

# Estudio de caracterización de la estructura textil residuos post-consumo de algodón, poliéster y mezclas algodón/poliéster recogidos en Cataluña

Zewen Liu<sup>1\*</sup>, Marta Ibañez<sup>1</sup>, Enric Carrera- Gallissà<sup>1,2</sup>, Francesc Cano<sup>1,2</sup>,  
Mònica Ardanuy<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales,  
Universitat Politècnica de Catalunya

<sup>2</sup>INTEXTER, Universitat Politècnica de Catalunya

\*Accésit del 35<sup>o</sup> Premio de la AEQCT

e-mail:monica.ardanuy@upc.edu

Trabajo finalista del 35 Premio de la AEQCT



## RESUMEN

Este estudio se caracterizan residuos post-consumo recogidos en contenedores de ropa de Cataluña previamente clasificados por composición (100% algodón, 100% poliéster y mezclas algodón/poliéster). Estas composiciones se seleccionaron por ser las más comunes en textiles post-consumo. Además de clasificar los textiles según sean de punto o calada, por tipo de textil (moda o hogar) y color, se han determinado el gramaje, grosor, densidad de hilos y título de los hilos y tipo de hilados que forman dichos tejidos.

**Palabras clave:** Residuos post-consumo, clasificación, parámetros estructurales

## ABSTRACT

This study analyses the characteristics of post-consumer textile waste collected in clothing containers in Catalonia, previously classified by composition. The compositions selected were 100% cotton, 100% polyester and mixtures of both fibres, as they are the most common. In addition to classifying the textiles according to whether they are knitted or woven, by type of textile (fashion or home textiles) and colour, the weight, thickness, yarn density, yarn count and type of yarn were determined.

**Key words:** post-consumer waste, classification, structural parameters

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo de la industria global, la demanda de textiles también ha ido aumentando. Los residuos textiles se pueden clasificar en residuos preconsumo y residuos postconsumo. Los residuos preconsumo se producen durante el proceso de producción textil (obtención de fibras, hilados y tejidos, y durante los procesos de tintura, estampado, acabado y confección). Además, los textiles no vendidos también son residuos preconsumo. Los residuos textiles preconsumo tienen la ventaja de no haber sido usados y de tener una estructura, composición y color conocidos. Actualmente, la mayoría de los hilos elaborados con fibra reciclada provienen de este tipo de residuos.

Los residuos post-consumo comprenden textiles que los consumidores desechan y pueden incluir los tipos de textil moda, hogar o técnico. La Figura 1 resume los tipos de residuos textiles en función de su origen [1].

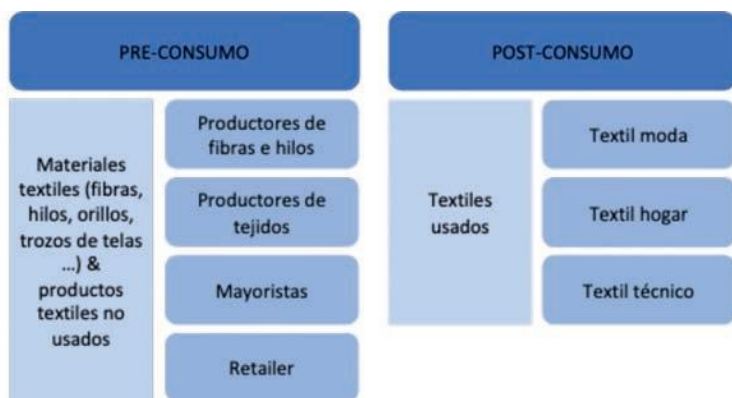


Figura 1. Tipos de residuos textiles

Los residuos post-consumo, especialmente los de ropa (aproximadamente el 70%), constituyen la mayor parte de los residuos textiles. El resto son del tipo textil hogar. Cuando se implante la recogida obligatoria de residuos textiles se espera que el porcentaje de textiles hogar aumente puesto que los contenedores actuales están asociados únicamente a ropa usado por parte de la ciudadanía.

A pesar de la gran cantidad de residuos generados, la tasa de reciclaje de textiles es baja: en Europa, sólo alrededor del 10% de los residuos textiles post-consumo se reciclan, el 8% se reutilizan, el 57% se depositan en vertederos y el 25% se incineran [2].

Las principales tecnologías disponibles actualmente para el reciclaje fibra a fibra son el reciclaje mecánico, termomecánico y químico. El reciclaje mecánico es un proceso físico con una tecnología bien establecida. Las

principales ventajas de esta tecnología son que puede procesar prácticamente cualquier residuo textil y manejar cantidades relativamente pequeñas de material de desecho. Además, para las fibras naturales es la única tecnología que preserva su naturaleza. Los nuevos desarrollos en esta tecnología se centran principalmente en aumentar la cantidad de fibra hilable recuperada y mejorar la calidad de las fibras recicladas. Estos avances se centran principalmente en ajustes en la maquinaria o en la configuración de la línea de reciclaje, en tratamientos previos adicionales (uso de aditivos que ayuden al desfibrado entre otros) y una mejor clasificación y conocimiento del material de entrada.

Uno de los pasos previos al reciclaje es la clasificación de los textiles. Clasificar los textiles según su composición y estructura textil es crucial para los próximos pasos a la hora de reutilizarlos o reciclarlos. Algunos estudios sobre clasificación de residuos post-consumo se centran en la clasificación por tipo, composición o color de ropa. Beton et al. investigó los textiles post-consumo en la UE27 [2]. Calcularon el consumo aparente medio de textiles en la UE-27 en 9.547 toneladas, de las cuales 6.754 toneladas eran textiles de moda y 2.793 toneladas eran textiles para el hogar (70% y 30% de los residuos post-consumo, respectivamente). Los tipos de residuo de textil moda identificados estaban compuestos principalmente por blusas (alrededor del 37%), seguidos de ropa interior, ropa de dormir y calcetines (24%) y pantalones (20%). En el caso de los textiles para el hogar, encontraron que estaban compuestos principalmente por alfombras (38%), ropa de cama y sábanas (28%) y cortinas (16%).

En cuanto a la composición, encontraron que la ropa estaba compuesta principalmente de fibras naturales (alrededor del 55%). En particular, el algodón fue el claro dominante con un 42%, seguido del poliéster con un 20%. Los textiles para el hogar se componían principalmente de fibras sintéticas (alrededor del 70%, principalmente poliéster y poliamida). Otro estudio realizado por Eco TLC (SCRAP de residuos textiles en Francia) y la Agencia Francesa de Medio Ambiente y Energía (ADEME) analizó cerca de 200 toneladas de residuos textiles procedentes de 6 plantas de clasificación [3]. En este estudio, clasificaron los residuos finales en 154 tipos de textiles, de los cuales 35 tipos (23% del total de artículos) representaron el 80% del total de residuos, incluyendo principalmente calcetines, cinturones de tela, mallas, pantuflas/zapatillas de deporte, camisetas para hombre y mujer, ropa interior para hombre y mujer, y calzado para hombre, mujer y niño. Los tipos restantes tuvieron una participación del 2,9% o

menos. Además, determinaron la distribución del peso de la fibra utilizando información de etiquetas y lecturas del espectrómetro de infrarrojo. Para el textil moda, las prendas de un solo material textil representaban en promedio un total del 70% del peso, siendo las más representativas 100% algodón -31,8%-, 100% poliéster -20,7%-, 100% poliamida -5,7%- y 100% acrílico -4,2%-. Las demás fracciones estaban compuestas por mezclas de materiales textiles, siendo las más representativas las mezclas de algodón, como algodón/poliéster (6,7%), algodón/poliamida (6,7%) y algodón/otros (6,7%). Para el textil del hogar, los artículos con un solo material textil representan de media un total del 77% del peso, de estos, 100% algodón -49,4%-, 100% poliéster -17,8%-, poliamida -1,4%- y fibras acrílicas -3,4%-. Los demás artículos eran principalmente una mezcla de algodón y otros materiales, como algodón/poliéster (6,2%), algodón/poliamida (13,3%) y algodón/otros (1,8%).

