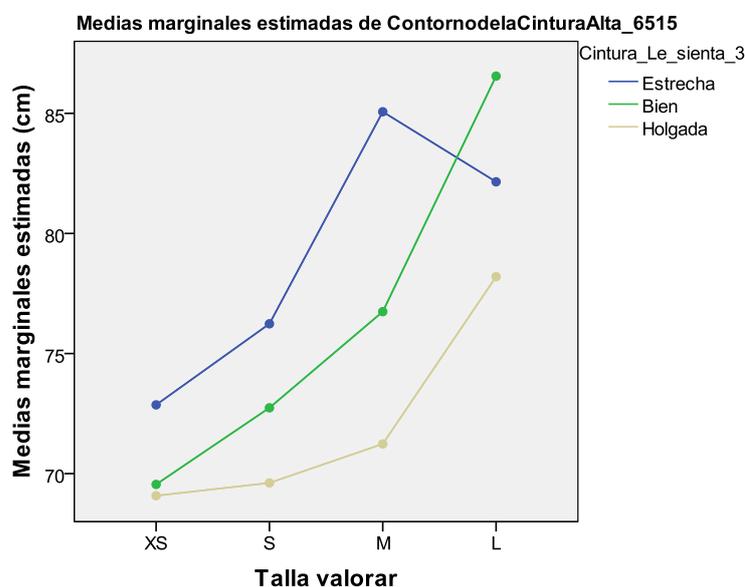


Figura 134. Medias marginales del ContornodeCinturaAlta\_6515\*Cintura Le Sienta.

Como resultado, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cintura incluye 15 variables (Tabla 166).

Tabla 166. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA de la FALDA.

AlturaNalgas 0090	ContornoCinturaAlta 6515	ContornoVientre 7540
AlturaCadera 0090mk	ContornodeNalgas 7520	ContornoMáximoVientre 7545
LongitudtotalTiro 6010	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
TiroTrasero 6012	ContornoCaderaTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516
ContornoCintura 6510	ContornoCaderaInferior 7530	Peso 9800

### Ajuste de la CADERA

Los resultados más relevantes son:

- Los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, la longitud total del tiro, el tiro trasero y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la evaluación del ajuste realizado por la experta en la cadera (Cadera\_Le\_sienta) y la talla evaluada (Talla\_valorar) en todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *Contorno Máximo del Vientre\_7545* (Tabla 167, Figura 135 y Figura 136). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

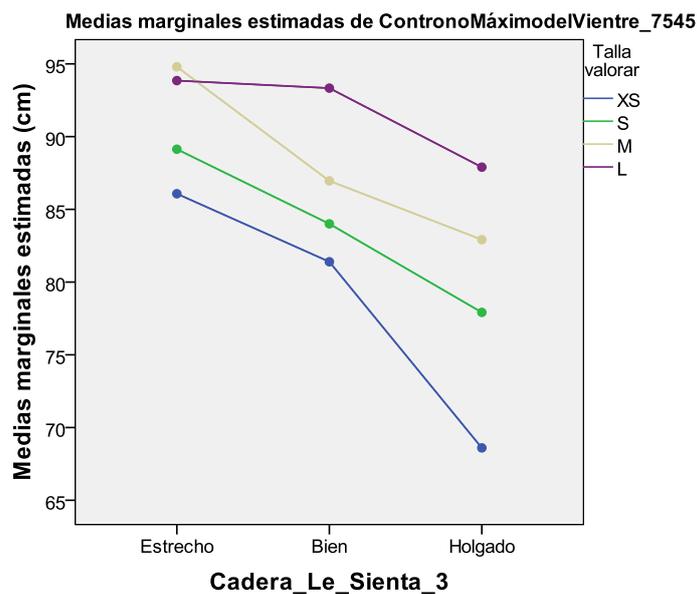
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la cadera (Cadera\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 167. Tabla de resultados del MLG de la variable ContornoMáximodelVentre\_7545.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2239,638 <sup>a</sup>	203,603	,000	1,000
<b>Intersección</b>	328716,703	328716,703	,000	1,000
<b>Cadera_Le_Sienta_3</b>	727,282	363,641	,000	1,000
<b>Talla_valorar</b>	866,833	288,944	,000	1,000
<b>Cadera_Le_Sienta_3 * Talla_valorar</b>	113,635	18,939	,300	,463
<b>Error</b>	1640,600	15,477		
<b>Total</b>	857671,690			
<b>Total corregida</b>	3880,238			

a. R cuadrado = ,577 (R cuadrado corregida = ,533)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 135. Medias marginales del ContornoMáximodelVentre\_7545\*Talla Valorar.**

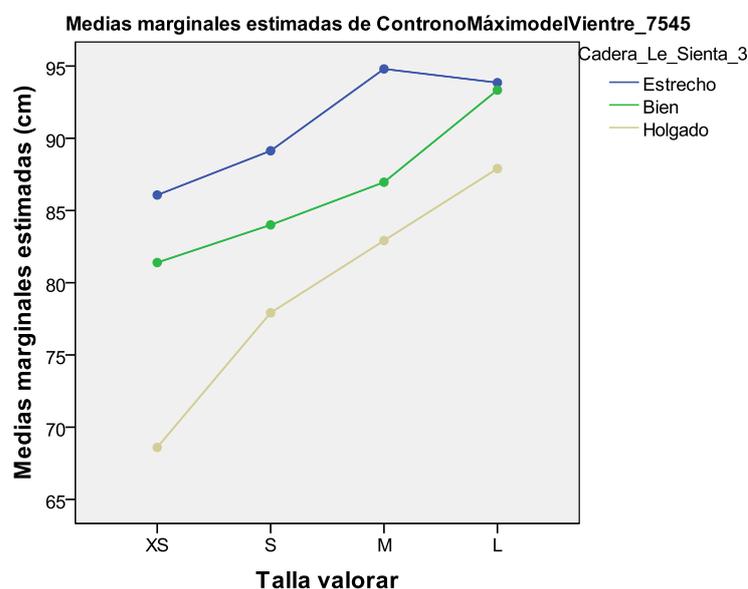


Figura 136. Medias marginales del ContornoMáximodelVentre\_7545\*Cadera Le sienta...

Como resultado, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cadera incluye 13 variables (Tabla 168).

Tabla 168. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CADERA de la FALDA.

LongitudtotaldelTiro 6010	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515
TiroTrasero 6012	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516
ContornodeCintura 6510	ContornodeCaderaInferior 7530	Peso 9800
ContornoCinturaAlta 6515	ContornodelVentre 7540	
ContornoCaderaAlta 7510	ContronnoMáximodelVentre 7545	

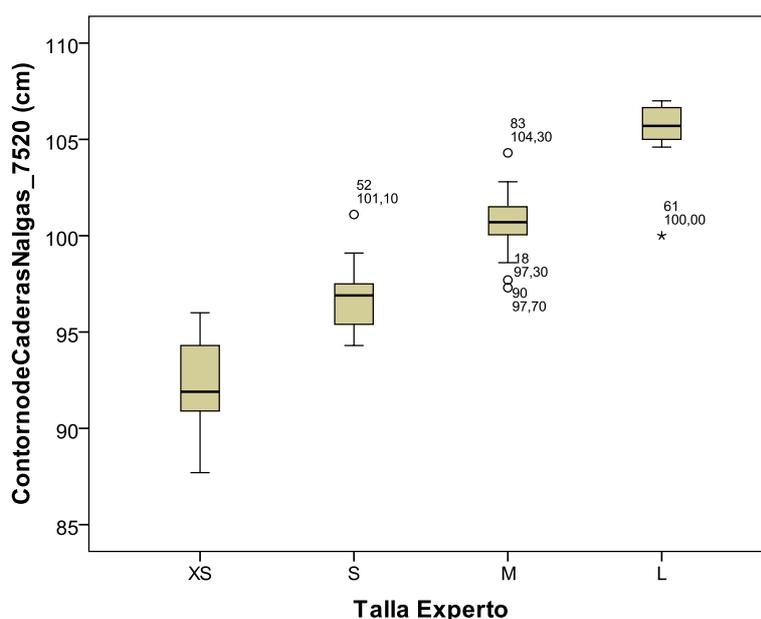
### Ajuste del LARGO DE LA FALDA

No se han encontrado relaciones significativas y consistentes entre las medidas antropométricas y la valoración del ajuste en el tiro delantero. No hay un criterio claro para descartar medidas, por lo tanto, las 37 (Tabla 164) medidas pre-seleccionadas en la falda se utilizarán en el proceso de cálculo del modelo de predicción.

### A 3.2 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del PANTALÓN RECTO.

Al igual que en el caso de la falda, los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla del pantalón recto muestran que existen solapamientos importantes en

la relación de una medida antropométrica principal con la talla seleccionada. Es decir, dos usuarias con la misma medida antropométrica principal pueden estar clasificadas en tallas diferentes. El *ContornodeCaderasNalgas\_7520* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 137 se ilustra la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla seleccionada por la experta.



**Figura 137. PANTALÓN RECTO: Diagrama caja-bigotes del ContornodeCaderasNalgas\_7520 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.**

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en el pantalón son 45 (Tabla 169).

**Tabla 169. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste del pantalón.**

Estatura 0010	ContornodeCaderasNalgas_7520
Altura7CV 0030	ContornodeCaderaenTrocanter_7525
AlturaCintura 0080 mk	ContornodeCaderaInferior_7530
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContornodeVientre_7540
Alturadenalgas_0090	ContornoMáximodelVientre_7545
Alturadelacadera_0090mk	LongitudInternaPiernahastaTobilloIzda_9010
AlturaEntrepiera_0100	LongitudInternaPiernahastaTobilloDer_9011
AlturaRodilla_0110	CosturaInternaIzda_9020
AlturaTobillo_0120	CosturaInternaDer_9021
AlturadelVientre_0150	CosturaExternaPiernaIzda_9035
AlturaMaxcontornoVientre_0155	CosturaExternaPiernaIzda_9036
ContornoFrontalCintura_2030	LongitudExternaPiernaTobilloIzq_9040
DistanciaCinturaNalgas_5080	LongitudExternaPiernaTobilloDer_9041

LongitudtotaldelTiro 6010	PerímetroMusloIzq 9515
TiroDelantero 6011	PerímetroMusloIzq 9516
TiroTrasero 6012	ContornoRodillaIzq 9520
ContornodeCintura 6510	ContornoRodillaIzq 9521
ContornodelaCinturaAlta 6515	PerímetroPantorrillaIzq 9540
LongitudCinturaNalgasIzq 7010	PerímetroPantorrillaDer 9541
LongitudCinturaNalgasDer 7011	PerímetroTobillosIzq 9550
DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq 7020	PerímetroTobillosDer 9551
DistanciaCinturaCaderaInferiorDer 7021	Peso 9800
ContornodelaCaderaAlta 7510	

### Ajuste de la CINTURA

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- El *Peso\_9800* es la única variable que influye de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la evaluación del ajuste realizado por la experta (*Cintura\_Le\_sienta*), la talla evaluada (*Talla\_valorar*) y la interacción (*Talla\_valorar \* Cintura\_Le\_sienta*) (Tabla 170, Figura 138 y Figura 139). El contraste de Levene no es significativo.

**Tabla 170. Tabla de resultados del MLG de la variable *Peso\_9800*. Predicción del ajuste en la cintura del Pantalón Recto.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2667,444 <sup>a</sup>	242,495	,000	1,000
<b>Intersección</b>	225589,423	225589,423	,000	1,000
<b>Cintura_Le_Sienta_3</b>	1015,050	507,525	,000	1,000
<b>Talla_valorar</b>	2049,512	683,171	,000	1,000
<b>Cintura_Le_Sienta_3 * Talla_valorar</b>	203,836	33,973	,002	,951
<b>Error</b>	884,056	9,114		
<b>Total</b>	380918,310			
<b>Total corregida</b>	3551,500			

a. R cuadrado = ,751 (R cuadrado corregida = ,723)

b. Calculado con alfa = ,05

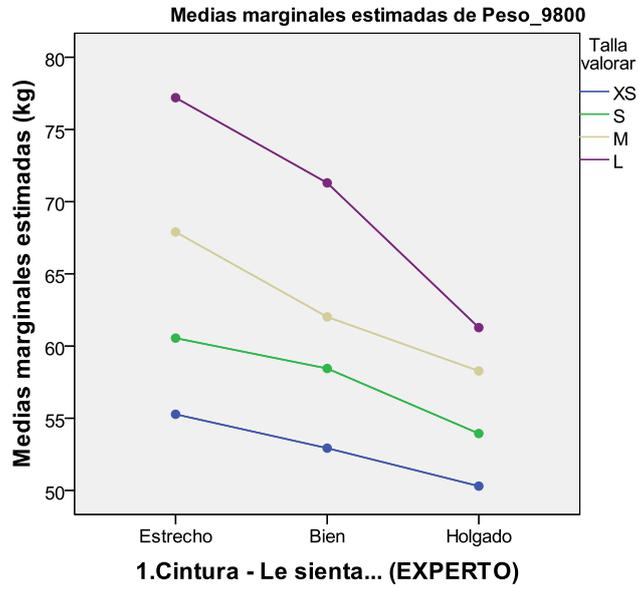


Figura 138. Medias marginales del Peso\_9800\*Talla\_Valorar.

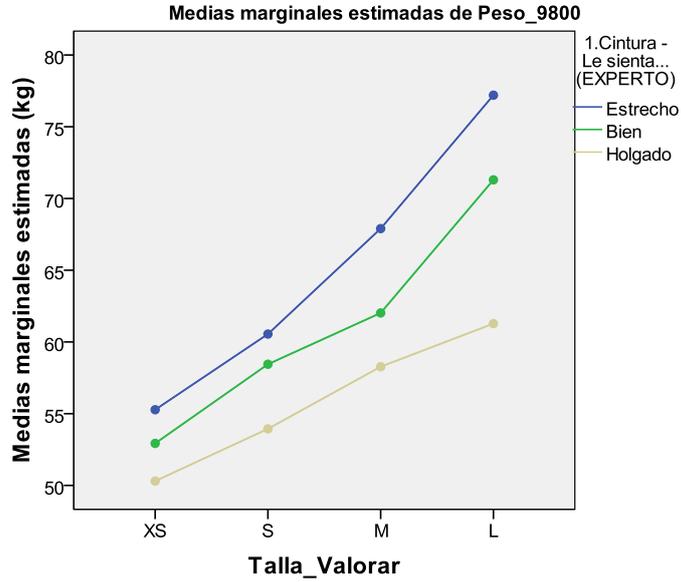


Figura 139. Medias marginales del Peso\_9800\*Cintura\_Le Sienta.

- Todos los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, rodilla, pantorrilla y tobillo, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni.
- Todas las alturas de cintura, cadera, vientre, rodilla, las tres longitudes del tiro, y todas las longitudes de las piernas tanto internas como externas influyen de forma significativa en el ajuste y/o en la talla, aunque solo en algunas comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables no influyen en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

En base a estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pantorrilla incluye 35 variables (Tabla 171).