La composición de las fibras de los residuos textiles postconsumo también se analizaron en un estudio de textiles usados vertidos en los contenedores de la Fundación Catalana “ Formació i Treball ”[4]. Este estudio se realizó en 2020 a partir de una muestra de 535 kg procedentes de varios contenedores de esta Fundación. En primer lugar, los textiles se clasificaron en potencialmente reutilizables (alrededor del 63% del peso) y reciclables (alrededor del 37%). Luego se determinó la composición en peso de las fibras en cada uno de los dos grupos. Un resumen de los resultados se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Composición de fibras en peso de las fracciones de textiles reciclables y reutilizables recogidas por la Fundación Catalana “Formació i Treball”

Fibra	Fracción reciclable ( % )	Fracción reutilizable ( % )
Algodón	48,9	57,7
Poliéster	30,4	30,5
Acrílico	12,4	3,1
Poliamida	3,2	3,4
Lana	3,7	2,7
Viscosa	1,4	2,6

Este estudio, en concordancia con estudios anteriores, confirmó el claro predominio de la fibra de algodón en los textiles post-consumo, con contenidos cercanos al 50% para la fracción de ropa reciclable y cerca del 60% para la ropa reutilizable. Le sigue en importancia la fibra de poliéster con un 30% en ambos tipos de prendas. Tanto las fibras de poliéster como las de algodón repre-

sentan alrededor del 79% en peso en ropa reciclable y alrededor del 88% en ropa reutilizable. Le siguen, a gran distancia, las fibras acrílicas, poliamida, lana y viscosa en porcentajes similares en ambas fracciones. En el caso de la fibra acrílica se observa una diferencia significativa entre la fracción de ropa reciclable (que tiene un porcentaje en peso del 12,4%) y ropa reutilizable (con un porcentaje en peso del 3,1%). La fibra acrílica se suele utilizar en prendas exteriores de tejido de punto que se deterioran más fácilmente durante el uso. Por tanto, el contenido de fibras acrílicas en la fracción reutilizable es menor que en la fracción reciclable.

De todos estos estudios se concluye y confirma que, de acuerdo con el consumo mundial de fibras, la fracción más importante de los residuos textiles post-consumo está compuesta por algodón y poliéster, en este orden, seguida por mezclas de dichas fibras.

Los estudios antes mencionados sobre la clasificación de residuos textiles post-consumo se centraron en analizar el color, la composición y el tipo de tejido (ropa o textiles para el hogar).

Sin embargo, para el reciclaje mecánico, otros parámetros como las características físicas de los textiles (estructura del tejido y del hilo, espesor o gramaje, entre otros) son otros factores importantes a considerar. De hecho, el proceso de desfibración de los tejidos (la eficiencia de la recuperación mecánica) puede verse afectado en gran medida por la estructura del tejido (tipo de hilo y tejido principalmente). Sin embargo, hasta donde sabemos, no existen estudios previos que analicen los parámetros físicos y estructurales de los residuos textiles. Este estudio pretende llenar este vacío. Para ello analizamos la estructura textil de residuos previamente clasificados por composición. Las composiciones seleccionadas fueron 100% algodón, 100% poliéster y mezclas de ambas fibras, ya que son la composición más común en textiles post-consumo. Se han determinado el gramaje, el grosor, la densidad de hilos, el número de hilo y el tipo de hilo de cada tejido.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

Los tejidos postconsumo previamente clasificados por composición de 100% algodón (CO), 100% poliéster (PES) y mezclas de PES/CO, fueron proporcionados por la empresa de inserción social ROBA AMIGA (España). Los tejidos fueron lavados e higienizados por la empresa de lavandería industrial AXIOMA (España).

## 2.2 Procedimientos experimentales

Se extrajeron aleatoriamente alrededor de 25 kg de textiles de cada composición (algodón 100%, 100% PES y mezclas de CO/PES) de 100 kg de cada grupo. En la tabla 2 se muestra el número medio de prendas por kg según la composición, que ronda las 5 para las 3 composiciones analizadas. El primer paso fue numerar las piezas y clasificarlas en tejidos de calada y tejidos de punto y tipos de uso final (textil de hogar o confección y tipos específicos -calcetines, pantalones, etc.-). Luego, de cada pieza se cortaron probetas de 10 cm x 10 cm, y se determinó el gramaje, espesor y densidad de hilos y, en el caso de los tejidos de calada, el tipo de estructura textil. Posteriormente, se extrajeron hilos de cada probeta y se determinó el tipo y número de los hilos. Los métodos para determinar estos parámetros se detallan en la Tabla 3.

Tabla 2. Prendas por kg según tipo de fibra

Composición	Número de prendas por kg
algodón 100%	4,32
100% PES	4,88
Mezclas de CO/PES	5,48

Tabla 3. Normas utilizadas para determinar el gramaje, espesor, densidad de hilos y título de los hilos de los textiles post-consumo analizados.

Parámetro	Norma	Referencia
Gramaje	ISO 3801:1977	[5]
Grosor	ISO 5084:1996	[6]
Densidad de hilos (tejidos de calada)	ASTM D3775	[7]
Densidad de hilos (tejidos de punto)	ASTM D3887	[8]
Título del hilo	ISO 7211-5:2020	[9]

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Análisis de los residuos 100 % algodón

En los residuos de algodón 100 %, la distribución de tejidos de punto y tejidos de calada por número y por peso fue de 55,6% de punto/44,4% de calada y 51,8% de punto/48,2% de calada respectivamente, lo que indica un contenido ligeramente mayor en tejidos de punto tanto en peso como en número. En cuanto al uso final, para los tejidos de punto, la mayoría de las pre-

das (98,3% en número y 99,5% en peso) fueron del tipo textil moda. En el caso de los tejidos de calada, se encontró una composición más equilibrada entre textil moda y textil hogar (48,9% en número y 33,1% en peso de textil moda).

La distribución de tejidos de punto y tejidos de calada por tipo y color se muestra en la Figura 2.

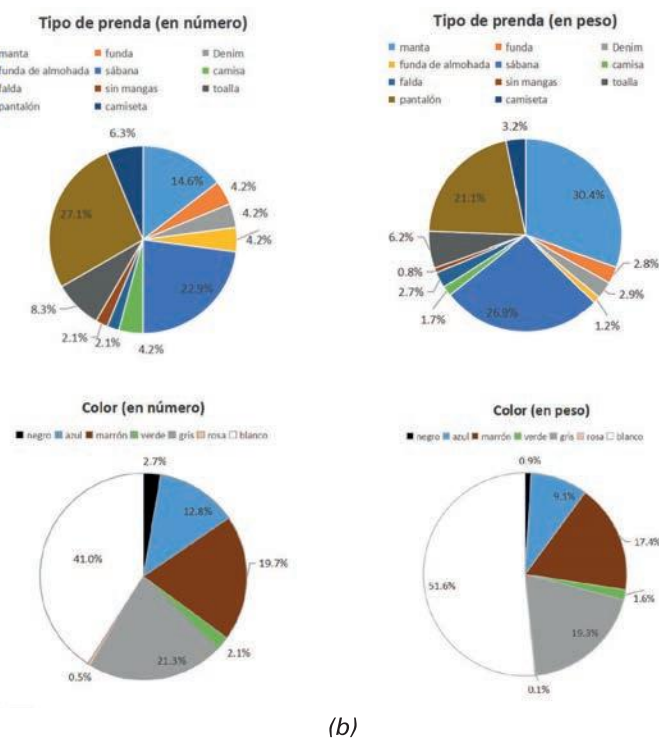
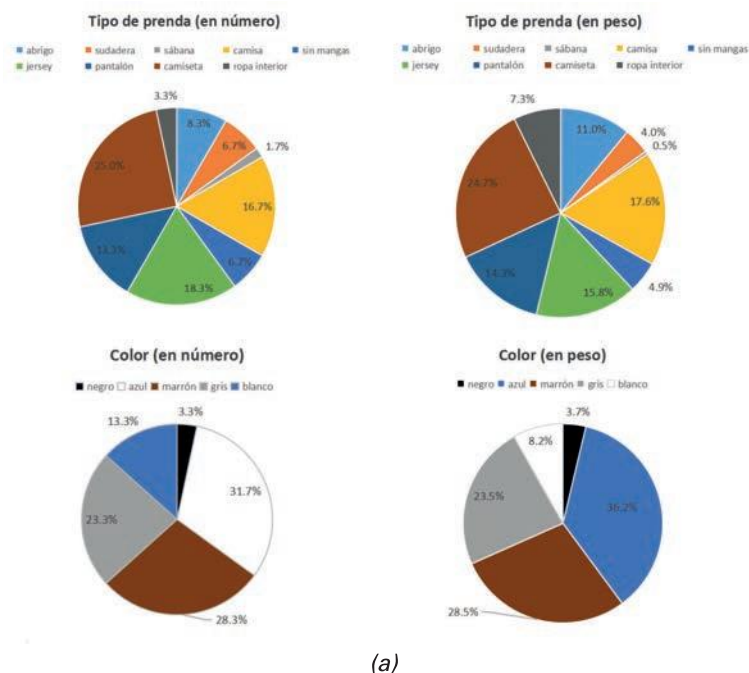