**Tabla 171. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del Pantalón Recto.**

AlturaCintura_0080_mk	ContornodeCintura_6510	LongitudExtIzq_9040
AlturaCinturaAlta_0085mk	ContornodelaCinturaAlta_6515	LongitudExtDer_9041
Alturadenalgas_0090	ContornoCaderaAlta_7510	PerímetroMusloIzq_9515
Alturadelacadera_0090mk	ContornoCaderasNalgas_7520	PerímetroMusloDer_9516
AlturaEntrepierna_0100	ContornoCaderaTrocanter_7525	ContornoRodillaIzq_9520
AlturaRodilla_0110	ContornodaderaInferior_7530	ContornoRodillaIzq_9521
AlturadelVientre_0150	ContornoVientre_7540	PerímetroPantorrillaIzq_9540
AlturaMaxCVientre_0155	ContornoMáxVientre_7545	PerímetroPantorrillaDer_9541
ContFrontalCintura_2030	LongitudIntPiernaTobIzda_9010	PerímetroTobillosIzq_9550
LongtotaldelTiro_6010	LongitudIntPiernaTobDer_9011	PerímetroTobillosDer_9551
TiroDelantero_6011	CosturaExtIzda_9035	Peso_9800
TiroTrasero_6012	CosturaExtPiernaIzda_9036	

### Ajuste de la CADERA

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- El *Peso\_9800* es la única variable que influye de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la evaluación del ajuste realizado por la experta (Cadera\_Le\_sienta), la talla evaluada (Talla\_valorar) y la interacción (Talla\_valorar \* Cadera\_Le\_sienta). El contraste de Levene no es significativo.
- Las variables *ContornoCaderaAlta\_7510*, *ContornoCaderaNalgas\_7520* (Tabla 172, Figura 140 y Figura 141) y *ContornoCaderaTrocanter\_7525* también influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en los dos factores y su interacción, sin embargo, el contraste de Levene es significativo, por lo tanto, no se cumple la igualdad de varianzas y no se puede asegurar que el resultado del MLG sea correcto. Aun así, estas variables se han considerado en el ajuste de

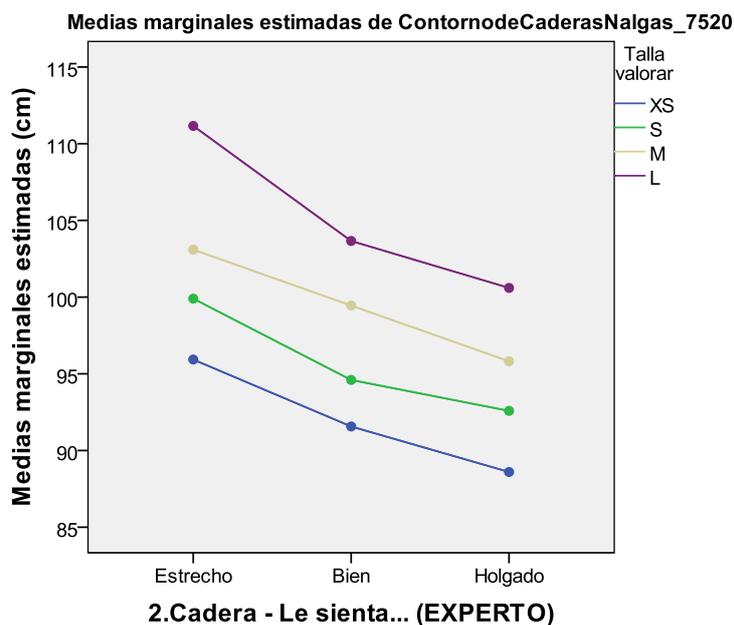
los modelos de regresión logística puesto que, en este tipo de análisis estadístico, no es necesario cumplir la condición de igualdad de varianzas.

**Tabla 172. Tabla de resultados del MLG de la variable ContornoCaderaNalgas\_7520. Predicción del ajuste en la cadera del Pantalón Recto.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2251,355 <sup>a</sup>	204,669	,000	1,000
<b>Intersección</b>	738599,802	738599,802	,000	1,000
<b>Cadera Le Sienta 3</b>	999,635	499,818	,000	1,000
<b>Talla Valorar</b>	1696,864	565,621	,000	1,000
<b>Cadera_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar</b>	42,938	7,156	,267	,487
<b>Error</b>	535,800	5,524		
<b>Total</b>	1082173,120			
<b>Total corregida</b>	2787,154			

a. R cuadrado = ,808 (R cuadrado corregida = ,786)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 140. Medias marginales del ContornoCaderaNalgas\_7520\*Talla\_Valorar.**

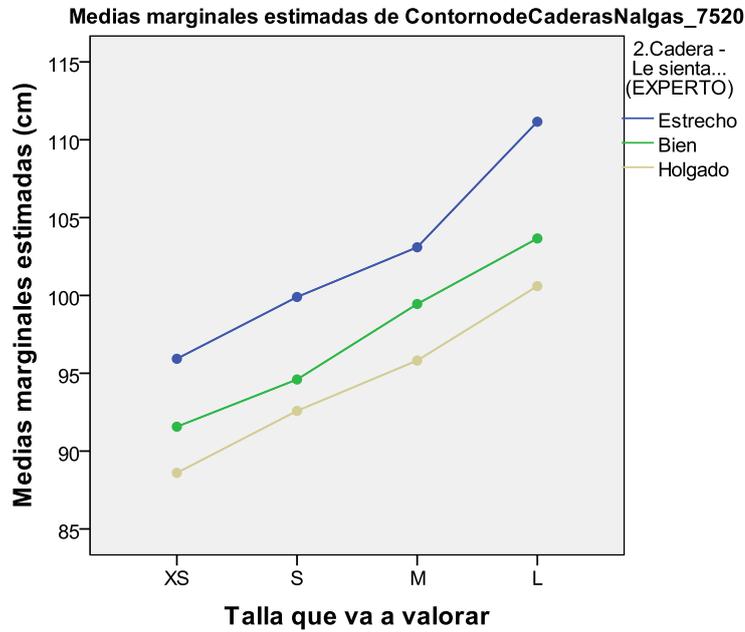


Figura 141. Medias marginales del ContornoCaderaNalgas\_7520\*Cadera Le sienta...

- Los contornos del muslo, rodilla tienen una influencia significativa en la valoración del ajuste (Cadera\_Le sienta) y en la talla valorada en prácticamente todas las comparaciones por pares de Bonferroni. Como ejemplo de este grupo de variables, se muestran los resultados del *PerímetroMusloIzq\_9515* (Figura 142 y Figura 143).

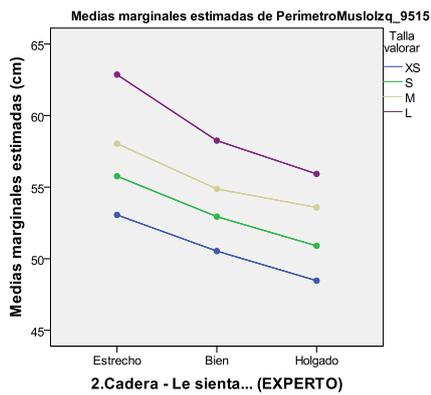


Figura 142. Medias marginales del PerímetroMusloIzq\_9515 \*Talla.

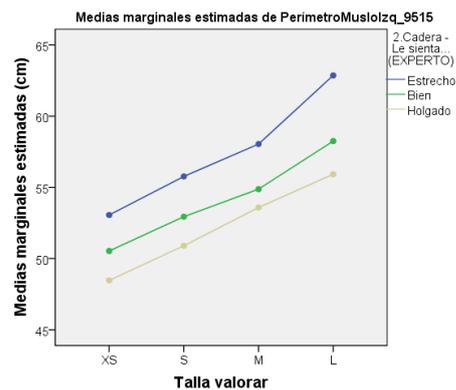


Figura 143. Medias marginales del PeríMusloIzq\_9515 \* Cadera\_Le Sienta.

- Todas las alturas de cintura, cadera, vientre, rodilla y los tres tiros, muestran una influencia significativa en la valoración del ajuste en la cadera y/o la talla, aunque solo para algunas combinaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de medidas analizadas influyen de forma significativa en la valoración del ajuste de la cadera (Cadera\_Le\_sienta), en la variable talla valorada o en ambas.

Como resultado, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cadera incluye 29 variables (Tabla 173).

**Tabla 173. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CADERA el Pantalón Recto.**

AlturaCinturaAlta_0085_mk	ContornodeCintura_6510	PerímetroMusloIzq_9515
Alturadenalgas_0090	ContornodelaCinturaAlta_6515	PerímetroMusloIzq_9516
Alturadelacadera_0090mk	ContornoCaderaAlta_7510	ContornoRodillaIzq_9520
AlturaRodilla_0110	ContornoNalgas_7520	ContornoRodillaIzq_9521
AlturadelVentre_0150	ContCaderaenTrocanter_7525	PerímetroPantorrillaIzq_9540
AlturaMaxContVentre_0155	ContCaderaInferior_7530	PerPantorrillaDer_9541
ContFrontalCintura_2030	ContornodelVentre_7540	PerTobillosIzq_9550
LongitudtotaldelTiro_6010	ContronomÁxVentre_7545	PerímetroTobillosDer_9551
TiroDelantero_6011	LongitudExtTobilloIzq_9040	Peso_9800
TiroTrasero_6012	LongitudExtTobilloDer_9041	

### **Ajuste del MUSLO**

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- Todos los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, rodilla, pantorrilla y tobillo, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste del muslo (Muslo\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *PerímetroMusloIzq\_9515* (Tabla 175, Figura 144 y Figura 145). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

Tabla 174. Tabla de resultados del MLG de la variable PerímetroMusloIzq\_9515. Predicción del ajuste en el muslo del Pantalón Recto.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	972,645 <sup>a</sup>	88,422	,000	1,000
Intersección	216524,991	216524,991	,000	1,000
Muslo_Le_Sienta_3	440,659	220,330	,000	1,000
Talla_Valorar	696,913	232,304	,000	1,000
Muslo_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	13,924	2,321	,623	,279
Error	306,652	3,161		
Total	336815,680			
Total corregida	1279,297			

a. R cuadrado = ,760 (R cuadrado corregida = ,733)

b. Calculado con alfa = ,05

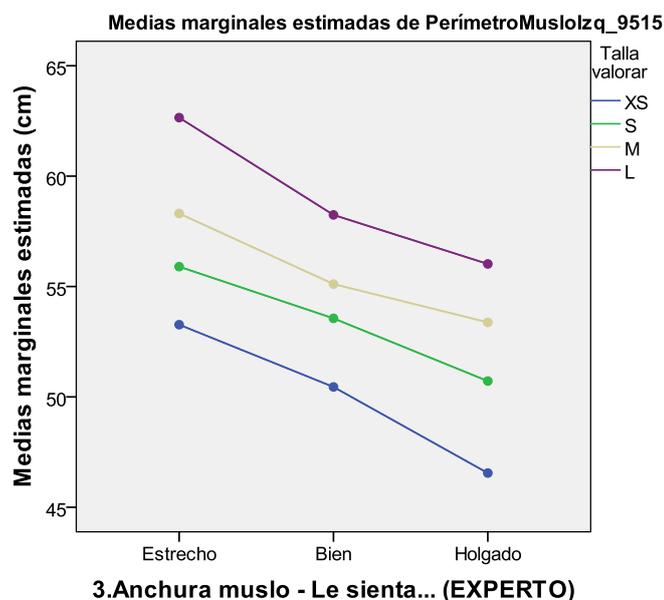


Figura 144. Medias marginales del PerímetroMusloIzq\_9515\*Talla\_Valorar.

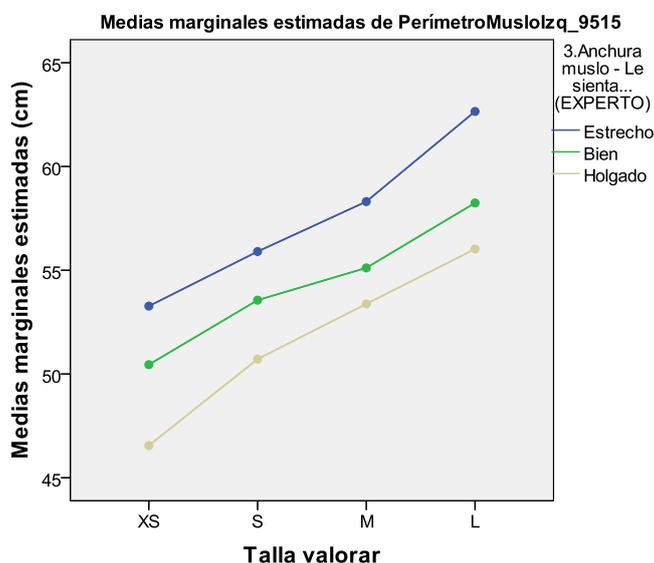


Figura 145. Medias marginales del PerímetroMusloIzq\_9515\*Muslo Le sienta...

- También muestran una influencia significativa en la valoración del ajuste del muslo y/o talla las medidas Longitud Externa Pierna TobilloIzq\_9040 y la Longitud Externa Pierna TobilloDer\_9041, aunque solo en algunas comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del muslo (Muslo\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ). Se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

Como resultado de este análisis, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el muslo incluye 22 variables (Tabla 175).

Tabla 175. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el MUSLO del Pantalón Recto.

ConFrontalCintura 2030	ContornoCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
LongtotaldelTiro 6010	ContornoVientre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	ContornoMáxVientre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornodeCintura 6510	LongitudExtTobilloIzq 9040	PerímetroTobillosIzq 9550
ContornoCinturaAlta 6515	LongitudExtTobilloDer 9041	PerímetroTobillosDer 9551
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9516	
ContCaderaTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520	

### Ajuste de la PANTORRILLA

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- Todos los contornos de cadera, vientre, muslo, rodilla, pantorrilla y tobillo, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste de la pantorrilla (Pantorrilla\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *PerímetroPantorrillaDer\_9541* (Tabla 176, Figura 146 y Figura 147). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

Tabla 176. Resultados del MLG de la variable *PerímetroPantorrillaDer\_9541*. Predicción del ajuste en la pantorrilla del Pantalón Recto.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	237,775 <sup>a</sup>	21,616	,000	1,000
Intersección	61718,710	61718,710	,000	1,000
Pantorrilla_Le_Sienta_3	96,858	48,429	,000	1,000
Talla Valorar	104,724	34,908	,000	1,000
Pantorrilla_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	5,295	,883	,935	,129
Error	284,541	2,933		
Total	153496,220			
Total corregida	522,316			

a. R cuadrado = ,455 (R cuadrado corregida = ,393)

b. Calculado con alfa = ,05

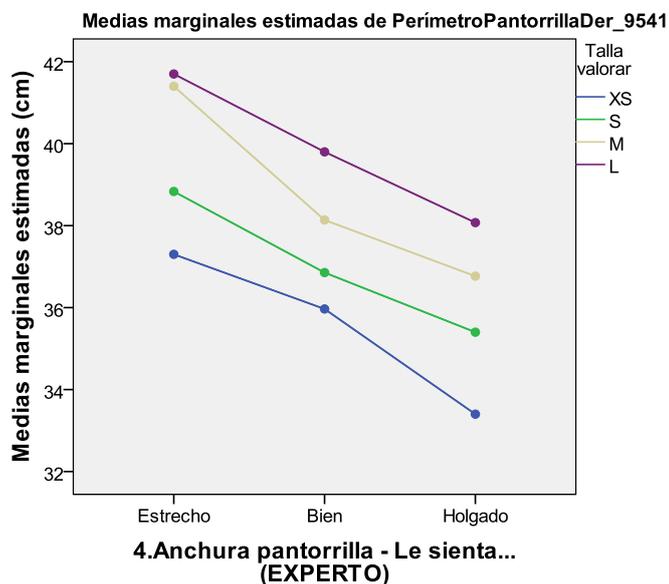


Figura 146. Medias marginales del *PerímetroPantorrillaDer\_9541*\*Talla\_Valorar.

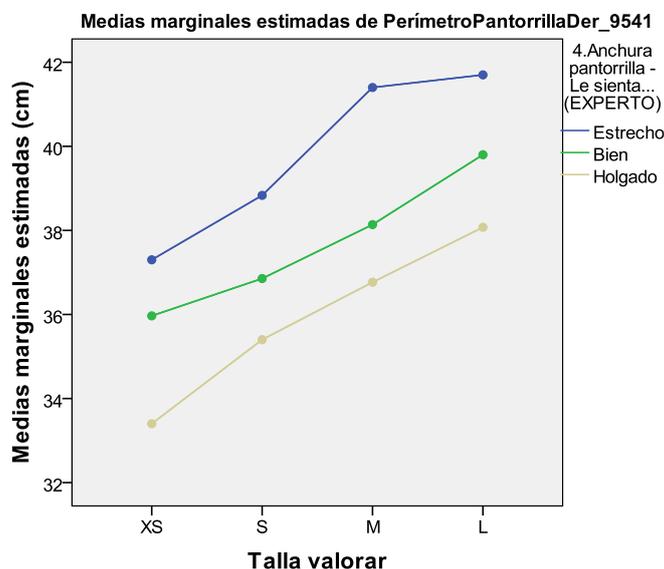


Figura 147. Medias marginales del PerímetroPantorrillaDer\_9541\*Pantorrilla Le sienta...

- También muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste y/o en la talla, todas las longitudes y costuras tanto internas como externas, aunque solo en algunas comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la pantorrilla (Pantorrilla\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pantorrilla incluye 23 variables (Tabla 177).

Tabla 177. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la PANTORRILLA del Pantalón Recto.

ContornoCaderaAlta 7510	CosturaInternaIzda 9020	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCaderasNalgas 7520	CosturaInternaDer 9021	ContornoRodillaIzq 9521
ContornoCaderaenTrocanter 7525	CosturaExtIzda 9035	PerímetroPantorrillaIzq 9540
ContornoCaderaInferior 7530	CosturaExtDer 9036	PerímetroPantorrillaDer 9541
ContornoVentre 7540	LongitudExtIzq 9040	PerímetroTobilloIzq 9550
ContornoMáxVentre 7545	LongitudExtDer 9041	PerímetroTobilloDer 9551
LongitudInt 9010	PerMusloIzq 9515	Peso 9800
LongitudInt 9011	PerMusloIzq 9516	

### Ajuste del TIRO DELANTERO

Los resultados más relevantes obtenidos en el de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste del tiro delantero son:

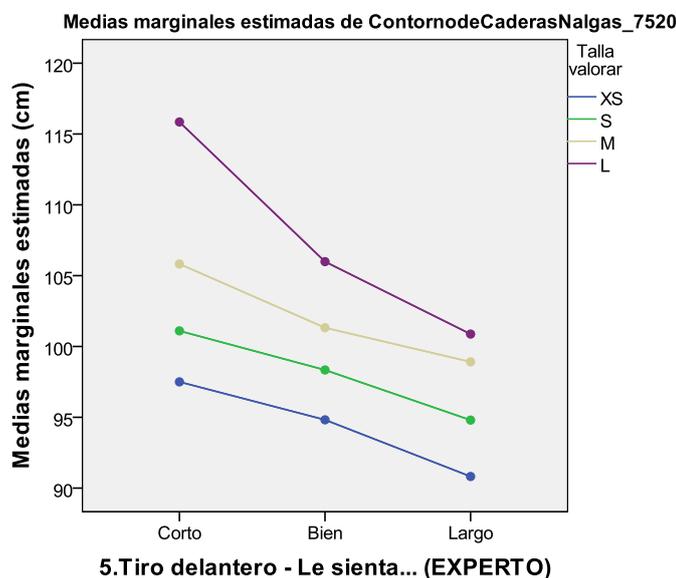
- Todos los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, rodilla, pantorrilla y tobillo, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste del tiro delantero (Tiro Delantero\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCaderasNalgas\_7520* (Tabla 178, Figura 148 y Figura 149). Los contrastes de Levene han sido no significativos.

**Tabla 178. Resultados del MLG de la variable ContornodeCaderasNalgas\_7520. Predicción del ajuste del tiro delantero del Pantalón Recto.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1941,223 <sup>a</sup>	176,475	,000	1,000
Intersección	410679,997	410679,997	,000	1,000
Tiro delantero Le Sienta 3	517,999	258,999	,000	1,000
Talla Valorar	932,176	310,725	,000	1,000
Tiro delantero_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	100,629	16,771	,085	,685
Error	845,931	8,721		
Total	1082173,120			
Total corregida	2787,154			

a. R cuadrado = ,696 (R cuadrado corregida = ,662)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 148. Medias marginales del ContornodeCaderasNalgas\_7520\*Talla\_Valorar.**

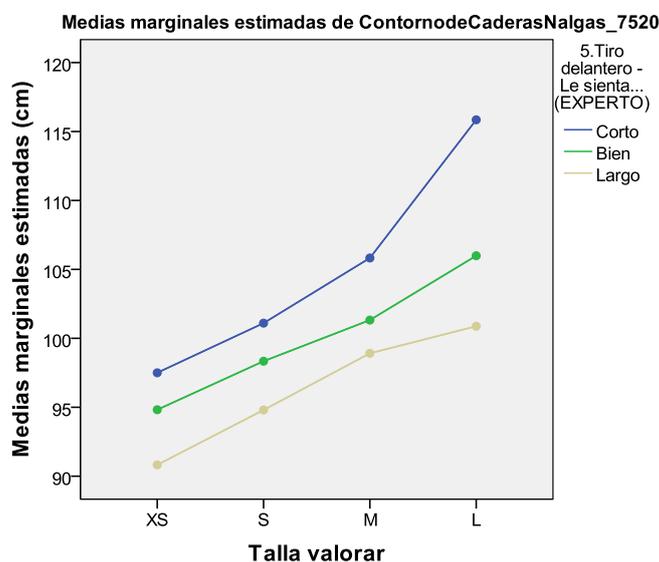


Figura 149. Medias marginales del ContornodeCaderasNalgas\_7520\*Tiro Delantero Le sienta...

- También muestran una influencia significativa la estatura, todas las alturas de cintura y cadera, y todas las longitudes y costuras internas y externas, aunque solo en algunas comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del tiro delantero (Tiro Delantero Le sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el tiro delantero incluye 38 variables (Tabla 179).

Tabla 179. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO DELANTERO del Pantalón Recto.

Estatura 0010	ContornodeCintura 6510	CosturaExtIzda 9036
Altura7CV 0030	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongitudExtzq 9040
AlturaCintura 0080mk	ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtDer 9041
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContornoCaderasNalgas 7520	PeríMusloIzq 9515
Alturanalgas 0090	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	PeríMusloIzq 9516
AlturaCadera 0090mk	ContornodeCaderaInferior 7530	ContRodillaIzq 9520
AlturaEntrepiera 0100	ContornoVientre 7540	ContRodillaIzq 9521
AlturaRodilla 0110	ContornoMáxVientre 7545	PerPantorrillaIzq 9540
AlturadelVientre 0150	LongitudInt 9010	PerPantorrillaDer 9541
AlturaMaxContVientre 0155	LongitudIntDer 9011	PerTobilloIzq 9550
LongitudtotaldelTiro 6010	CosturaInternaIzda 9020	PerTobilloDer 9551
TiroDelantero 6011	CosturaInternaDer 9021	Peso 9800
TiroTrasero 6012	CosturaExtIzda 9035	

### Ajuste de la PERNERA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste de la pernera son:

- Los contornos de cadera y nalgas, así como el Peso\_9800 muestran una relación significativa con la valoración del ajuste (Pernera\_Le\_sienta) y con la talla. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCaderaAlta\_7510* (Tabla 180, Figura 150 y Figura 151). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

Tabla 180. Resultados del MLG de la variable *ContornodeCaderaAlta\_7510*. Predicción del ajuste de la longitud de la pernera.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1366,264 <sup>a</sup>	124,206	,000	1,000
Intersección	471102,695	471102,695	,000	1,000
Pernera_Le_Sienta_3	237,702	118,851	,004	,872
Talla_Valorar	653,315	217,772	,000	,999
Pernera_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	10,588	1,765	,997	,071
Error	1923,135	19,826		
Total	800038,250			
Total corregida	3289,399			

a. R cuadrado = ,415 (R cuadrado corregida = ,349)

b. Calculado con alfa = ,05

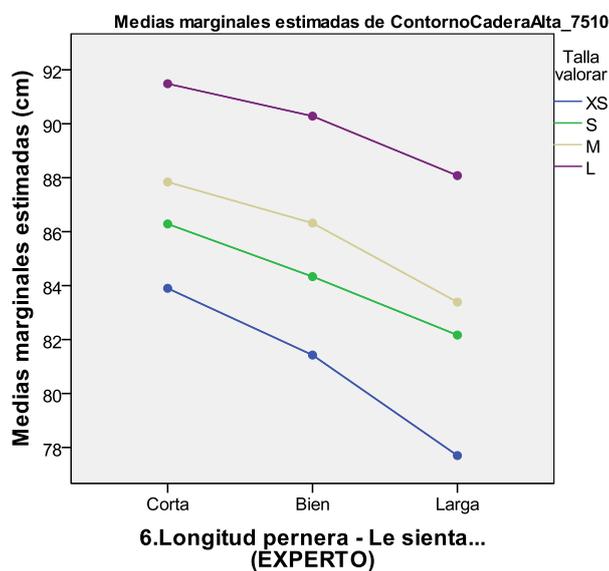


Figura 150. Medias marginales del ContornodeCaderaAlta\_7510\*Talla\_Valorar.

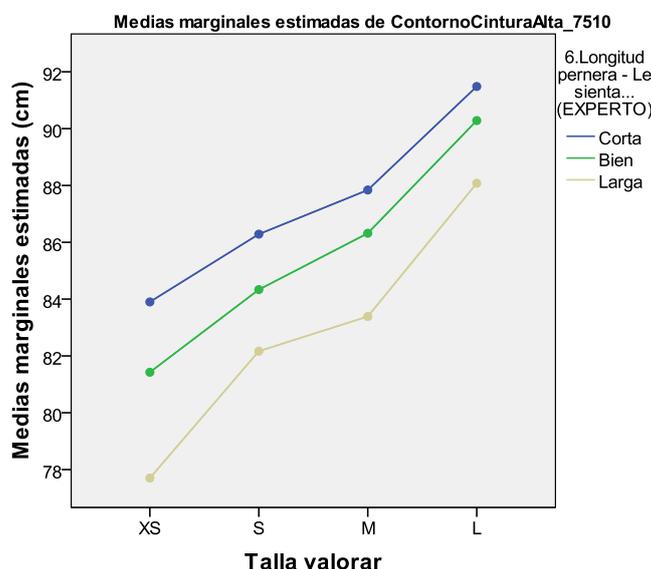


Figura 151. Medias marginales del ContoCaderaAlta\_7510\*Longitud pernera Le sienta...

- La estatura, todas las alturas de cintura y cadera, y todas las longitudes y costuras internas y externas, muestran una influencia significativa únicamente en la valoración del ajuste (Pernera\_Le sienta). Como la longitud del pantalón es prácticamente la misma para todas las tallas, parece razonable que las medidas relacionadas con la estatura y longitud de piernas no tengan relación con la talla.
- Los contornos de mulso, rodilla y pantorrilla muestran una influencia significativa únicamente en la talla.

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pantorrilla incluye 32 variables (Tabla 181).

Tabla 181. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste de la PERNERA del Pantalón Recto.

Estatura 0010	ContornoCaderaAlta 7510	CosturaExtIzda 9036
Altura7CV 0030	ContornoCaderasNalgas 7520	LongitudExtIzq 9040
AlturaCintura 0080 mk	ContornoCaderaenTrocanter 7525	LongitudExtDer 9041
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContornodeCaderaInferior 7530	PerMusloIzq 9515
Alturadenalgas 0090	ContornodelVientre 7540	PerMusloIzq 9516
AlturaCadera 0090mk	ContronoMáxVientre 7545	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaEntrepierna 0100	LongitudIntIzda 9010	ContornoRodillaIzq 9521
AlturaRodilla 0110	LongitudIntDer 9011	PerPantorrillaIzq 9540
AlturaTobillo 0120	CosturaIntIzda 9020	PerPantorrillaDer 9541
AlturadelVientre 0150	CosturaInteDer 9021	Peso 9800
AlturaMaxContVientre 0155	CosturaExtIzda 9035	

### Ajuste del TIRO TRASERO

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de varianza de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste del tiro trasero son:

- Los contornos de cadera, nalgas, muslo, rodilla, pantorrilla y tobillo, así como el Peso\_9800 muestran una relación significativa ( $p \leq 0,05$ ) con la valoración del ajuste (Tiro trasero Le\_sienta) y con la talla. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCaderaNalgas\_7520* (Tabla 182, Figura 152 y Figura 153). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

Tabla 182. Resultados del MLG de la variable *ContornodeCaderaNalgas\_7520*. Predicción del ajuste del tiro trasero del Pantalón Recto.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1845,659 <sup>a</sup>	167,787	,000	1,000
Intersección	660947,818	660947,818	,000	1,000
Tiro Tras Le Sienta 3	543,859	271,929	,000	1,000
Talla Valorar	1231,540	410,513	,000	1,000
Tiro Tras Le Sienta 3 * Talla Valorar	60,791	10,132	,402	,395
Error	941,496	9,706		
Total	1082173,120			
Total corregida	2787,154			

a. R cuadrado = ,662 (R cuadrado corregida = ,624)

b. Calculado con alfa = ,05

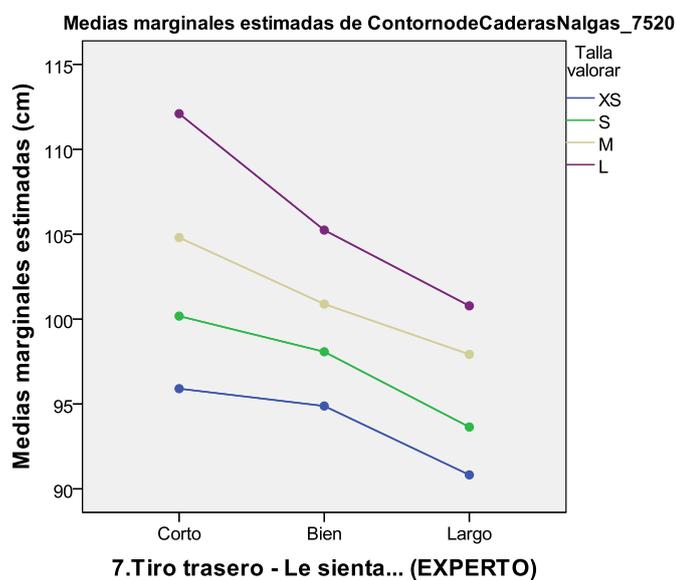


Figura 152. Medias marginales del *ContornodeCaderaNalgas\_7520*\*Talla\_Valarar.

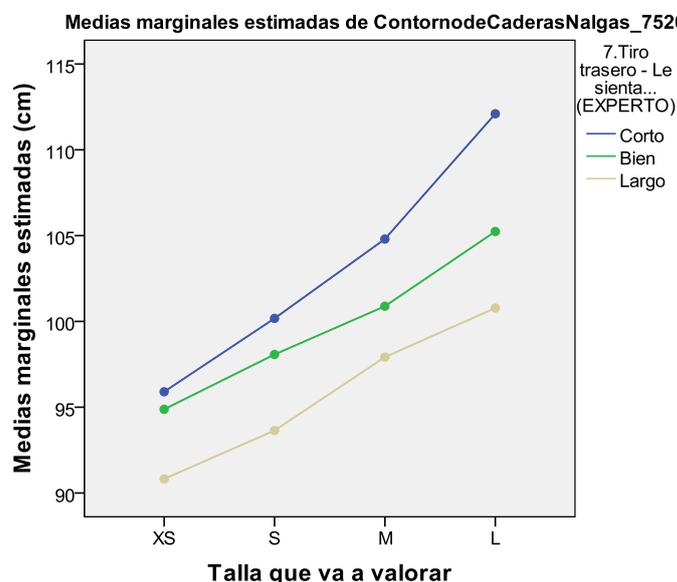


Figura 153. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Tiro Trasero Le sienta...

- La Longitud Total del Tiro\_6010, el Tiro Delantero\_6011 y el Tiro Trasero\_6012, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni. Lo mismo ocurre con la Longitud Externa Pierna TobilloIzq\_9040 y la Longitud Externa Pierna TobilloDer\_9041.
- El resto de variables no influyen en la valoración del ajuste del tiro trasero (Tiro Trasero\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ) y por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el tiro trasero incluye 20 variables (Tabla 183).

Tabla 183. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO TRASERO del Pantalón Recto.