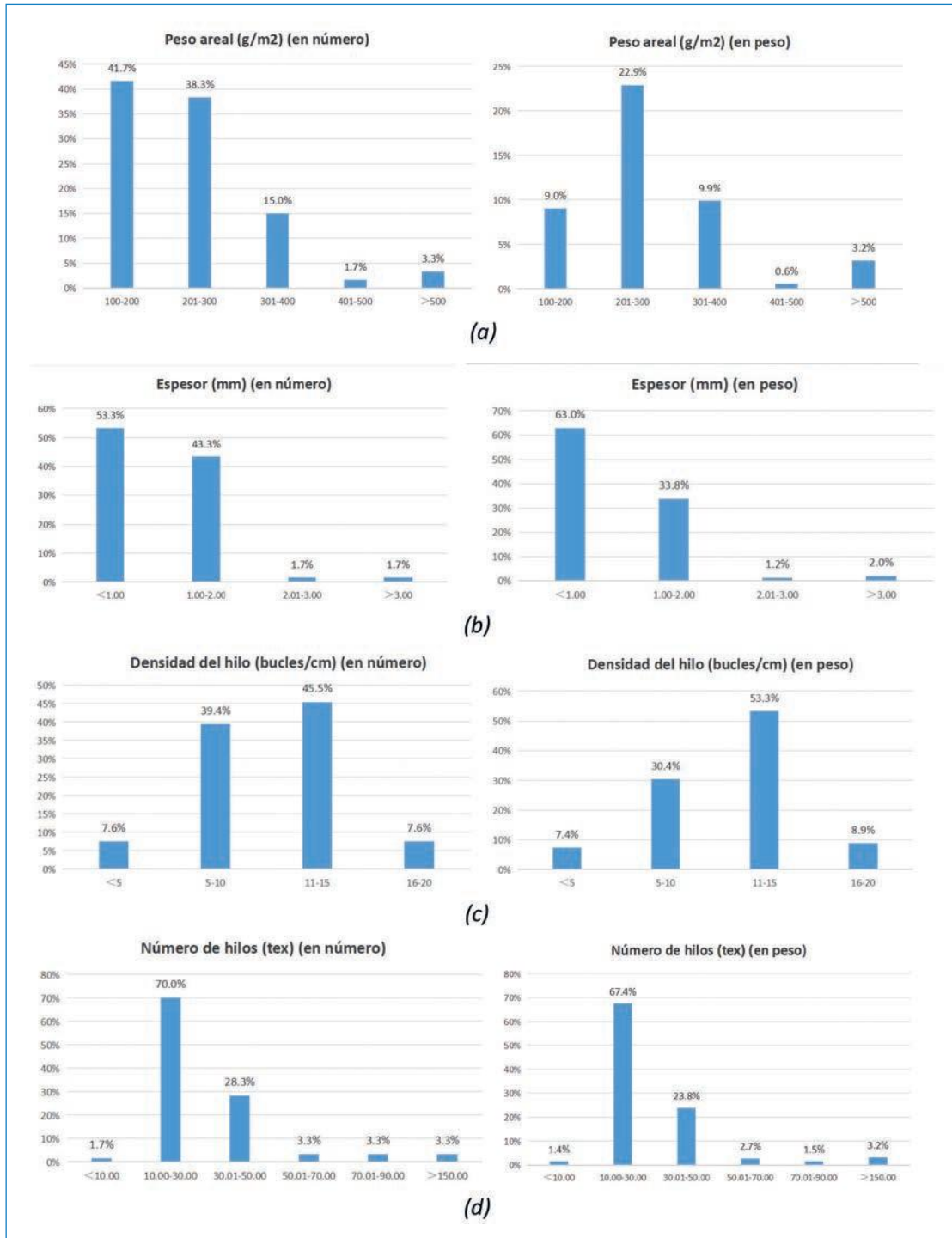
Figura 2. Tipo de prenda y distribución de color por número y peso para los residuos algodón 100%. (a) punto; (b) calada.

## Artículo Técnico

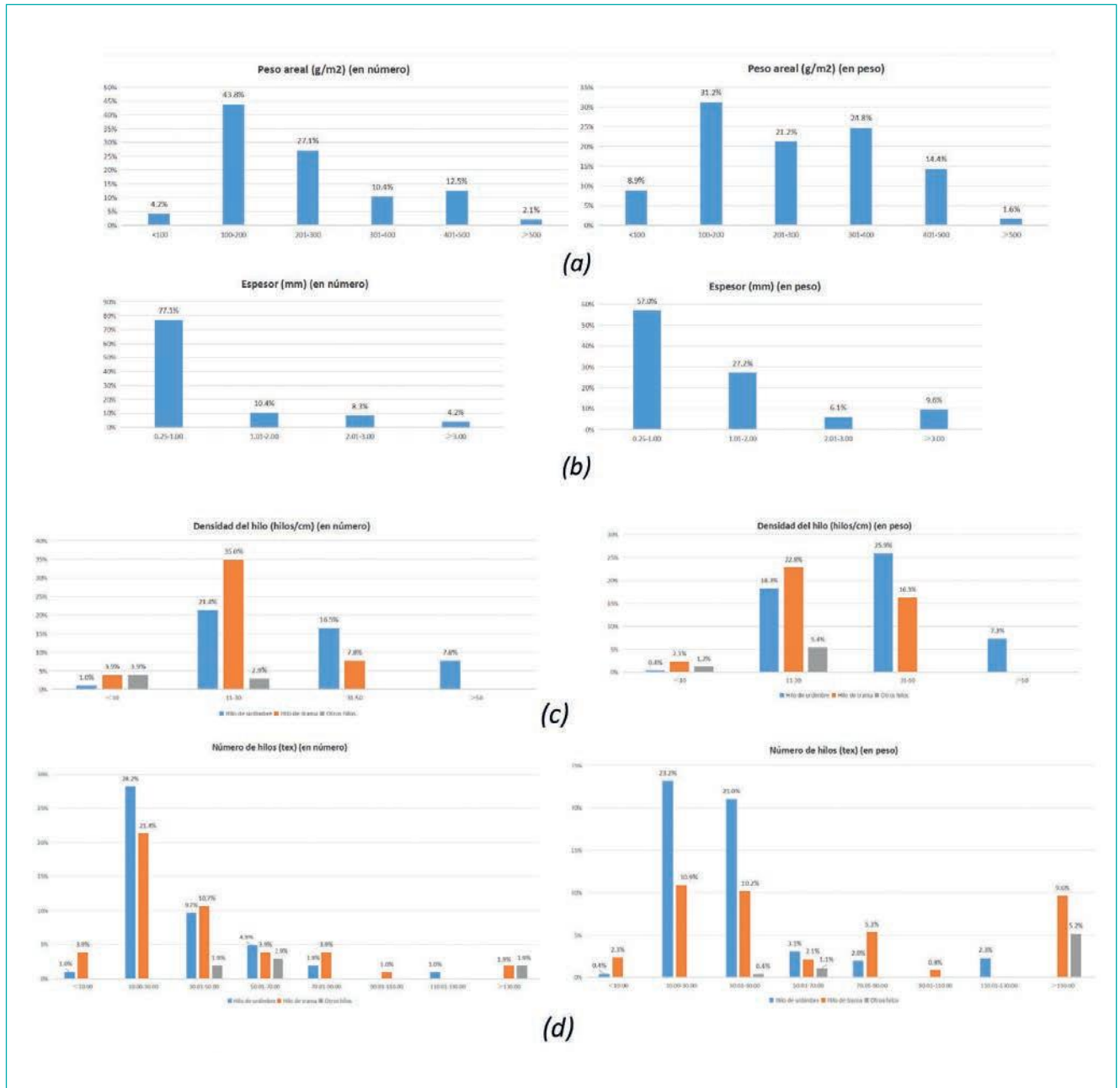
Como se puede observar, en los tejidos de punto, los tops son mayoritarios, y el color es principalmente azul, marrón y gris, siendo el negro la menor proporción. En los tejidos de calada, los pantalones representaron la mayor proporción, seguidos de las sábanas. El color blanco fue predominante, representando casi la mitad del total, seguido del gris, el marrón y el azul. Esto es positivo en términos de reciclaje ya que los colores blancos son los más deseables para el reciclaje mecánico.