LongtotaldelTiro 6010	ContornoVentre 7540	ContRodillaIzq 9521
TiroDelantero 6011	ContronomáxVentre 7545	PeroPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	LongitudExtIzq 9040	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtDer 9041	PerímetroTobillosIzq 9550
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515	PerímetroTobillosDer 9551
ContCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9516	Peso 9800
ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9520	

### A 3.3 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas del PANTALÓN ESTRECHO.

Los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla del pantalón estrecho muestran de nuevo, solapamientos importantes en la relación de la medida antropométrica principal con la talla seleccionada. En este caso, hasta tres usuarias con la misma medida antropométrica principal están clasificadas en tallas diferentes. El *ContornodeCaderasNalgas\_7520* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 154 se muestra ilustra este solapamiento mediante la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla seleccionada por la experta. En este pantalón se han diseñado 5 tallas, por lo que existen más opciones de ajuste que en el pantalón recto. Las tallas centrales S, M y L son las que más solapamiento muestran, siendo las tallas M y L muy parecidas en términos de ajuste según muestra la medida del contorno de cadera en las nalgas.

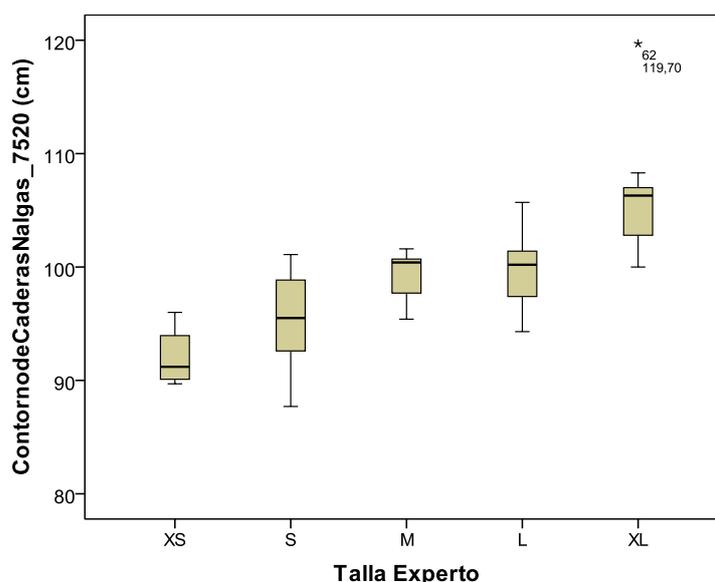


Figura 154. PANTALÓN ESTRECHO: Diagrama caja-bigotes del ContornoCaderasNalgas\_7520 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.

Las medidas antropométricas seleccionadas mediante criterio de experto para realizar el estudio exploratorio por zonas de ajuste en el pantalón son 45, al igual que en el pantalón recto (Tabla 169).

#### Ajuste de la CINTURA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en la cintura son:

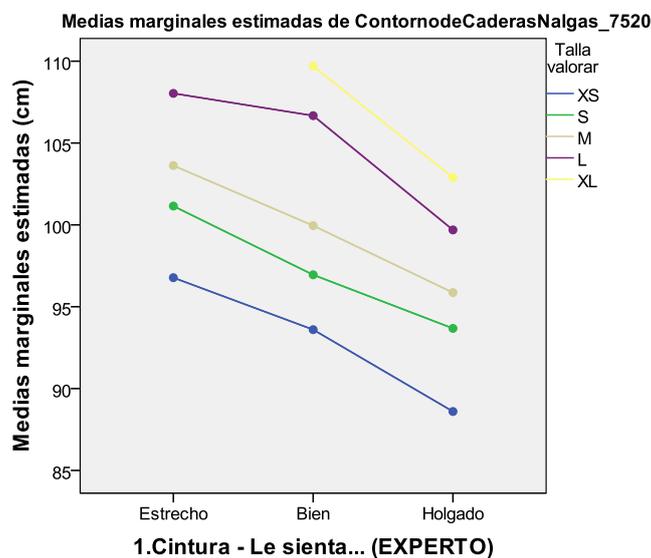
- Todos los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, rodilla y pantorrilla, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCaderaNalgas\_7520* (Tabla 184, Figura 155 y Figura 156). Los contrastes de Levene no han sido significativos.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ) y, por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 184. Resultados del MLG del ContornodeCaderaNalgas\_7520. Predicción del ajuste en la cintura del Pantalón Estrecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	2420,391 <sup>a</sup>	186,184	,000	1,000
Intersección	617298,894	617298,894	,000	1,000
Cintura_Le_Sienta_3	767,957	383,978	,000	1,000
Talla_Valorar	1630,063	407,516	,000	1,000
Cintura_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	44,093	6,299	,881	,183
Error	1549,003	14,613		
Total	1191581,530			
Total corregida	3969,393			

a. R cuadrado = ,610 (R cuadrado corregida = ,562)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 155. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Talla\_Valorar.**

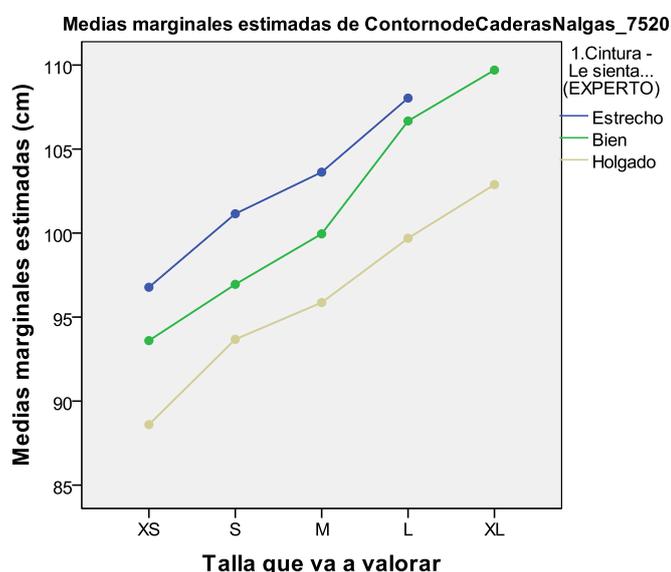


Figura 156. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Cintura Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cintura incluye 15 medidas (Tabla 185).

Tabla 185. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA del Pantalón Estrecho.

ContFrontalCintura 2030	ContornodeCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCinturaAlta 6515	ContornoVentre 7540	ContornoRodillaDzq 9521
ContornoCaderAlta 7510	ContornoMáxVentre 7545	PePantorrillaIzq 9540
ContornoNalgas 7520	PerímetroMusloIzq 9515	PeríPantorrillaDer 9541
ContCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloDer 9516	Peso 9800

### Ajuste de la CADERA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en la cadera son:

- Todos los contornos de cintura, cadera, vientre, muslo, rodilla y pantorrilla, así como el Peso\_9800, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste de la cadera (Cadera\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCaderaNalgas\_7520* (Tabla 186, Figura 157 y Figura 158). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

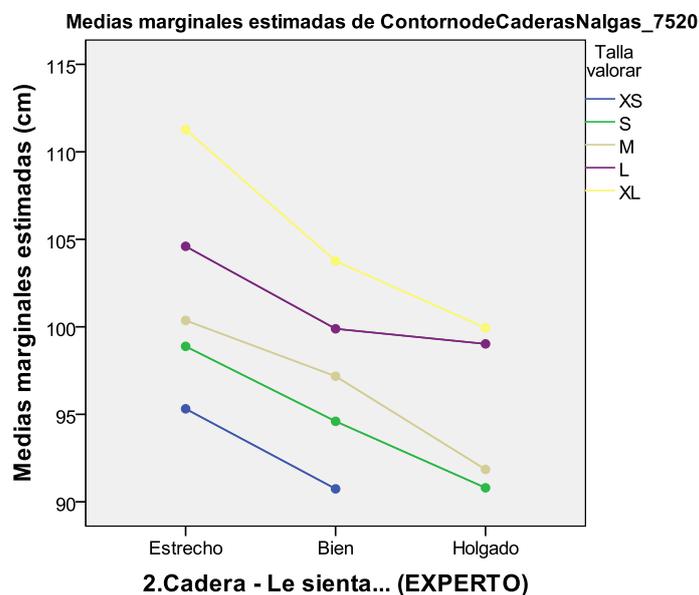
- La LongitudTotaldelTiro\_6010 y el TiroTrasero\_6012 muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste en la cadera y/o en la talla, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la cadera (Cadera\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 186. Resultados del MLG de la variable ContornodeCaderaNalgas\_7520. Predicción del ajuste de la cadera del Pantalón Estrecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	2389,078 <sup>a</sup>	183,775	,000	1,000
Intersección	712542,722	712542,722	,000	1,000
Cadera_Le_Sienta_3	831,366	415,683	,000	1,000
Talla_Valorar	1808,219	452,055	,000	1,000
Cadera_Le_Sienta_3 * Talla_Valorar	70,890	10,127	,689	,280
Error	1580,315	14,909		
Total	1191581,530			
Total corregida	3969,393			

a. R cuadrado = ,602 (R cuadrado corregida = ,553)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 157. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Talla\_Valorar.**

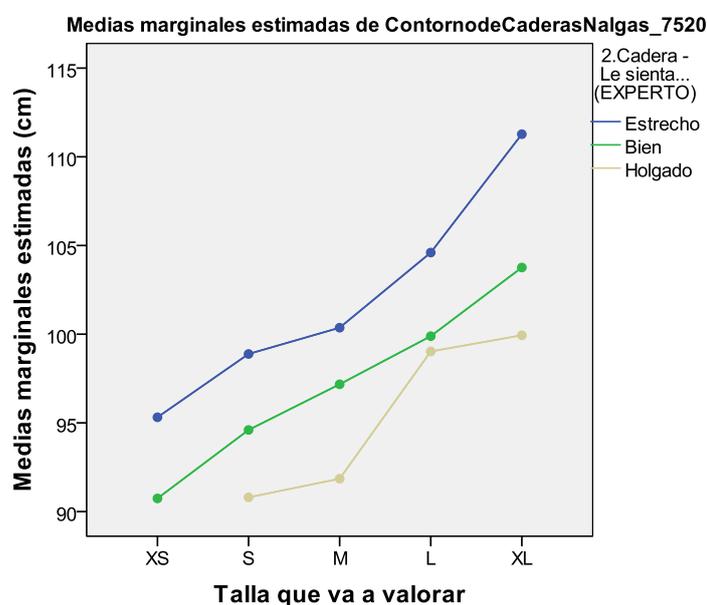


Figura 158. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Cadera Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cadera incluye 17 medidas antropométricas (Tabla 187).

Tabla 187. Variables antropométricas para el cálculo del modelo de predicción de ajuste en la CADERA del Pantalón Estrecho.

LongtotaldelTiro 6010	ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
TiroTrasero 6012	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaDer 9521
ContornoCintura 6510	ContornoVientre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
ContornoCinturaAlta 6515	ContronomÁxVientre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516	

### Ajuste del MUSLO

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de varianza de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en el muslo son:

- Todos los contornos de cadera, vientre, muslo y rodilla, así como el peso, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste del muslo (Muslo\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de acuerdo con los resultados de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas

para la medida *PerímetroMusloDer\_9516* (Tabla 188, Figura 159 y Figura 160). Los contrastes de Levene no han sido significativos.

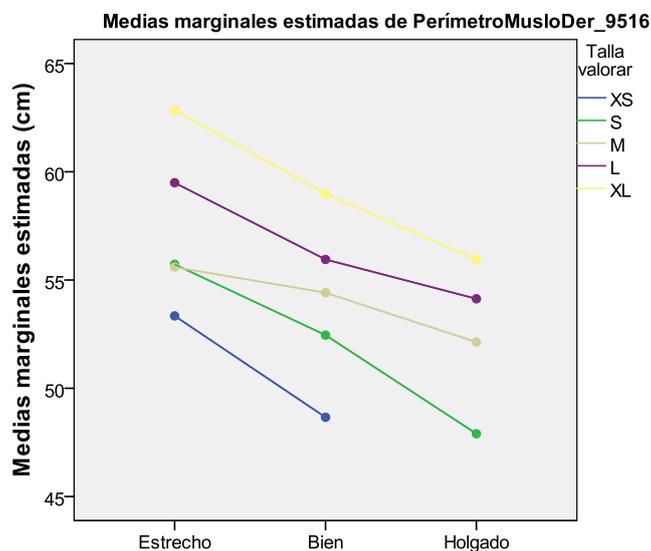
- Los contornos de cintura, pantorrilla, la Longitud Externa Pierna TobilloIzq\_9040 y la Longitud Externa Pierna TobilloDer\_9041, muestran una influencia significativa, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del muslo (*Muslo\_Le\_sienta*) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 188. Modelo ANOVA de la variable *PerímetroMusloDer\_9516*. Predicción del ajuste del muslo del Pantalón Estrecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1251,320 <sup>a</sup>	96,255	,000	1,000
Intersección	233024,729	233024,729	,000	1,000
Muslo_Le_Sienta_3	489,833	244,917	,000	1,000
Talla Valorar	898,430	224,607	,000	1,000
Muslo_Le_Sienta_3 * Talla Valorar	55,656	7,951	,221	,563
Error	610,116	5,756		
Total	373414,230			
Total corregida	1861,436			

a. R cuadrado = ,672 (R cuadrado corregida = ,632)

b. Calculado con alfa = ,05



**3.Anchura muslo - Le sienta... (EXPERTO)**

**Figura 159. Medias marginales del *PerímetroMusloDer\_9516*\**Talla\_Valorar*.**

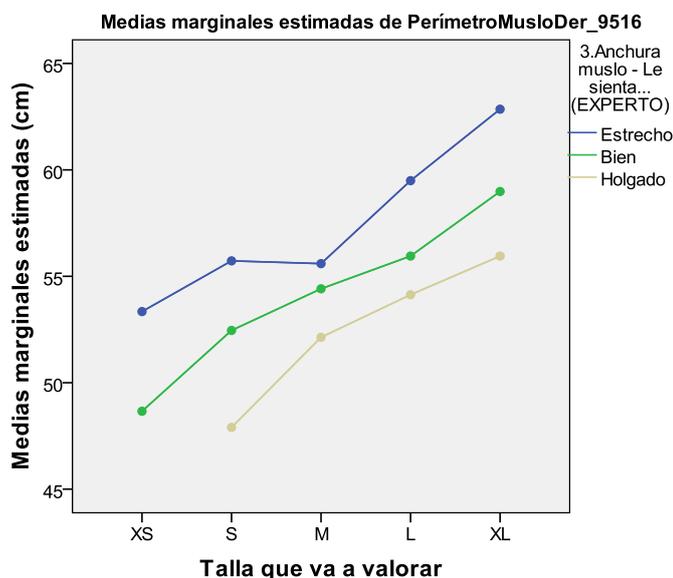


Figura 160. Medias marginales del PerímetroMusloDer\_9516\*Muslo Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el muslo incluye 17 variables (Tabla 189).

Tabla 189. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el MUSLO del Pantalón Estrecho.

ContornoCintura 6510	ContornodelVientre 7540	ContornoRodillaIzq 9520
ContornoCinturaAlta 6515	ContornoMáxVientre 7545	ContornoRodillaIzq 9521
ContornoCaderaAlta 7510	LongitudExtIzq 9040	PerPantorrillaIzq 9540
ContornoNalgas 7520	LongitudExtDer 9041	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaenTrocanter 7525	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderaInferior 7530	PerímetroMusloDer 9516	ContornoRodillaIzq 9520

### Ajuste de la PANTORRILLA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en la pantorrilla son:

- Todos los contornos de cadera, muslo, rodilla y pantorrilla, así como el peso, influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste de la pantorrilla (Pantorrilla\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada en prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida

*Peso\_9800* (Tabla 190, Figura 161 y Figura 162), Los contrastes de Levene no han sido significativos.