El gramaje, espesor, título del hilo y densidad de hilos para los tejidos de punto y de calada se presentan en las Figuras 3 y 4 respectivamente.

**Figura 3.** Distribuciones de gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) y título del hilo (d) para tejidos de punto algodón 100%.



Como se puede concluir de la Figura 3, los tejidos de punto que se encuentran en residuos de algodón 100% tienen predominantemente un gramaje que oscila entre 100 y 400 g/m<sup>2</sup>, un espesor de 0,1 a 2 mm, una densidad de hilos que oscila entre 5 y 15 mallas/cm con títulos de 10 a 30 tex.



**Figura 4.** Distribución del gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) y título de hilos (d) en tejidos de calada algodón 100%.

Los gramajes de los tejidos de calada son principalmente de 100 a 500 g/m<sup>2</sup>, los espesores de 0,25 a 2 mm, y las densidades de hilo predominantes son de 11 a 50 hilos/cm. Los títulos por su parte varían ampliamente entre 10 y 50 tex.

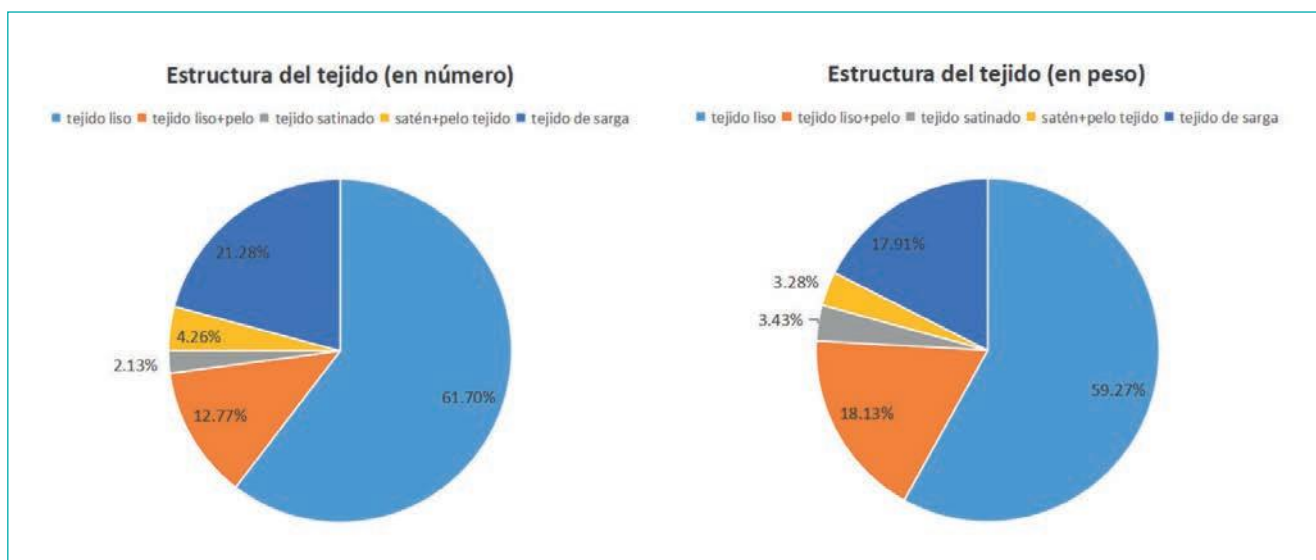
Los hilos en los tejidos de punto son predominantemente del tipo de hilatura de anillo (87,9% y 80,9% en número y peso, respectivamente). El resto son hilados del tipo Open-End-rotor (OE-rotor).

En el caso de los tejidos de calada, los hilos del tipo de hilatura de anillos también son dominantes, pero con un porcentaje menor (64,1% y 52,9% en número y peso, respectivamente). Algunos de estos hilos son de 2 cabos (alrededor del 3%). Los hilos OE-rotor representan

el 27,2% y el 28,2% en peso y número respectivamente. Alrededor del 2% de estos hilos OE-rotor son de 2 cabos. Además, en estos tejidos también se encuentran otros hilos que representan alrededor del 10% y el 20% en número y peso respectivamente.

Finalmente, en cuanto a la estructura de los tejidos de calada, los del tipo tafetán representan el mayor porcentaje, seguidos de los tejidos de sarga y sarga con tejido de rizo. Los tejidos con ligamento de raso y de rizo con raso tienen el porcentaje más pequeño (ver Figura 5).

Figura 5. Distribución del tipo de ligamento de los tejidos de calada en los residuos de algodón 100%.



### 3.2 Análisis de residuos postconsumo compuestos 100 % PES

En los tejidos 100 % PES, la proporción de tejidos de punto y de calada en número es 55,6% de punto/44,4% calada, y en peso es de 51,8% de punto/48,2% calada, lo que indica un contenido ligeramente mayor en tejidos de punto tanto en peso como en número. El tipo de tejidos es principalmente del tipo textil moda (81,6% en número y 80,4% en peso), correspondiendo el resto a textil hogar. De manera similar a los residuos de algodón, para los tejidos de calada se encontró una composición más equilibrada entre textil moda y textil hogar (45,7% en número y 54,9% en peso de textiles para el hogar).

La distribución de estos tejidos por tipo y color se muestra en las Figuras 6 y 7.

En los tejidos de calada, la mayor proporción lo constituyen las sábanas, seguidos de las blusas. En los tejidos de punto, los tops y las sábanas tienen la mayor proporción. Los tejidos de PES tienen más distribución de colores que los tejidos de algodón. El color blanco representa alrededor del 30% de los tejidos.

Las distribuciones de gramaje, espesor, título del hilo y densidad de hilos para los tejidos de punto y de calada se presentan en las Figuras 8 y 9 respectivamente.

Tanto en número como en peso, los tejidos de punto tienen predominantemente un gramaje de 100-300 g/m<sup>2</sup> (alrededor del 85%), espesores de 0,1-1,5 mm (alrededor del 70%), densidades de hilo de 11-20 mallas/cm (alrededor 85%), y títulos de hilo de 10-30 tex (alrededor del 75%).



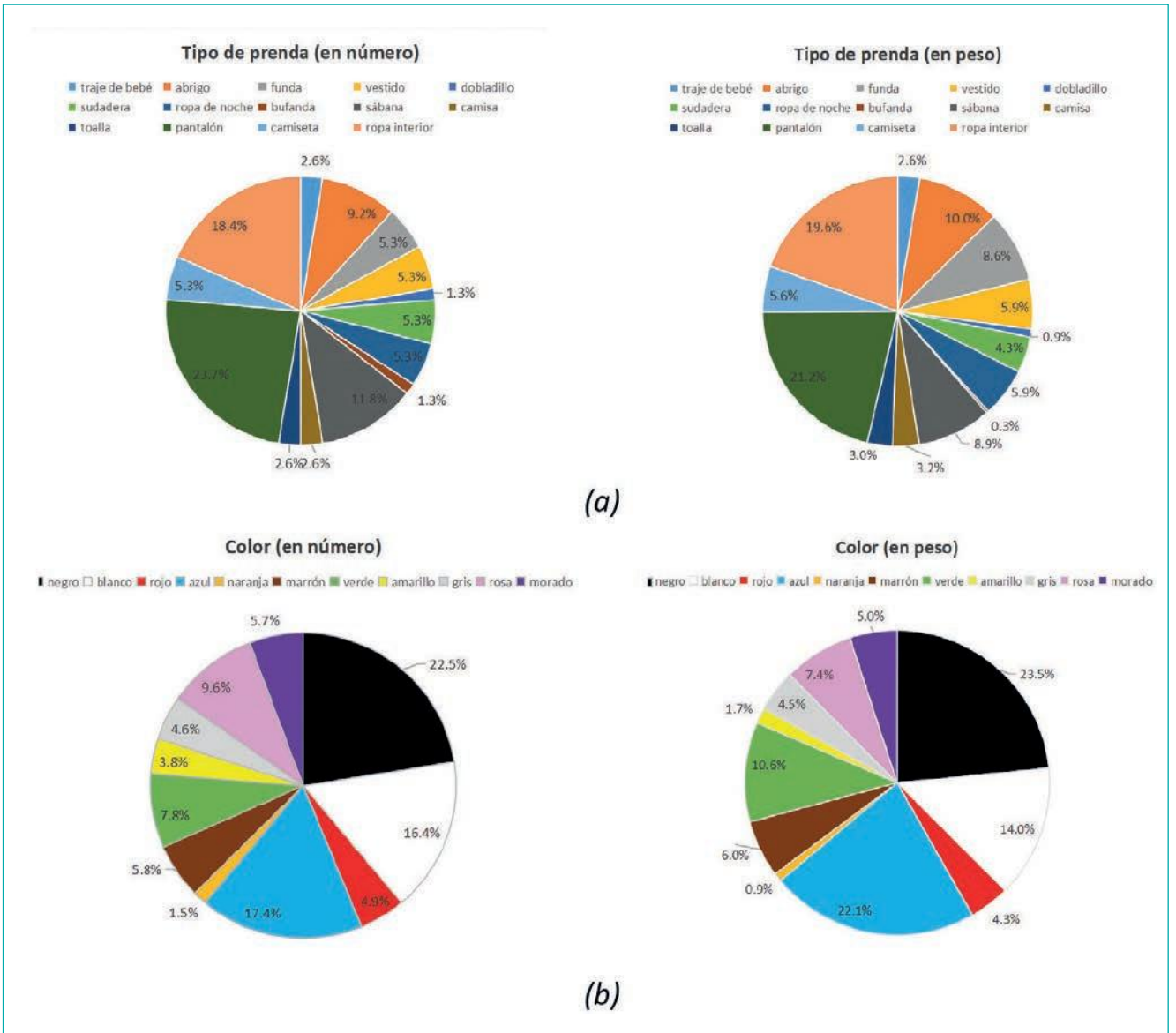


Figura 6. Tipo de prenda (a) y porcentaje de color (b) para los tejidos de punto de los residuos 100% PES.