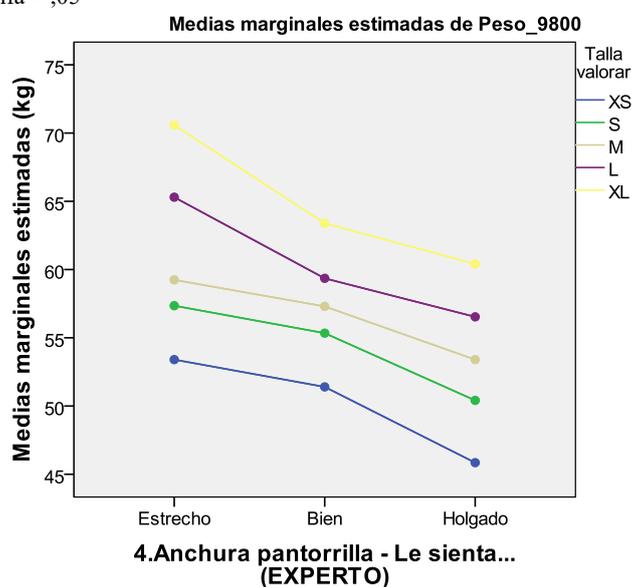
- Los contornos de cintura y vientre, la estatura y todas las alturas, el TiroDelantero\_6012, la Longitud Externa Pierna TobilloIzq\_9040 y la Longitud Externa Pierna TobilloDer\_9041, muestran una influencia significativa, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la pantorrilla (Pantorrilla\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 190. Resultados del MLG de la variable *Peso\_9800*. Predicción del ajuste de la pantorrilla del Pantalón Estrecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	3157,221 <sup>a</sup>	225,516	,000	1,000
Intersección	222616,131	222616,131	,000	1,000
Pantorrilla_Le_Sienta_3	861,988	430,994	,000	1,000
Talla Valorar	1765,614	441,404	,000	1,000
Pantorrilla_Le_Sienta_3 * Talla Valorar	111,371	13,921	,621	,345
Error	1872,552	17,834		
Total	421829,880			
Total corregida	5029,773			

a. R cuadrado = ,628 (R cuadrado corregida = ,578)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 161. Medias marginales del *Peso\_9800*\*Talla\_Valorar.**

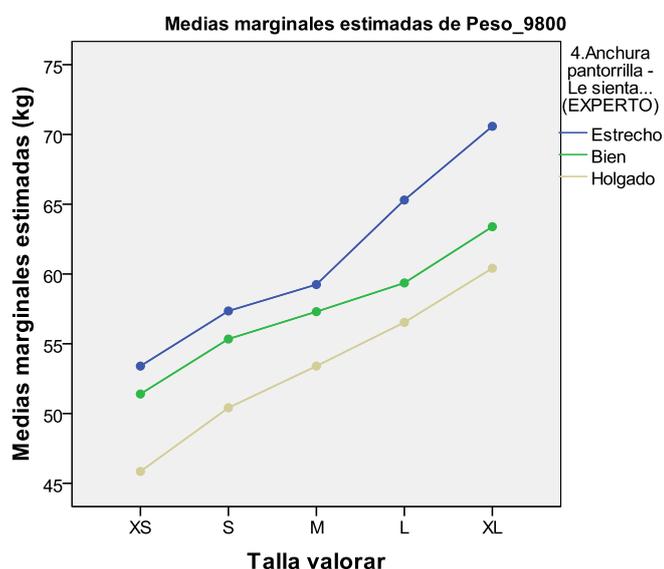


Figura 162. Medias marginales del Peso\_9800\*Pantorrilla Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pantorrilla incluye 24 variables (Tabla 191).

Tabla 191. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la PANTORRILLA el Pantalón Estrecho.

Estatura 0010	TiroTrasero 6012	LongitudExtDer 9041
Altura7CV 0030	ContornoCaderAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
AlturaCintura 0080 mk	ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
Alturadelnalgas 0090	ContornoCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
Alturadelacadera 0090mk	ContornoVentre 7540	PerímetroPantorrillaIzq 9540
AlturadelVentre 0150	ContornoMáxVentre 7545	PerímetroPantorrillaDer 9541
AlturaMaxContVentre 0155	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800

### Ajuste del TIRO DELANTERO

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste del tiro delantero son:

- En general, no se han encontrado relaciones significativas y consistentes entre las medidas antropométricas y la valoración del ajuste en el tiro delantero. Únicamente los contornos de cadera y muslo influyen de forma significativa en la valoración del ajuste del tiro delantero (Tiro Delantero\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, prácticamente en todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las

gráficas para la medida *ContornoCaderaNalgas\_7520* (Tabla 192, Figura 163 y Figura 164) con el contraste de Levene no significativo.

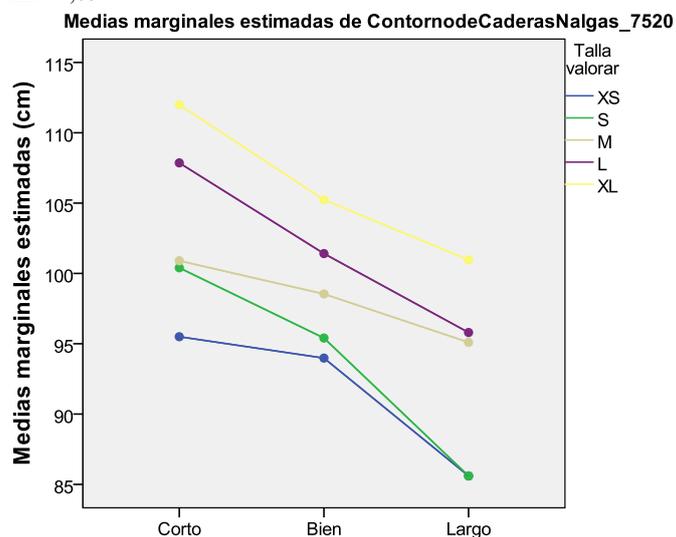
- Las alturas de cadera, *Altura de la Entrepierna\_0100*, las tres medidas del tiro, los contornos de cintura, rodilla y pantorrilla, las dos Longitudes Externas *Pierna Tobillo* y el *Peso\_9800*, muestran una influencia significativa en la talla y/o en la valoración del ajuste del tiro delantero, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del tiro delantero (*Tiro Delantero\_Le\_sienta*) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 192. Resultados del MLG de la variable *ContornoCaderaNalgas\_7520*. Predicción del ajuste del tiro delantero del Pantalón Estrecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	2133,148 <sup>a</sup>	152,368	,000	1,000
Intersección	292015,525	292015,525	,000	1,000
Tiro delantero_Le_sienta_3	418,384	209,192	,000	,994
Talla Valorar	809,443	202,361	,000	1,000
Tiro delantero_Le_sienta_3 * Talla_valorar	71,317	8,915	,847	,226
Error	1836,246	17,488		
Total	1191581,530			
Total corregida	3969,393			

a. R cuadrado = ,537 (R cuadrado corregida = ,476)

b. Calculado con alfa = ,05



**5.Tiro delantero - Le sienta... (EXPERTO)**

**Figura 163. Medias marginales del ContornoCaderaNalgas\_7520 \*Talla\_valorar.**

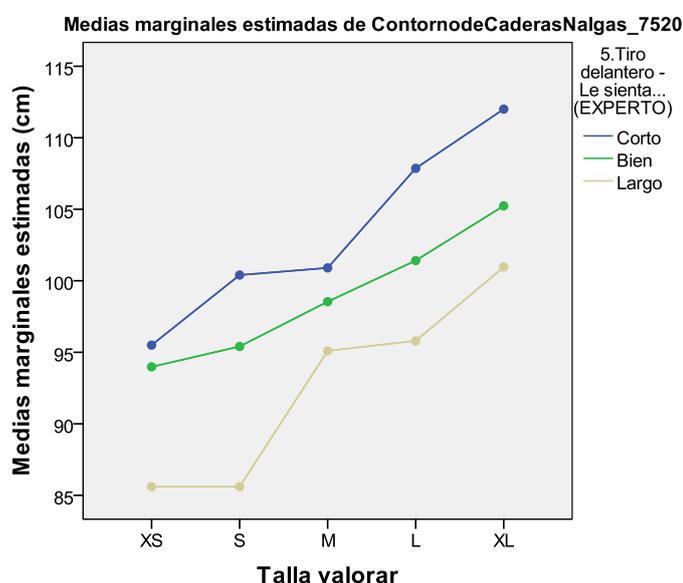


Figura 164. Medias marginales del ContornoCaderaNalgas\_7520 \*Tiro Delantero Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado de variables antropométricas seleccionado para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del tiro delantero incluye 23 medidas (Tabla 193).

Tabla 193. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO DELANTERO del Pantalón Estrecho.

Alturadenalgas 0090	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
AlturaCadera 0090mk	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaEntrepierna 0100	ContornodeCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
LongtotaldelTiro 6010	ContornodeCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
TiroDelantero 6011	ContornodeIVentre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
TiroTrasero 6012	ContronomáxVentre 7545	PerPantorrillaDer 9541
ContornoCintura 6510	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800
ContornoCinturaAlta 6515	LongitudExtDer 9041	

### Ajuste de la PERNERA

Los resultados más relevantes obtenidos son:

- No se han encontrado relaciones significativas y consistentes entre las medidas antropométricas y la valoración del ajuste en la pernera.
- La estatura, todas las alturas de cintura, cadera, rodilla y todas las longitudes y costuras externas, muestran una influencia significativa únicamente en la valoración del ajuste (Pernera\_Le\_sienta). Como la longitud de los pantalones

es prácticamente la misma para todas las tallas, parece razonable que las medidas relacionadas con la estatura y longitud de piernas no tengan relación con la talla.

- Los contornos de cadera, vientre, muslo, rodilla, pantorrilla, tobillo, así como el peso, muestran una influencia significativa únicamente en talla, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.

En base a estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pernera incluye 29 variables (Tabla 194).

**Tabla 194. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste de la PERNERA del Pantalón Estrecho.**

Estatura 0010	ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515
Altura7CV 0030	ContornodeNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516
AlturaCintura 0080mk	ContCaderaTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520
AlturaCinturaAlta 0085mk	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
Alturadenalgas 0090	ContornoVientre 7540	PerPantorrillaIzq 9540
AlturaCadera 0090mk	ContornoMáxVientre 7545	PerPantorrillaDer 9541
AlturaEntrepierna 0100	CosturaExtIzda 9035	PerTobilloIzq 9550
AlturaRodilla 0110	CosturaExternaPiernaIzda 9036	PerTobilloDer 9551
AlturadelVientre 0150	LongitudExtIzq 9040	Peso 9800
AlturaMaxContVientre 0155	LongitudExtDer 9041	

### **Ajuste del TIRO TRASERO**

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste del tiro trasero son:

- Los contornos de cadera, muslo y rodilla, así como el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste del tiro delantero (Tiro Trasero\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, prácticamente en todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *PerímetroMusloDer\_9516* (Tabla 195, Figura 165 y Figura 166). Los contrastes de Levene no han sido significativos.
- El TiroTrasero\_6012 muestra una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) únicamente en la valoración del ajuste (Tiro Trasero\_Le\_sienta).
- Los contornos de cintura, cadera alta, vientre y pantorrilla, muestra una influencia significativa únicamente en la variable Talla Valorar.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del tiro trasero (Tiro Trasero\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ) y por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

Tabla 195. Resultados del MLG de la variable PerímetroMusloDer\_9516. Predicción del ajuste del tiro trasero en el Pantalón Estrecho.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	1045,570 <sup>a</sup>	87,131	,000	1,000
Intersección	120576,998	120576,998	,000	1,000
Tiro Tras Le Sienta 3	349,827	174,914	,000	1,000
Talla Valorar	496,657	124,164	,000	1,000
Tiro Tras Le Sienta 3 * Talla Valorar	23,679	3,947	,794	,201
Error	815,866	7,625		
Total	373414,230			
Total corregida	1861,436			

a. R cuadrado = ,562 (R cuadrado corregida = ,513)

b. Calculado con alfa = ,05

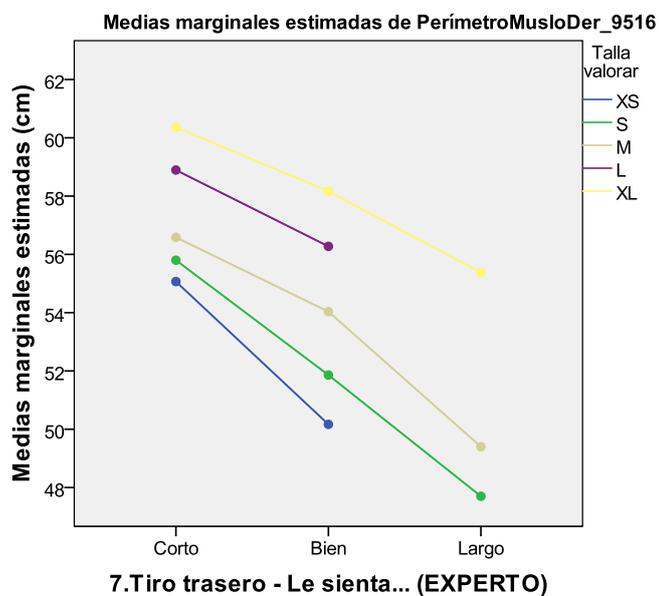


Figura 165. Medias marginales del PerímetroMusloDer\_9516\*Talla\_Valarar.

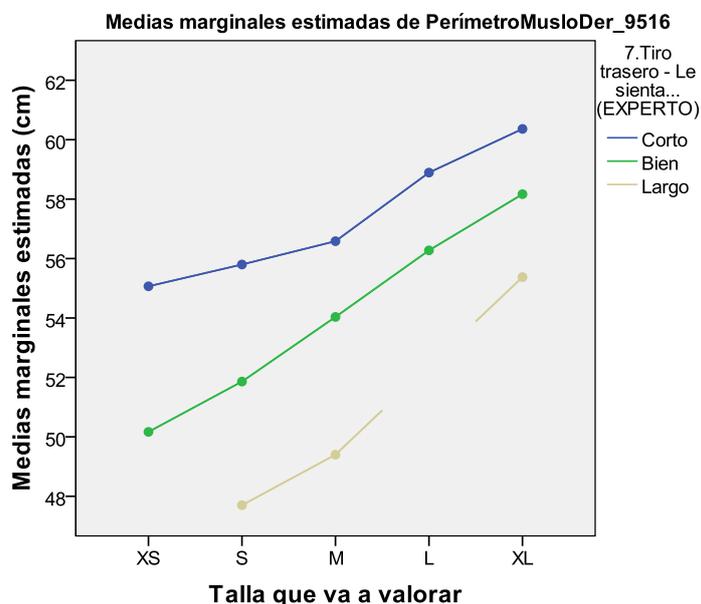


Figura 166. Medias marginales del ContornodeNalgas\_7520 \*Tiro Trasero Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la pernera incluye 16 variables (Tabla 196).

Tabla 196. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del TIRO TRASERO del Pantalón Estrecho.

TiroTrasero 6012	ContCaderaInferior 7530	ContornoRodillaIzq 9521
ContornodeCintura 6510	ContornodeVientre 7540	PerímetroPantorrillaIzq 9540
ContornodelaCinturaAlta 6515	ContronoMáxVientre 7545	PerímetroPantorrillaDer 9541
ContornoCaderaAlta 7510	PerímetroMusloIzq 9515	Peso 9800
ContornoCaderasNalgas 7520	PerímetroMusloDer 9516	
ContCaderaenTrocanter 7525	ContornoRodillaIzq 9520	

### A 3.4 Selección de las medidas antropométricas para los modelos de predicción de ajuste por zonas de la CHAQUETA.

En el caso de la chaqueta, los datos del estudio de valoración del ajuste y selección de talla muestran solapamientos importantes en las medidas antropométricas principales de las usuarias con diferentes tallas seleccionadas por la experta. El *Contorno horizontal de Pecho\_4510* es la medida principal utilizada en patronaje para determinar la talla. En la Figura 167 se muestra este solapamiento ilustrando la variación de esta medida corporal en las usuarias de cada talla. Para un mismo valor de esta medida, hay usuarias clasificadas en las cuatro tallas diferentes. Por lo tanto, un sistema de clasificación basado únicamente en intervalos de esta medida, no podría funcionar. Gráficas similares

se han obtenido con otras medidas principales como el *Contorno de Busto\_4515* o el *Contorno de Tórax bajo Pecho\_4520*. En el caso de la chaqueta, la media que mejor representa la segmentación por tallas en el *Peso\_9800* (Figura 168).