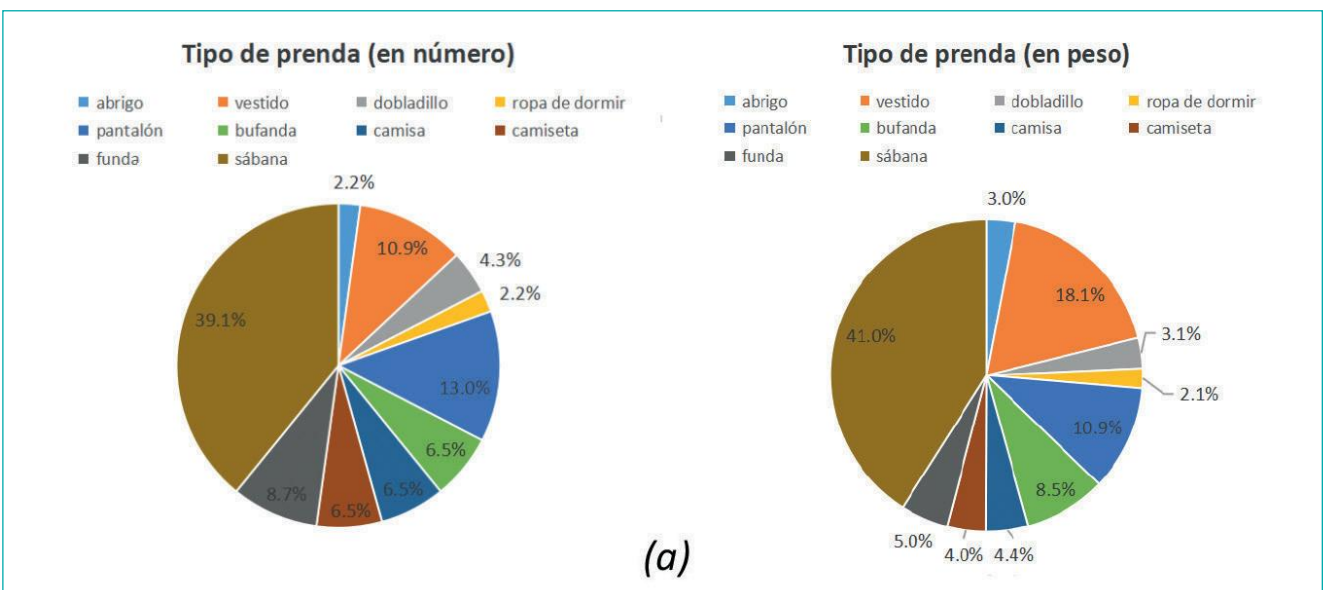
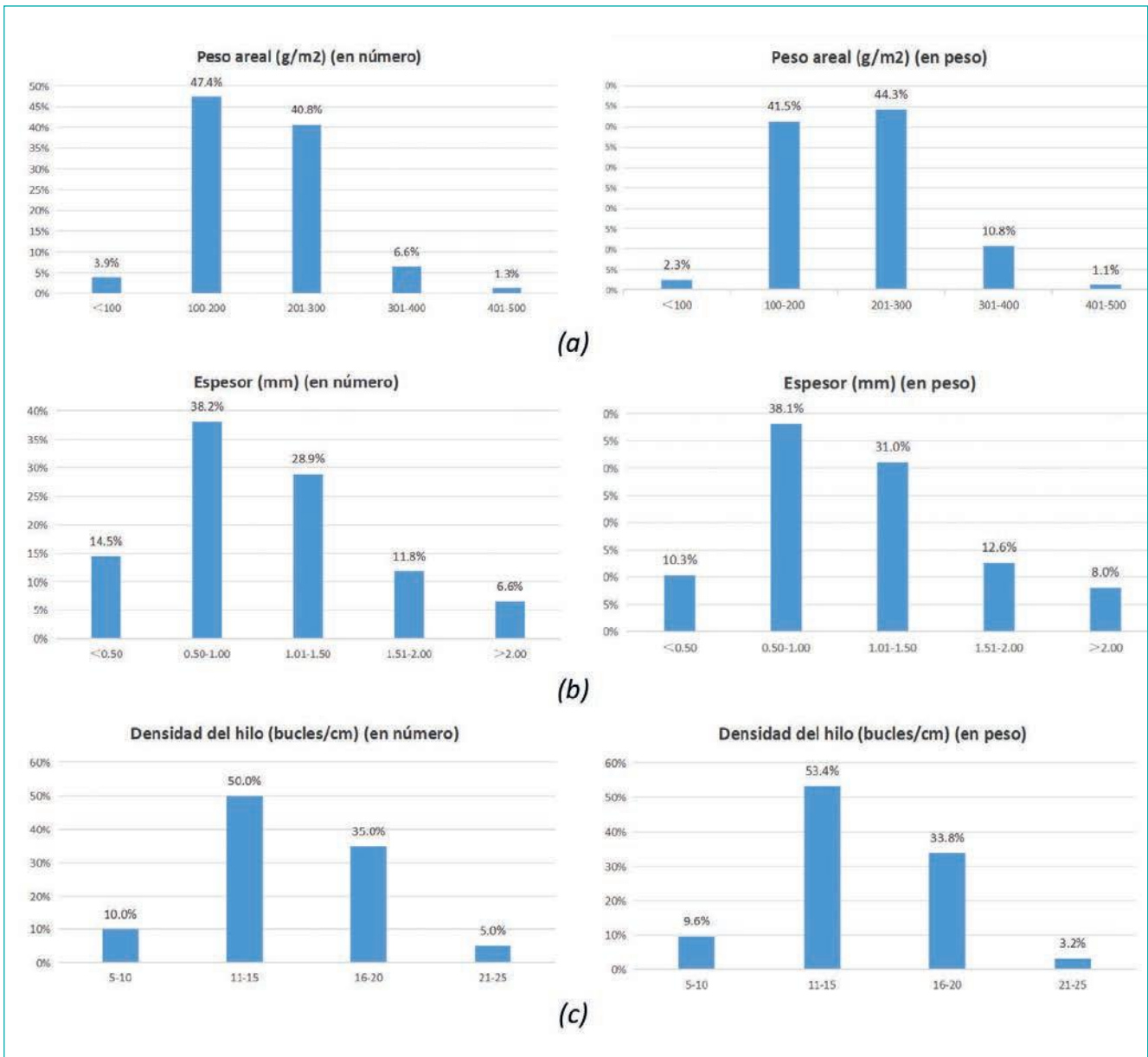
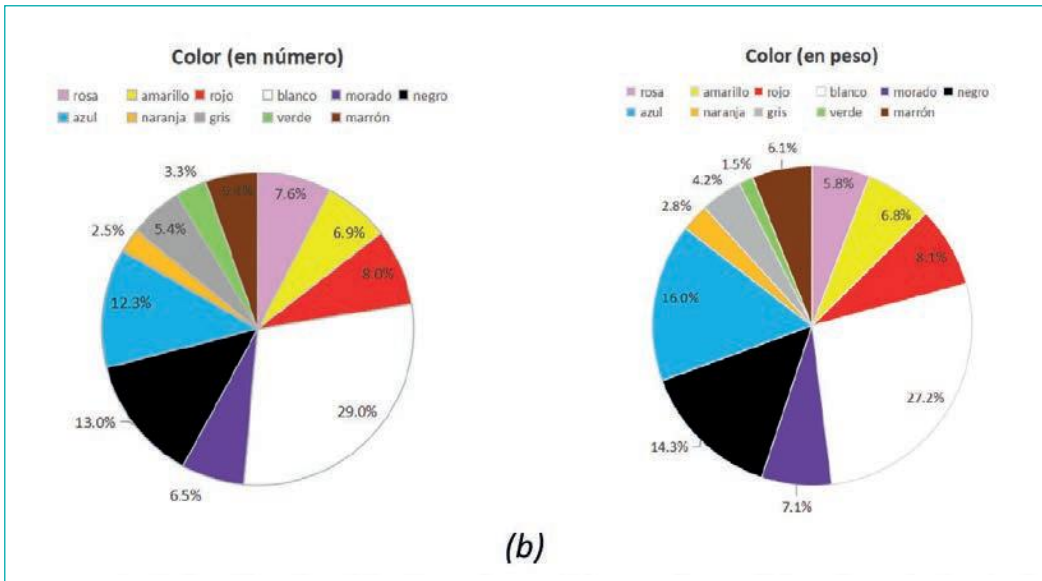


Figura 7a. Tipo de prenda (a) y distribución de colores

**Figura 7b.** Tipo de prenda (b) para los tejidos de calada de los residuos 100% PES.



**Figura 8.** Distribuciones de gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) para los tejidos de punto del residuo 100% PES

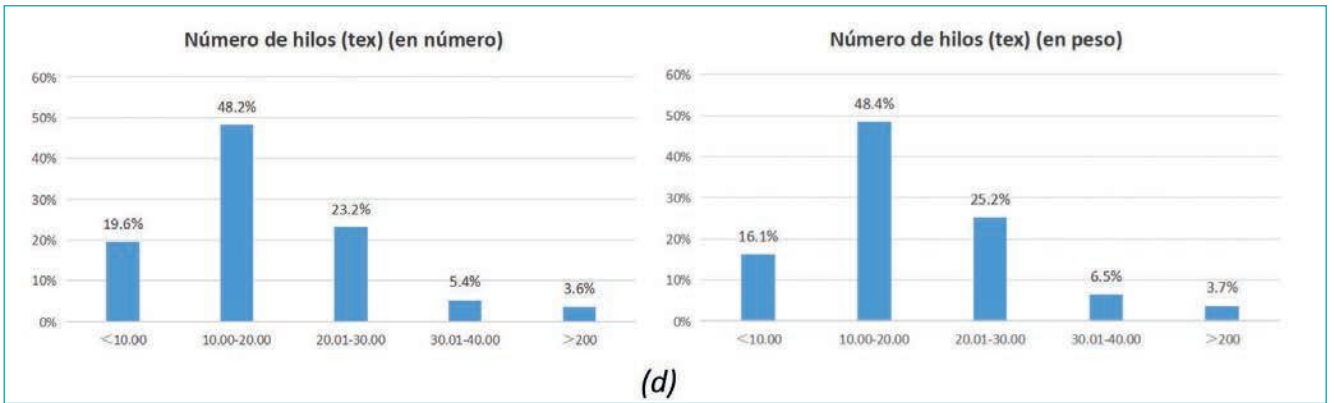


Figura 8. Título del hilo (d) para los tejidos de punto del residuo 100% PES

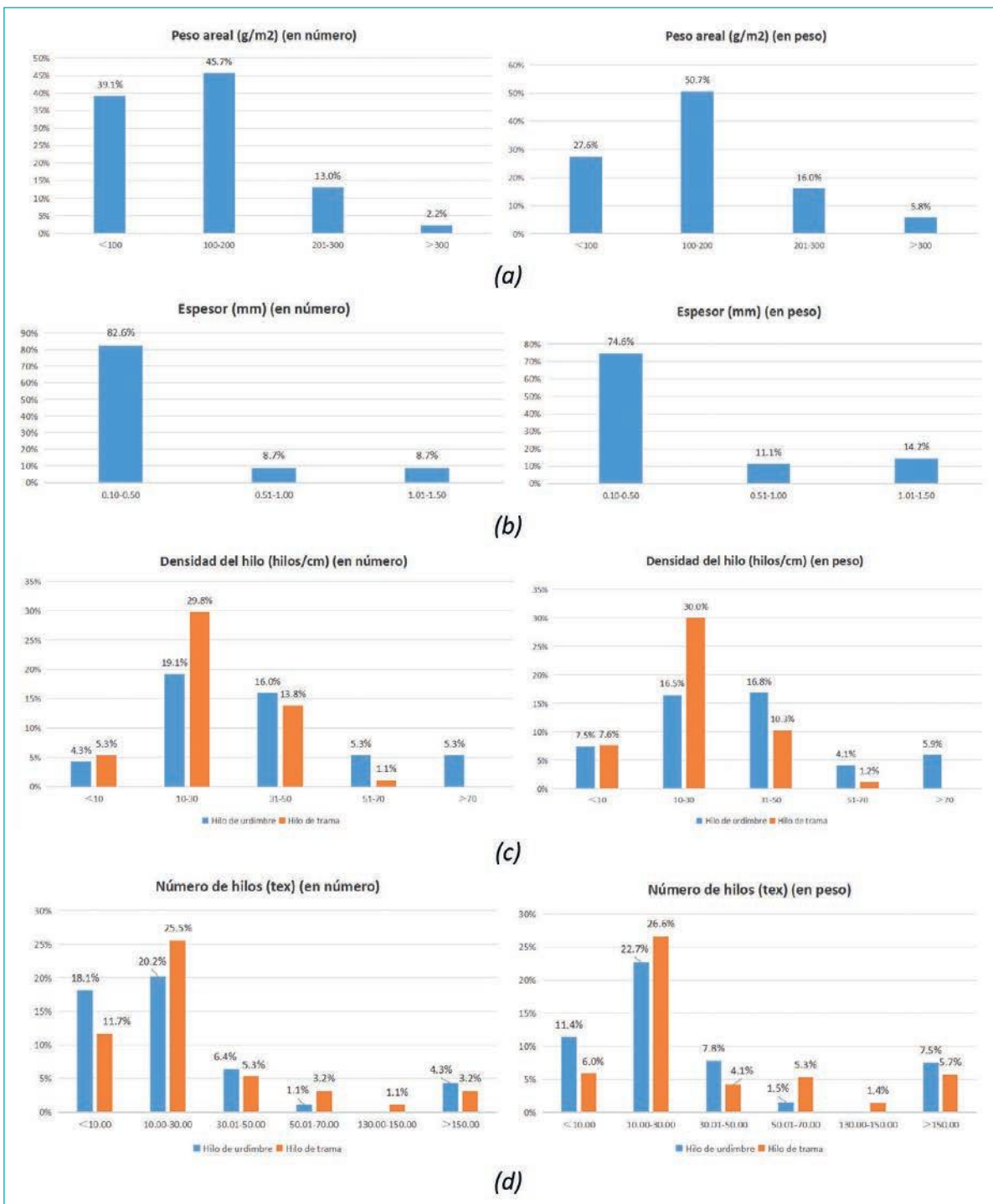


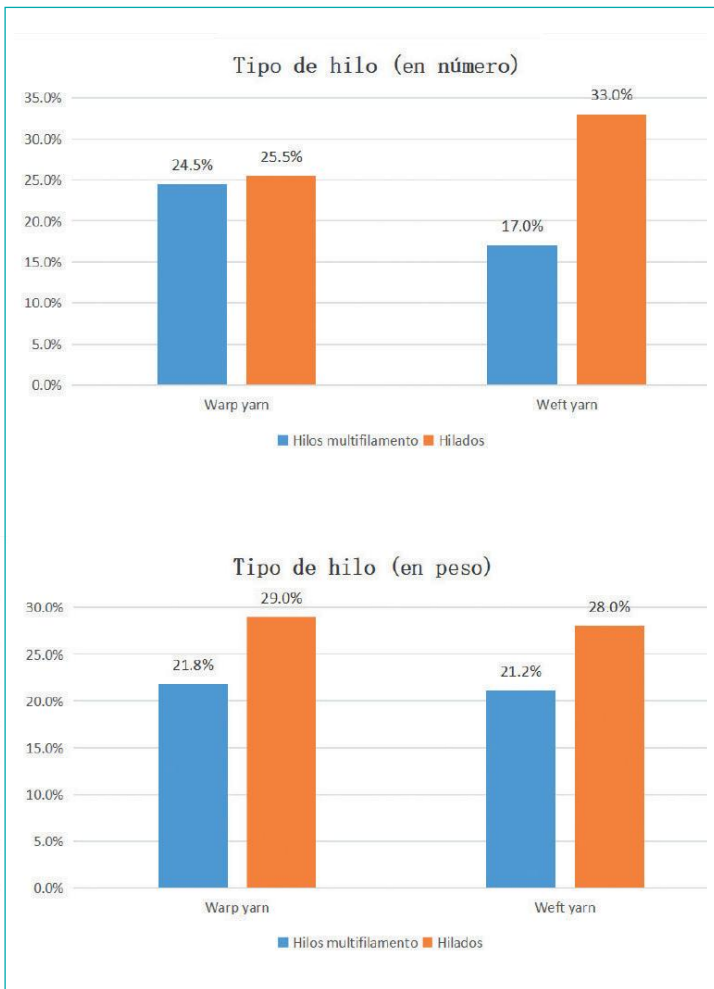
Figura 9. Distribución del gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) y título del hilo (d) para los tejidos de calada del residuo 100% PES.

## Artículo Técnico

Tanto en número como en peso, la mayoría de los tejidos de calada del residuo 100% PES, se componen de textiles de <math> < 200 \text{ g/m}^2 </math> (alrededor del 85%), espesores de 0,1-0,5 mm (alrededor del 85%), densidades de hilo de 10-50 hilos/cm y títulos de hilo de <math> < 30 \text{ tex} </math> (alrededor del 70%).

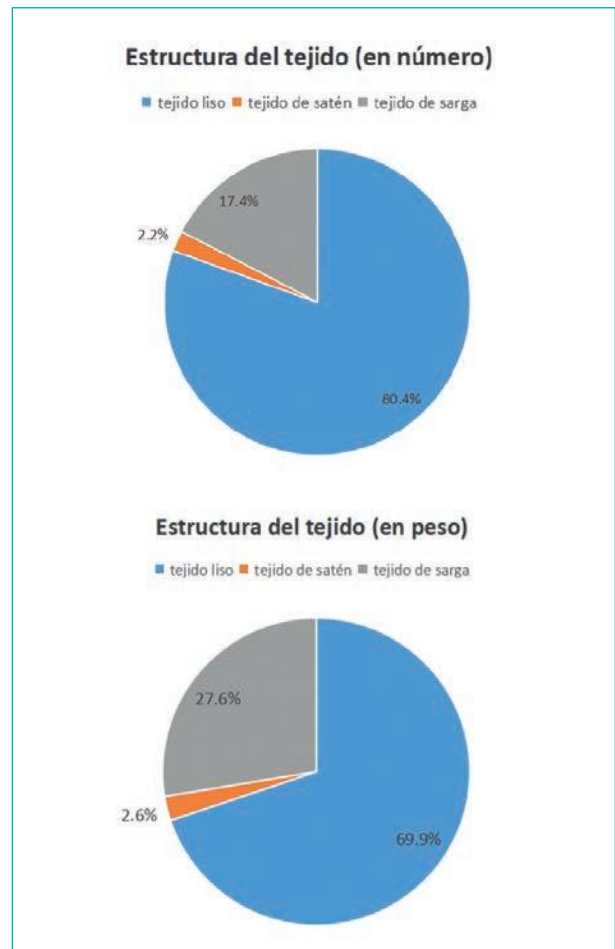
En los tejidos de punto, el contenido de hilados multifilamento es mucho mayor que el de los hilados de fibra discontinua (75,0% en número y 72,1% en peso de hilos multifilamento).

En los tejidos de calada, los hilados multifilamento y los hilados de fibra discontinua se encuentran en porcentajes similares con un contenido ligeramente mayor de hilados de fibra discontinua como se puede observar en la Figura 10.