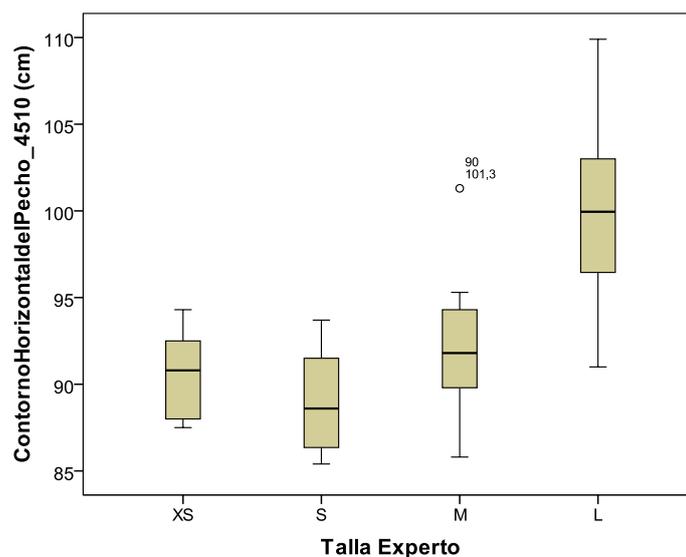


Figura 167. CHAQUETA: Diagrama caja-bigotes del Contorno horizontal de Pecho\_4510 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.

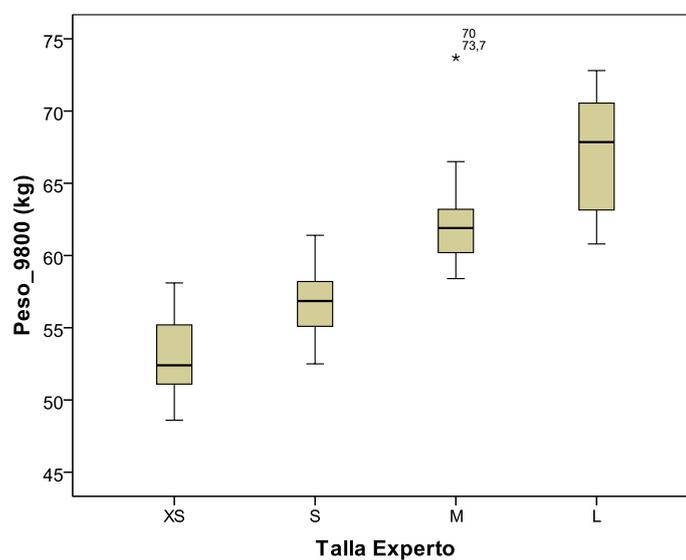


Figura 168. CHAQUETA: Diagrama caja-bigotes del Peso\_9800 de las usuarias para las tallas seleccionadas por la experta.

Mediante criterio de experto, se han seleccionado 75 medidas antropométricas para realizar el estudio exploratorio por zonas de la chaqueta (Tabla 197).

**Tabla 197. Listado antropométricas relacionadas con el ajuste de la chaqueta.**

Estatura_0010	LongitudespaldaCuelloCintura_5040
Altura7CV_0030	LongitudespaldaCuelloCinturaIzq_5050
DistanciaCuelloCadera_0040	LongitudespaldaCuelloCinturaDer_5051
AlturaCintura_0080_mk	LongitudespaldaLineaAxilasCintura_5060
AlturaCinturaAlta_0085_mk	DistanciaCinturaNalgas_5080
Alturadelacadera_0090mk	ContornodeCintura_6510
AlturaEntrepierna_0100	ContornodelaCinturaAlta_6515
AlturadelVentre_0150	LongitudCinturaNalgasIzq_7010
AlturaMaxcontornoVentre_0155	LongitudCinturaNalgasDer_7011
AlturadelaEscápula_0160	DistanciaCinturaCaderaInferiorIzq_7020
AlturaPecho_0170	DistanciaCinturaCaderaInferiorDer_7021
AlturaDelanteraCuello_0180	ContornodeCaderasNalgas_7520
DiámetroCuello_1010	ContornodeCaderaenTrocanter_7525
PerímetroCuelloMedio_1510	ContornodeCaderaInferior_7530
PerímetroBaseCuello_1520	ContornodelVentre_7540
DistanciaAxilaCinturaIzq_2010	ContronomáximodelVentre_7545
DistanciaAxilaCinturaDerecha_2020	Arm_length_to_neck_back_left_8010
ContornoFrontalCintura_2030	Arm_length_to_neck_back_right_8011
ContornoDiagonalTorso_2510	LongituddelBrazohastaelCuelloIzdo_8020
AnchuradelHombro7Cv_3010	LongituddelBrazohastaelCuelloDer_8021
AnchuraHombros_3020	LongituddelBrazoAcromionIzq_8030
LongitudHombroDch_3030	LongituddelBrazoAcromionDer_8031
LongitudHombroIzqdo_3031	LongitudBrazoSuperiorIzq_8040
ÁnguloHombroIzquierdo_3910	LongitudBrazoSuperiorDer_8041
ÁnguloHombroDerecho_3911	LongitudAntebrazoIzq_8050
AnchuradelTorso_4010	LongitudAntebrazoDer_8051
ContornoFrontalentreaxilas_4020	ContornodelBrazoSuperiorIzdo_8520
DistanciaentrePechos_4030	ContornodelBrazoSuperiorDer_8521
DistanciaFrontalCuelloCinturaIzq_4040	PerímetroCodoIzdo_8530
DistanciafrontalCuelloCinturacentrado_4050	PerímetroCodoIzdo_8531
LongitudfrontalCuelloCinturacentrado_4060	PerímetrodelAntebrazoIzdo_8540
ContornoalredordelCuelloentrePechos_4070	PerímetrodelAntebrazoDer_8541
DistanciaPechoCuelloizdo_4080	PerímetrodelMuñecaIzq8550
DistanciaPechoCuellocho_4081	PerímetrodelMuñecaDer8551
ContornoHorizontaldelPecho_4510	AnchuradelBrazoSuperiorIzdo_8910

ContornoTóraxbajoPecho_4520	AnchuradelBrazoSuperiorDcho_8911
AnchuradelaEspalda_5020	Peso_9800
DistanciaTraseraCuelloAxilas_5030	

### Ajuste en la zona del PECHO

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en el pecho son:

- Todos los contornos de axilas, pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, codo, la anchura de brazos, la distancia entre pechos, el contorno diagonal del torso, y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste en el pecho (Pecho\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, para prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeHorizontaldelPecho\_4510* (Tabla 198, Figura 169 y Figura 170). Los contrastes de Levene no han sido significativos.
- Los perímetros de cuello, y muñeca, y las distancias pecho-cuello, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), aunque solo en algunas de las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del pecho (Pecho\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 198. Resultados del MLG de la variable ContornodeHorizontaldelPecho\_4510. Predicción del ajuste en el pecho de la Chaqueta.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2409,105 <sup>a</sup>	219,010	,000	1,000
<b>Intersección</b>	508256,976	508256,976	,000	1,000
<b>Pecho Le Sienta 3</b>	1040,619	520,309	,000	1,000
<b>Talla valorar</b>	1279,254	426,418	,000	1,000
<b>Pecho_Le_Sienta_3 * Talla valorar</b>	298,697	49,783	,000	,987
<b>Error</b>	1145,811	10,512		
<b>Total</b>	1023489,650			
<b>Total corregida</b>	3554,916			

a. R cuadrado = ,678 (R cuadrado corregida = ,645)

b. Calculado con alfa = ,05

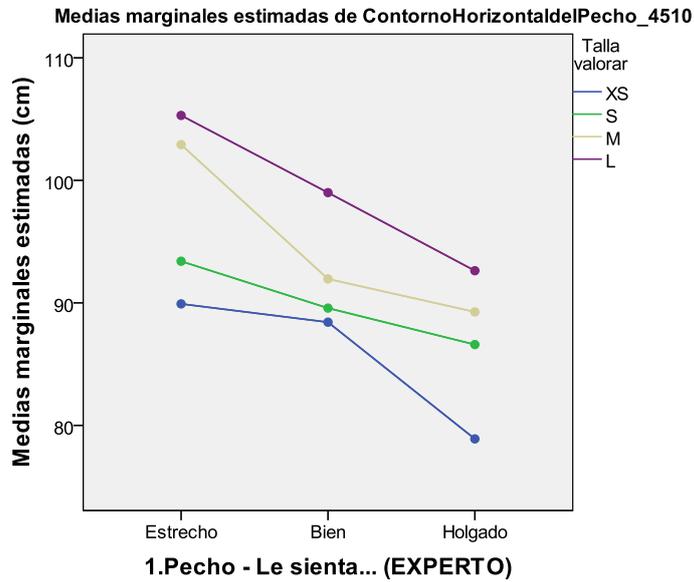


Figura 169. Medias marginales del ContornodeHorizontaldelPecho\_4510\*Talla\_Valorar.

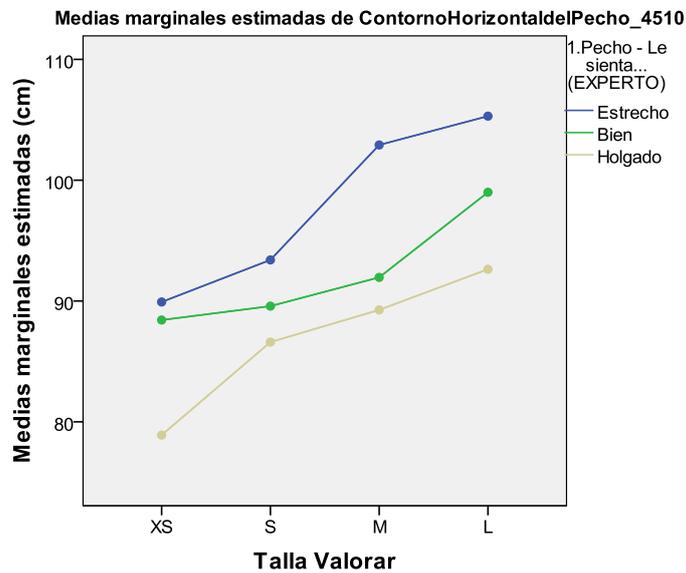


Figura 170. Medias marginales del ContornodeCaderaNalgas\_7520\*Pecho Le sienta...

El listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el pecho es de 29 medidas (Tabla 199).

**Tabla 199. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el PECHO de la Chaqueta.**

PerímetroCuelloMedio 1510	AnchuraEspalda 5020	PerímetroCodoIzdo 8530
PerímetroBaseCuello 1520	ContornodeCintura 6510	PerímetroCodoIzdo 8531
ContFrontalCintura 2030	ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroAntebrazoIzdo 8540
ContDiagonalTorso 2510	ContornodeNalgas 7520	PerímetroAntebrazoDer 8541
ContFrontalentreaxilas 4020	ContCaderaTrocanter 7525	PerímetroMuñecaIzq8550
DistanciaentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	PerímetroMuñecaDer8551
DistPechoCuelloIzdo 4080	ContornodeLVientre 7540	AnchBrazoSupIzdo 8910
DistPechoCuelloDcho 4081	ContronoMáxVientre 7545	AncBrazoSupDcho 8911
ContHorizontalPecho 4510	ContBrazoSuperiorIzdo 8520	Peso 9800
ContÓraxbajoPecho 4520	ContBrazoSuperiorDer 8521	

### Ajuste en la zona de la CINTURA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en la cintura son:

- Todos los contornos de axilas, pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, codo, la anchura de brazos, la distancia entre pechos, el contorno diagonal del torso, y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste en la cintura (Cintura\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, para prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *ContornodeCintura\_6510* (Tabla 200, Figura 171 y Figura 172). Los contrastes de Levene no han sido significativos.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la cintura (Cintura\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 200. Resultados del MLG de la variable ContornodeCintura\_6510. Predicción del ajuste en la cintura de la Chaueta.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
<b>Modelo corregido</b>	2594,254 <sup>a</sup>	235,841	,000	1,000
<b>Intersección</b>	426681,620	426681,620	,000	1,000
<b>Cintura_Le_Sienta_3</b>	1155,618	577,809	,000	1,000
<b>Talla_valorar</b>	1522,669	507,556	,000	1,000
<b>Cintura_Le_Sienta_3 * Talla_valorar</b>	135,433	22,572	,194	,552
<b>Error</b>	1669,014	15,312		
<b>Total</b>	661571,460			
<b>Total corregida</b>	4263,268			

a. R cuadrado = ,609 (R cuadrado corregida = ,569)

b. Calculado con alfa = ,05

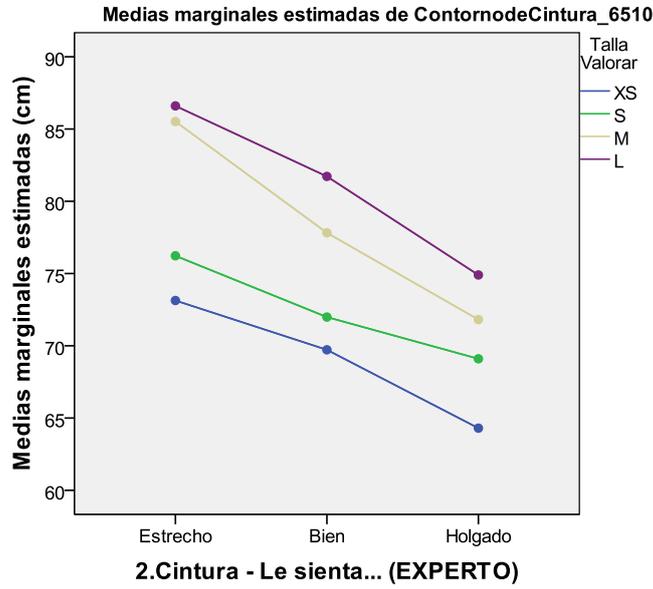


Figura 171. Medias marginales del ContornodeCintura\_6510\*Talla\_Valorar.

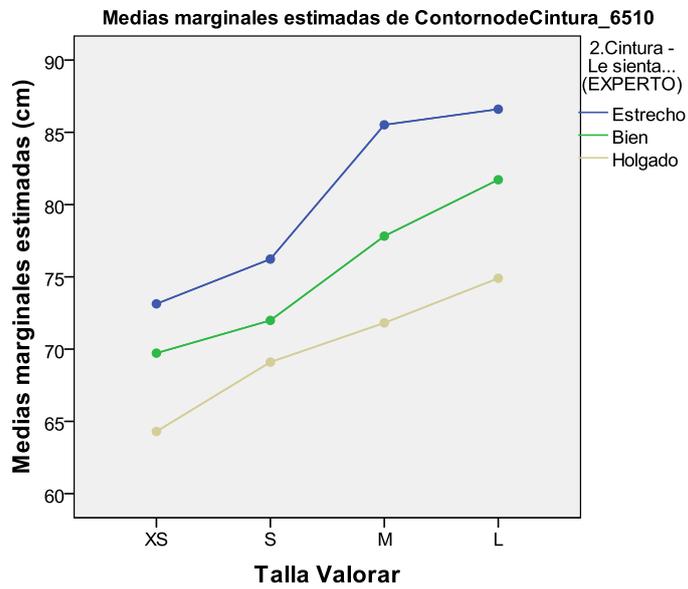


Figura 172. Medias marginales del ContornodeCintura\_6510\*Cintura Le sienta...

El listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en la cintura incluye 25 medidas (Tabla 201).

**Tabla 201. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la CINTURA de la Chaqueta.**

ContFrontalCintura 2030	ContornoNalgas 7520	PerAntebrazoIzdo 8540
ContDiagonalTorso 2510	ContCaderaTrocanter 7525	PerAntebrazoDer 8541
AnchuradelTorso 4010	ContCaderaInferior 7530	PerimetrMuñecaIzq8550
ContFrontalentreaxilas 4020	ContornoVientre 7540	PerímetroMuñecaDer8551
DistentrePechos 4030	ContronoMáxVientre 7545	AnchBrazoSupIzdo 8910
ContHorizontaldelPecho 4510	ContBrazoSupIzdo 8520	AnchBrazoSupDcho 8911
ContTóraxbajoPecho 4520	ContBrazoSupDer 8521	Peso 9800
ContornoCintura 6510	PerímetroCodoIzdo 8530	PerímetroAntebrazoIzdo 8540
ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroCodoIzdo 8531	PerímetroAntebrazoDer 8541

### Ajuste en los HOMBROS

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en los hombros son:

- No se han encontrado relaciones significativas y consistentes entre las medidas antropométricas y la valoración del ajuste en los hombros. Únicamente el peso y el contorno diagonal del torso influyen de forma significativa ( $p \leq 0,05$ ) y consistente en la valoración del ajuste en los hombros (Hombros\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, prácticamente en todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *Peso\_9800* (Tabla 202, Figura 173 y Figura 174). Los contrastes de Levene no han sido significativos.
- Los contornos de pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, codo, muñeca, la estatura, los ángulos de hombros, la distancia entre pechos y anchura de la espalda, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la talla o en la valoración del ajuste en los hombros, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de en los hombros (Hombros\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

Tabla 202. Resultados del MLG de la variable **Peso\_9800**. Predicción del ajuste en los hombros de la Chaqueta.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	2619,179 <sup>a</sup>	261,918	,000	1,000
Intersección	230110,649	230110,649	,000	1,000
Hombros_Le_Sienta_3	863,138	431,569	,000	1,000
Talla_valorar	1949,824	649,941	,000	1,000
Hombros_Le_Sienta_3 * Talla_valorar	114,362	22,872	,424	,344
Error	2526,458	22,968		
Total	428213,100			
Total corregida	5145,637			

a. R cuadrado = ,509 (R cuadrado corregida = ,464)

b. Calculado con alfa = ,05

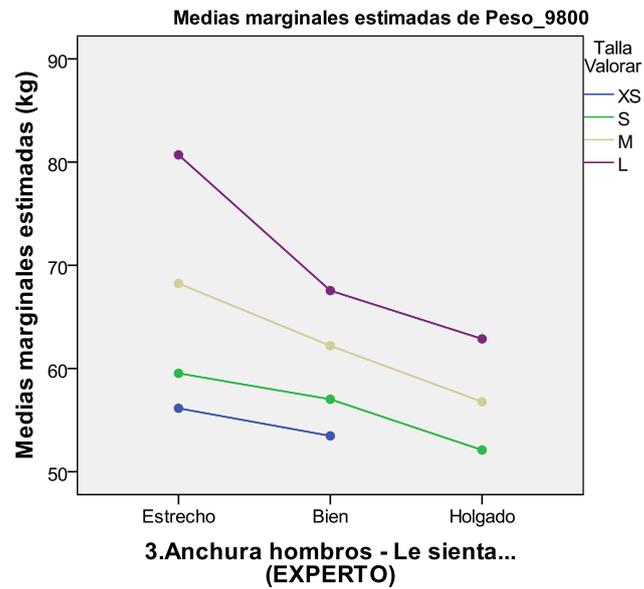


Figura 173. Medias marginales del **Peso\_9800**\*Talla\_Valorar

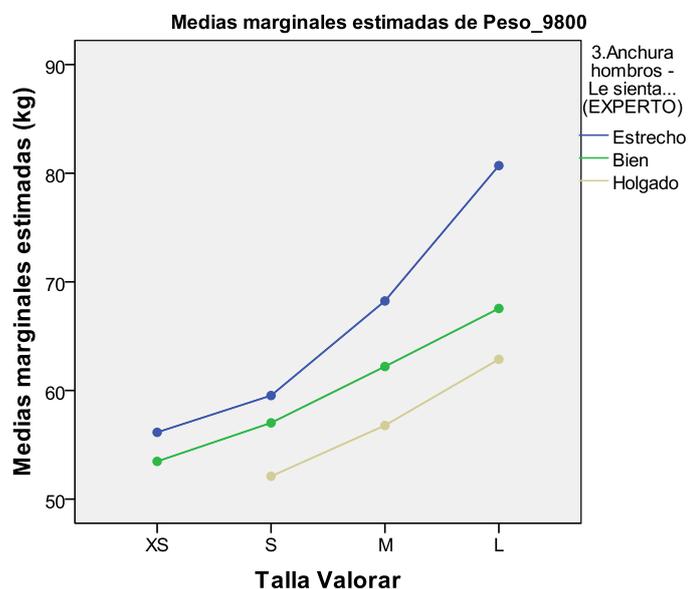


Figura 174. Medias marginales del Peso\_9800\*Hombros Le sienta...

A partir de estos resultados, el listado de variables antropométricas seleccionado para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en los hombros incluye 20 medidas (Tabla 203).

Tabla 203. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en los HOMBROS de la Chaqueta.

Estatura 0010	ContornoCinturaAlta 6515	ContornodelBrazoSupDer 8521
ÁnguloHombroIzq 3910	ContornoNalgas 7520	PerCodoIzdo 8530
ÁnguloHombroDer 3911	ContCaderaTrocanter 7525	PeCodoIzdo 8531
DistentrePechos 4030	ContornoCaderaInferior 7530	PerímetroMuñecaIzq8550
ContHorizontalPecho 4510	ContornodelVientre 7540	PerímetroMuñecaDer8551
AnchuraEspalda 5020	ContronoMáxVientre 7545	Peso 9800
ContornoCintura 6510	ContornoBrazoSupIzdo 8520	

### Ajuste en la ESPALDA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en la espalda son:

- Todos los contornos de axilas, pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, codo, la anchura de brazos, el contorno diagonal del torso y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste en la espalda (Espalda\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, para prácticamente todas las

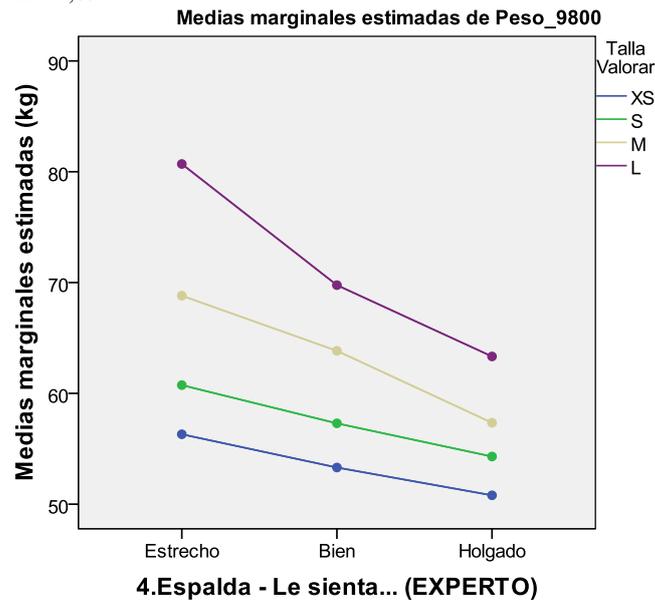
parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida *Peso\_9800* (Tabla 204, Figura 175 y Figura 176). Presenta el modelo con mayor  $R^2$ . El contraste de Levene no es significativo.

**Tabla 204. Resultados del MLG de la variable *Peso\_9800*. Predicción del ajuste en el pecho.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	3037,846 <sup>a</sup>	276,168	,000	1,000
Intersección	173070,921	173070,921	,000	1,000
Espalda <i>Le Sienta_3</i>	656,705	328,353	,000	1,000
Talla valorar	1675,614	558,538	,000	1,000
Espalda <i>Le Sienta_3</i> * Talla valorar	161,499	26,917	,224	,524
Error	2107,791	19,338		
Total	428213,100			
Total corregida	5145,637			

a. R cuadrado = ,590 (R cuadrado corregida = ,549)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 175. Medias marginales del *Peso\_9800*\*Talla\_Valorar.**

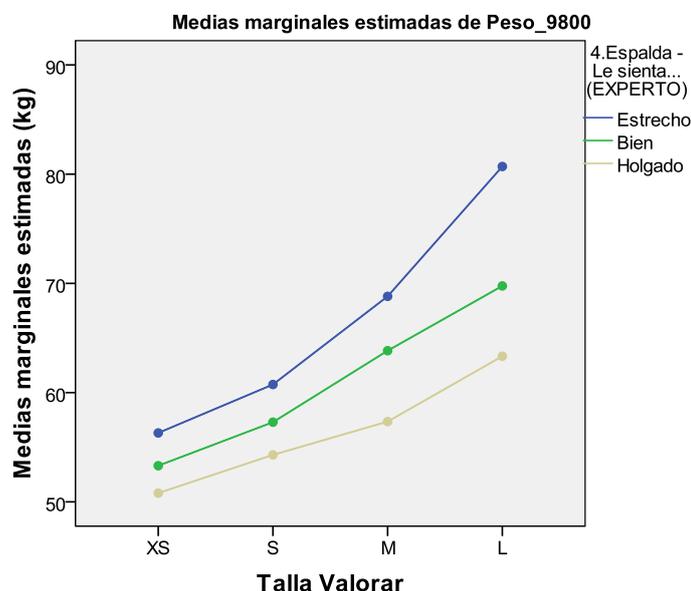


Figura 176. Medias marginales del Peso\_9800\*Espalda Le sienta...

El listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el pecho es de 23 medidas (Tabla 205).

Tabla 205. Listado de medidas utilizadas como variables en el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la ESPALDA de la Chaqueta.

ContDiagonalTorso 2510	AnchuraEspalda 5020	ContBrazoSupIzdo 8520
LongHombroDch 3030	ContornodeCintura 6510	ContBrazoSupDer 8521
LongHombroIzqdo 3031	ContornoCinturaAlta 6515	PerCodoIzdo 8530
ÁnguloHombroIzq 3910	ContornodeCaderasNalgas 7520	PerCodoIzdo 8531
ÁnguloHombroDe 3911	ContCaderaTrocanter 7525	AnchBrazoSupIzdo 8910
DistentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	AnchBrazoSuDcho 8911
ContHorizontalPecho 4510	ContornoVientre 7540	Peso 9800
ContTóraxbajoPecho 4520	ContronoMáxVientre 7545	

### Ajuste en la SISA

Los resultados más relevantes son:

- Todos los contornos de axilas, pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, el contorno diagonal del torso, la distancia entre pechos, la anchura del brazo y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste en la sisa (Sisa\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, para prácticamente todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del MLG y las gráficas para la medida

*DistanciaentrePechos\_4030* (Tabla 206, Figura 177 y Figura 178) con el contraste de Levene no significativo.

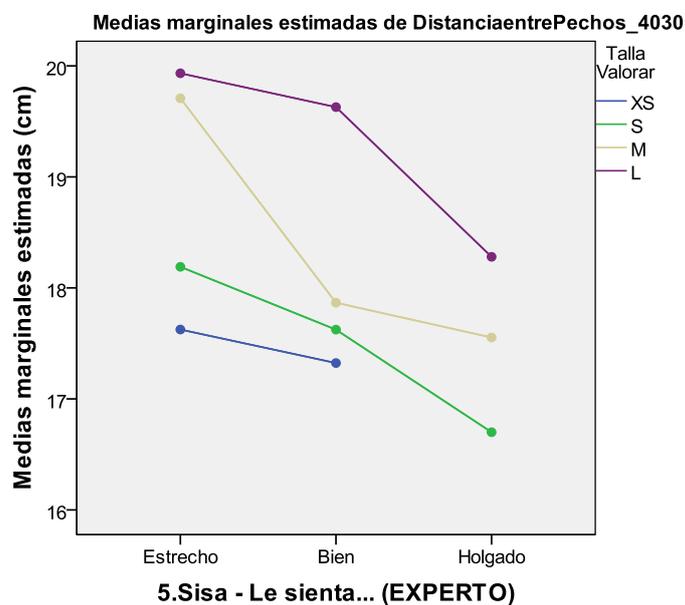
- El perímetro de cuello medio, el contorno frontal de cintura y la anchura del torso, muestran una influencia significativa en la valoración del ajuste y la talla, aunque solo en algunas de las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la sisa (Sisa\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 206. Resultados del MLG de la DistanciaentrePechos\_4030. Predicción del ajuste en la sisa de la Chaqueta.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	83,070 <sup>a</sup>	8,307	,000	1,000
Intersección	23468,583	23468,583	,000	1,000
Sisa_Le_Sienta_3	24,467	12,233	,000	1,000
Talla_valorar	44,127	14,709	,000	1,000
Sisa_Le_Sienta_3 * Talla_valorar	9,415	1,883	,012	,856
Error	67,470	,613		
Total	39671,980			
Total corregida	150,540			

a. R cuadrado = ,552 (R cuadrado corregida = ,511)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 177. Medias marginales de la DistanciaentrePechos\_4030\*Talla\_Valorar.**

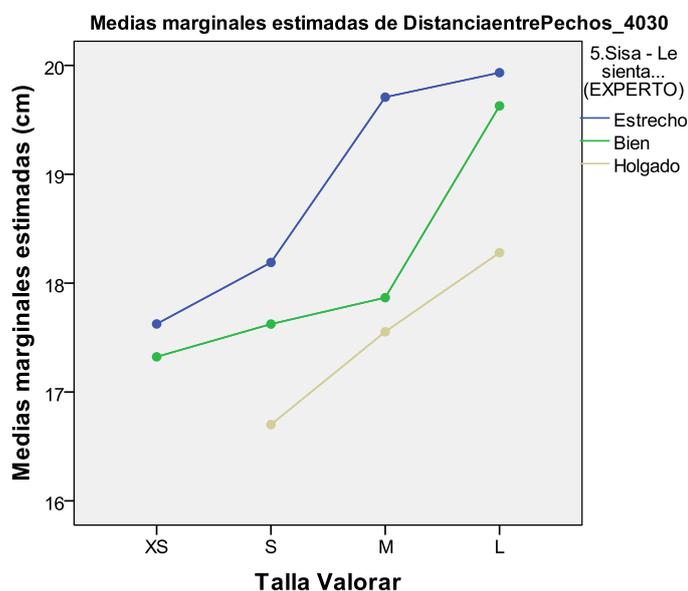


Figura 178. Medias marginales de la DistanciaentrePechos\_4030\*Sisa Le sienta...

El listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste en el pecho es de 19 medidas (Tabla 207):

Tabla 207. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en la SISA de la Chaqueta.

PerímetroCuelloMedio 1510	ContornoCintura 6510	ContBrazoSuperiorIzdo 8520
ConFrontalCintura 2030	ContornoCinturaAlta 6515	ContBrazoSuperiorDer 8521
ContornoDiagonalTorso 2510	ContCaderasNalgas 7520	AnchBrazoSupIzdo 8910
AnchuradelTorso 4010	ContCaderaTrocanter 7525	AnchBrazoSupDcho 8911
DistanciaentrePechos 4030	ContCaderaInferior 7530	Peso 9800
ContHorizontalPecho 4510	ContornoVientre 7540	
ContTóraxbajoPecho 4520	ContrononoMáxVientre 7545	

### Ajuste en el CONTORNO DE MANGA

Los resultados más relevantes son:

- Todos los contornos de axilas, pecho, cintura, cadera, vientre, brazo, codo, antebrazo, la anchura del brazo y el peso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste del contorno del brazo (Sisa\_Le\_sienta) y en la variable talla valorada, en todas las parejas de la comparación por pares de Bonferroni. A modo de ejemplo, se muestra el resultado del modelo ANOVA y las gráficas para la medida *ContornodeBrazoSuperiorDer\_8521* (Tabla 208, Figura 179 y Figura 180) con el contraste de Levene no significativo.

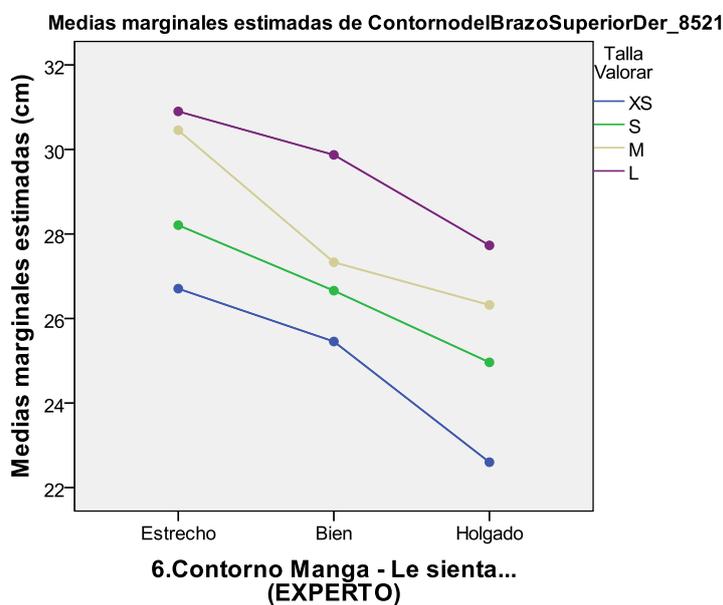
- El contorno diagonal de torso, la anchura del torso, el contorno frontal entre axilas, la distancia entre pechos y los contornos de muñeca, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la valoración del ajuste y la talla, aunque solo en algunas de las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste de la sisa (Sisa\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

**Tabla 208. Resultados del MLG del ContornodeBrazoSuperiorDer\_8521. Predicción del ajuste en el contorno del brazo de la Chaqueta.**

Origen	Suma de cuadrados tipo III	Media cuadrática	Sig.	Potencia observada <sup>b</sup>
Modelo corregido	329,310 <sup>a</sup>	29,937	,000	1,000
Intersección	47463,115	47463,115	,000	1,000
Cont Manga Le Sienta 3	122,710	61,355	,000	1,000
Talla valorar	150,980	50,327	,000	1,000
Cont Manga Le Sienta 3 * Talla valorar	14,711	2,452	,205	,541
Error	185,255	1,700		
Total	90945,990			
Total corregida	514,565			

a. R cuadrado = ,640 (R cuadrado corregida = ,604)

b. Calculado con alfa = ,05



**Figura 179. Medias marginales del ContornodeBrazoSuperiorDer\_8521\*Talla\_Valorar.**

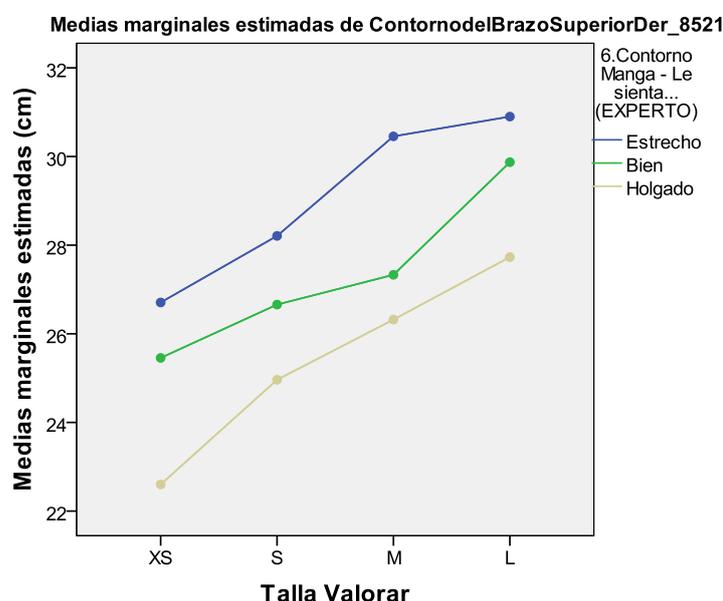


Figura 180. Medias marginales del ContBrazoSuperiorDer\_8521\*ConMangaLe sienta...

El listado final de variables consideradas para la predicción del ajuste del contorno de manga es de 24 medidas (Tabla 209).

Tabla 209. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en el CONTORNO DE MANGA de la Chaqueta.

ContDiagonalTorso 2510	ContornoNalgas 7520	PerímetroCodoIzdo 8531
AnchuraTorso 4010	ContornoCaderaTrocanter 7525	PerAntebrazoIzdo 8540
ContFrontalentreaxilas 4020	ContornodeCaderaInferior 7530	PeAntebrazoDer 8541
DistentrePechos 4030	ContornodelVientre 7540	PerímetroMuñecaIzq8550
ContHorizontaPecho 4510	ContronoMáximodelVientre 7545	PerímetroMuñecaDer8551
ContTóraxbajoPecho 4520	ContBrazoSuperiorIzdo 8520	AnchBrazoSupIzdo 8910
ContornoCintura 6510	ContBrazoSuperiorDer 8521	AnchBrazoSupDcho 8911
ContornoCinturaAlta 6515	PerímetroCodoIzdo 8530	Peso 9800

### Ajuste del LARGO DE LA CHAQUETA

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste en largo de la chaqueta son:

- Los resultados no muestran una influencia significativa y consistente de las medidas antropométricas con la valoración del ajuste en largo de la chaqueta y en la talla.
- La estatura, altura de la 7CV, las alturas de cuello, pecho, cintura y cadera, y el contorno diagonal del torso, muestran una influencia significativa ( $p \leq 0,05$ )

únicamente en la valoración del ajuste en largo de la chaqueta (Largo\_Le\_sienta), y no influyen en la talla.

- Todas las medidas de longitud de brazos, los contornos de cadera, pecho, cintura y vientre, la distancia entre pechos, el contorno alrededor del cuello, las distancias pecho-cuello y el peso, muestran una influencia significativa en la talla o en la valoración del ajuste en largo, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.
- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del largo de chaqueta (Largo\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p > 0,05$ ) y, por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

A partir de estos resultados, el listado de variables antropométricas seleccionado para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en largo de la chaqueta incluye 34 medidas (Tabla 210):

**Tabla 210. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del LARGO DE LA CHAQUETA.**

Estatura 0010	DistanciaentrePechos 4030	LongBrazo7CVDer 8011
Altura7CV 0030	ContCuelloentrePechos 4070	LongBrazoCuelloIzdo 8020
AlturaCintura 0080 mk	DistPechoCuelloizdo 4080	LongBrazoCuelloDer 8021
AlturaCinturaAlta 008mk	DistPechoCuellodcho 4081	LongBrazoAcromIzq 8030
AlturaCadera 0090mk	ConHorizontatPecho 4510	LongBrazoAcromDer 8031
AlturaEntrepiera 0100	ContornodeCintura 6510	LongBrazoSupIzq 8040
AlturadelVentre 0150	ContormodelaCinturaAlta 6515	LongBrazoSupDer 8041
AlturaMaxContVentre 0155	ContCaderasNalgas 7520	LongAntebrazoIzq 8050
AlturaEscápula 0160	ContCaderaenTrocanter 7525	LongAntebrazoDer 8051
AlturaPecho 0170	ContornoVentre 7540	Peso 9800
AlturaDelantCuello 0180	ContronoMáxVentre 7545	
ContDiagonalTorso 2510	LongBrazo7CVIzq 8010	

### **Ajuste del LARGO DE MANGA**

Los resultados más relevantes obtenidos en el análisis de las medidas antropométricas en relación con la valoración del ajuste del largo de manga son:

- Los resultados no muestran una influencia significativa y consistente de las medidas antropométricas con la valoración del ajuste en largo de manga y en la talla.
- La estatura, altura de la 7CV, las alturas de cuello, pecho, cintura y cadera, y el contorno diagonal del torso, muestran una influencia significativa únicamente en la valoración del ajuste en largo de manga (LargoManga\_Le\_sienta), y no influyen en la talla.
- Todas las medidas de longitud de brazos, los contornos de cadera, pecho, cintura y vientre, los contornos de brazo, antebrazo, y codo, la anchura del brazo superior y el peso, muestran una influencia significativa en la talla o en la

valoración del ajuste en largo de manga, aunque no en todas las comparaciones por pares de Bonferroni.

- El resto de variables, no influyen en la valoración del ajuste del largo de la manga (LargoManga\_Le\_sienta) ni en la talla ( $p>0,05$ ), por lo tanto, se han descartado para el cálculo del modelo de predicción.

A partir de estos resultados, el listado de variables antropométricas seleccionado para el cálculo del modelo de predicción del ajuste en largo de la manga incluye 38 medidas (Tabla 211).

**Tabla 211. Listado de variables para el cálculo del modelo de predicción del ajuste del largo de manga.**

Estatura 0010	ContornodelaCinturaAlta 6515	LongBrazoSupDer 8041
Altura7CV 0030	ContoNalgas 7520	LongAntebrazoIzq 8050
AlturaCintura 0080 mk	ContCaderaenTrocanter 7525	LongAntebrazoDer 8051
AlturaCinturaAlta 0085 mk	ContCaderaInferior 7530	ContBrazoSuperiorIzdo 8520
AlturaCadera 0090mk	ContornodelVientre 7540	ContBrazoSuperiorDer 8521
AlturaEntrepiera 0100	ContronomáxVientre 7545	PerímetroCodoIzdo 8530
AlturadelVientre 0150	LongBrazo7CVIzq 8010	PerímetroCodoIzdo 8531
AltMaxContVientre 0155	LongBrazo7CVDer 8011	PerAntebrazoIzdo 8540
AlturaEscápula 0160	LongBrazoCuelloIzdo 8020	PerAntebrazoDer 8541
AlturaPecho 0170	LongBrazoCuelloDer 8021	AnchlBrazoSupIzdo 8910
AlturaDelCuello 0180	LongBrazoAcromIzq 8030	AnchBrazoSupDcho 8911
ContDiagonalTorso 2510	LongiBrazoAcromDer 8031	Peso 9800
ContornodeCintura 6510	LongBrazoSupIzq 8040	

*Desarrollo de modelos estadísticos de predicción del ajuste y talla de prendas de ropa a partir de la percepción y características antropométricas del usuario*

---

# **Publicaciones relacionadas con la tesis**

## **Contribuciones a Congresos**

---

### **2022 – Comunicación oral – Premio a la investigación con mayor novedad:**

- Uriel, J., Ruescas, A., Iranzo, S., Ballester, A., Parrilla, E., Remón, A., & Alemany, S. (2022, August). A methodology to obtain anthropometric measurements from 4D scans. In Proceedings of the 7th International Digital Human Modeling Symposium (Vol. 7, No. 1). University of Iowa.

### **2019 – Impartición de Workshop pre-conferencia:**

- “Anthropometry Applied to Wearable Product Design”. Human Factors and Ergonomics Society (HFES) Conference in Seattle USA. Monday 28th October 2019.
- Presenters are Kathleen Robinette, Sandra Alemany, Karen Bredenkamp and Daisy Veitch.

### **2018 – Comunicación oral:**

- Alemany, S., Ballester, A., Parrilla, E., Pierola, A., Uriel, J., Nacher, B., ... & Solves, C. (2018, August). 3D body modelling and applications. In Congress of the International Ergonomics Association (pp. 623-636). Springer, Cham.

## **Publicaciones o Documentos Científico-Técnicos**

---

### **Libro en proceso de redacción (envío previsto en septiembre 2023):**

- Robinette, K, Veitch D., Bredenkamp, K. Alemany S. Wearable Fit: Systems Engineering and Statistical Assessment of Wearable Products. CRC Press.

### **Capítulos de libro:**

- Alemany, S., Uriel, J., Ballester, A., & Parrilla, E. (2019). Three-dimensional body shape modeling and posturography. In DHM and Posturography (pp. 441-457). Academic Press.
- Alemany, S., Remon, A., Ballester, A., Dura, J. V., Nacher, B., Parrilla, E., & Gonzalez, J. C. (2022). Data management and processing of 3D body scans. In Digital Manufacturing Technology for Sustainable Anthropometric Apparel (pp. 97-116). Woodhead Publishing.

#### Artículos en revistas:

- Alemany, S., Valero, J., & Ballester, A. (2023). Advanced Processing of 4D Body Scanning Technology for the Ergonomic Design of Products and Environments. *Ergonomics in Design*, 0(0).
- Domingo, J., Simó, A., Ibáñez, M. V., Dura, E., Ayala, G., & Alemany, S. (2016). Towards a mean body for apparel design. *Image and Vision Computing*, 52, 88-96.
- Pierola, A., Epifanio, I., & Alemany, S. (2016). An ensemble of ordered logistic regression and random forest for child garment size matching. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 455-465. *Decision Support Systems*, 57, 22-33.
- Pierola, A., Epifanio, I., & Alemany, S. (2017). Child t-shirt size data set from 3D body scanner anthropometric measurements and a questionnaire. *Data in brief*, 11, 311-315.
- Ballester, A., Parrilla, E., Piérola, A., Uriel, J., Pérez, C., Piqueras, P., ... & Alemany, S. (2016). Data-driven three-dimensional reconstruction of human bodies using a mobile phone app. *International Journal of the Digital Human*, 1(4), 361-388.
- Vinué, G., Epifanio, I., & Alemany, S. (2015). Archetypoids: A new approach to define representative archetypal data. *Computational Statistics & Data Analysis*, 87, 102-115.
- Valero, M., Ballester, A., Nácher, B., Pierola, A., Alemany, S., González, J. C., Caprara, G. (2015). La Antropometría garantiza para un correcto ajuste de la ropa. *Revista de biomecánica*, (62), 11-17.

---

### Proyectos de investigación relacionados con la tesis

---

#### Proyectos Nacionales

- **Digitalización de procesos en el sector de la moda. Aplicación al diseño, patronaje y tallaje de ropa infantil** **Proyectos de I+D en colaboración con empresas (MODA\_DIGITAL)**. Periodo: 2022. Entidad financiadora: IVACE. Referencia externa: IMDEEA/2022/51. Cuantía de la subvención: 215.837€. Participa en el equipo investigador.
- **Generación de una metodología de asignación de talla escalable por la industria para la venta por Internet. Aplicación en los sectores de ropa y calzado (OPTITALLA)**. Periodo: 2017. Entidad financiadora: IVACE. Referencia externa: IMDEEA/2017/60. Cuantía de la subvención: 200.000€. Participa en el equipo investigador.

- **Desarrollo de un sistema de captura 3D del cuerpo del niño mediante tecnología doméstica (TALLA-ME).** Periodo: 2014-2016. Entidad financiadora: Plan Nacional I+D+i. Subprograma estatal de generación de conocimiento. Ministerio de economía y competitividad. Referencia externa: DPI2013-47279-C2-2-R. Cuantía de la subvención: 70.000€. Participa en el equipo investigador.

### **Proyectos Europeos**

- **API-ecosystem for cross-sectorial exchange of 3D personal data (BodyPass).** Periodo: 2018-2021. Entidad financiadora: EUROPEAN COMMISSION. Referencia: H2020-ICT-2017-1\_779780. Cuantía de la subvención: 589.651,25 €. Participa en el equipo investigador.
- **Transfer the real 3D world to interactive creative endeavours in apparel industry (In-kreate).** Periodo: 2017-2018. Entidad financiadora: EUROPEAN COMMISSION. Referencia externa: H2020-ICT-2016-1-731885. Coordinado por el IBV. Cuantía de la subvención: 314.779,05 €. Participa en el equipo investigador.

### **Participación en redes de investigación internacionales**

---

- **WEAR – World Engeneering Anthropometry Resources.** Grupo internacional de investigadores expertos en antropometría y su aplicación en diseño y ergonomía.
- **IEEE - Industry Connections 3D Body Processing (3DBP).** En este contexto, se organizó en la UPV (IBV) el evento: Past, present and future of 3D body scanning. Phase 2 of ‘Comparative Analysis of measurement methods of 3D body scanning’. 14th to 18th October 2019 | Valencia, Spain | Instituto de Biomecánica (IBV)/Human Analysis Lab. This study is led by IEEE IC-3DBP program and hosted by IBV.
- **Co-Chair del Comité Técnico sobre Antropometría (TC-Anthropometry)** de la sociedad Europea de Ergonomía (IEA).
- **Digital Human Modeling by Women (DHMW).** International group dedicated to promoting women researchers in DHM around the World.
- **Miembro del Comité Técnico sobre Digital Human Modeling (TC-DHM)** de la sociedad Europea de Ergonomía (IEA).