**Figura 10.** Distribución del tipo de hilo para hilos de urdimbre y trama para los tejidos de calada del residuo 100% PES.

En cuanto a la estructura de los tejidos de calada, el tafetán es predominante, seguido de los tejidos de sarga. Los de raso constituyen un porcentaje muy pequeño (ver Figura 11).



**Figura 11.** Distribución del tipo de ligamento de los tejidos de calada para los residuos 100% PES.

### 3.3 Análisis de residuos post-consumo compuestos de mezclas de algodón/poliéster (CO/PES)

En los tejidos de mezcla de CO/PES, la proporción de tejidos de punto es mayor que la de los tejidos de calada. Los tejidos de punto representan el 72,3% y los tejidos de punto el 27,7% en términos de cantidad, mientras que los tejidos de punto representan el 70,8% y los tejidos de punto el 29,2% en términos de peso. En cuanto al uso final de los tejidos, hay más textiles de confección que textiles para el hogar. En los tejidos, el 60,5% eran textiles para la confección y el 39,5% textiles para el hogar en porcentaje de número, y un mayor porcentaje de textiles para el hogar en porcentaje de peso, con un 56,9% de textiles para el hogar y un 43,1% de textiles para la confección. En los tejidos de punto, se trata en su totalidad de textiles para la confección. En los tejidos de punto, el textil moda representan el 100%.

La distribución de estos tejidos por tipo y color se muestra en las Figuras 12 y 13.

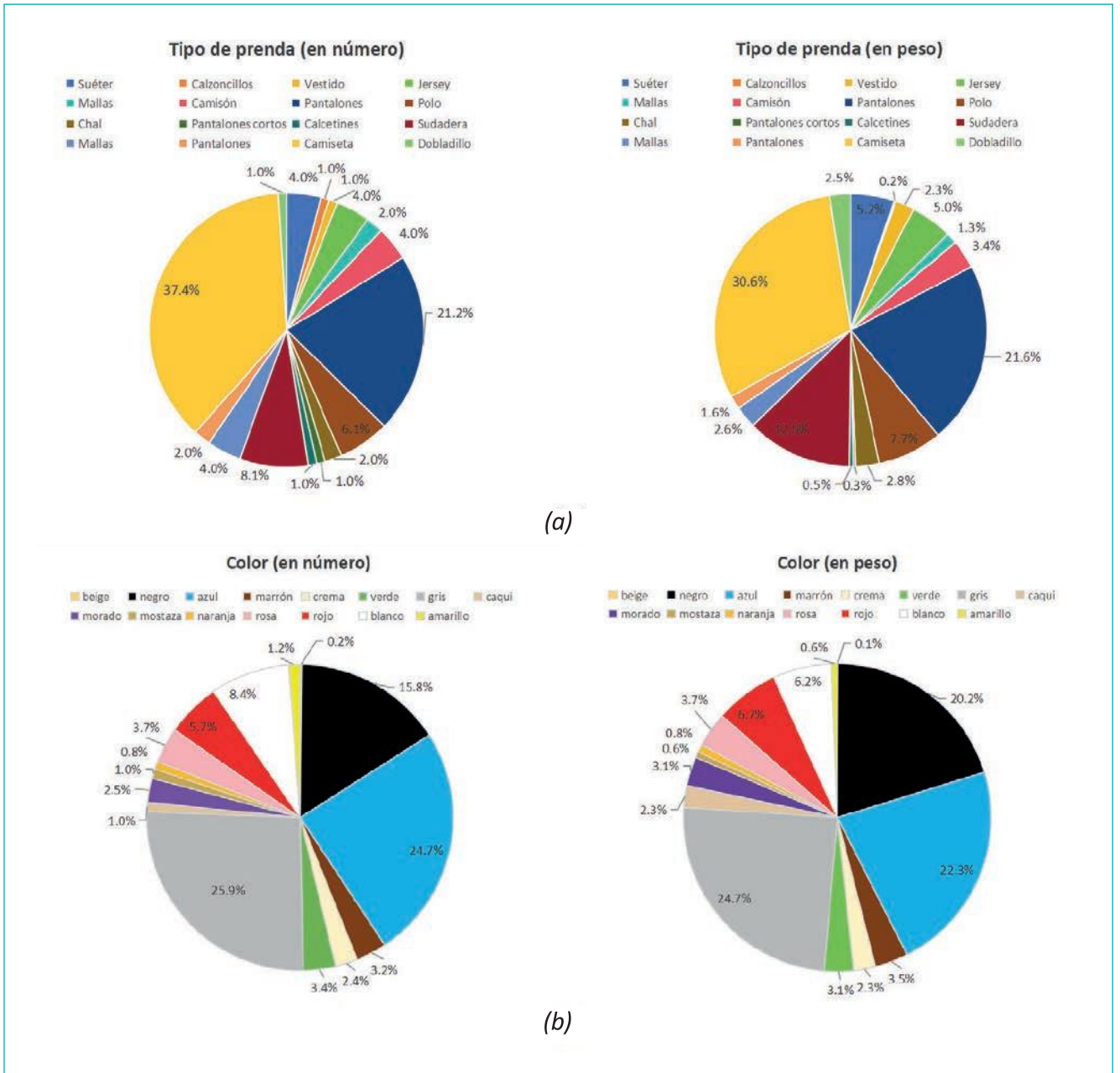
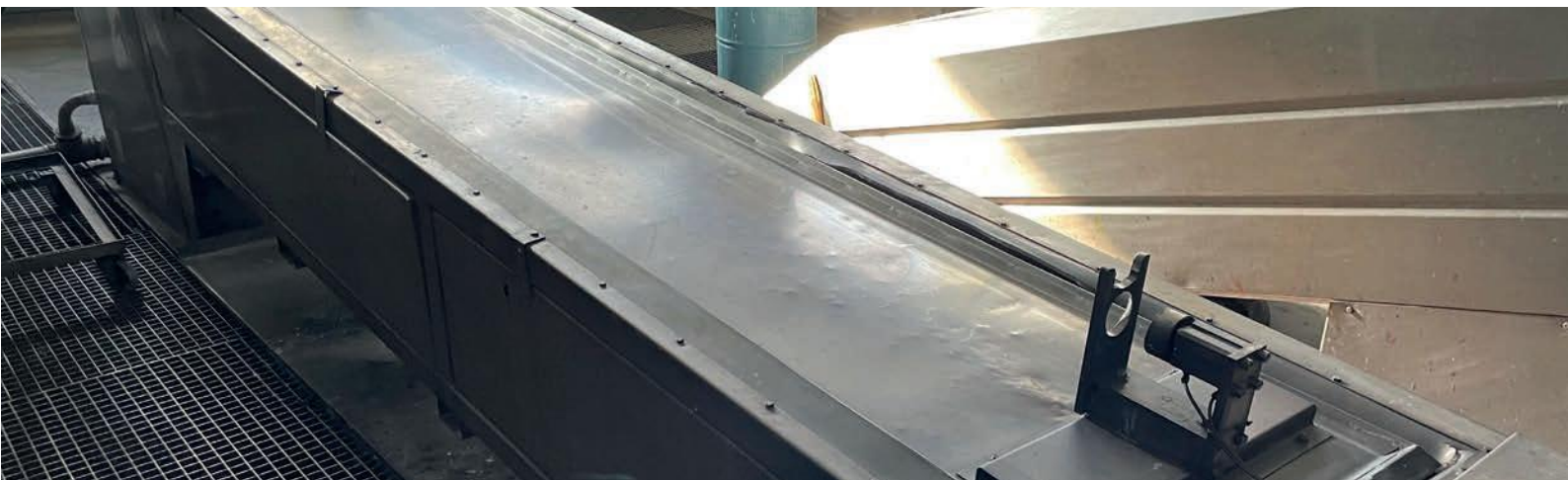


Figura 12. Distribución de tipo de tejido (a) y color (b) para tejidos de punto de los residuos de mezclas CO/PES.



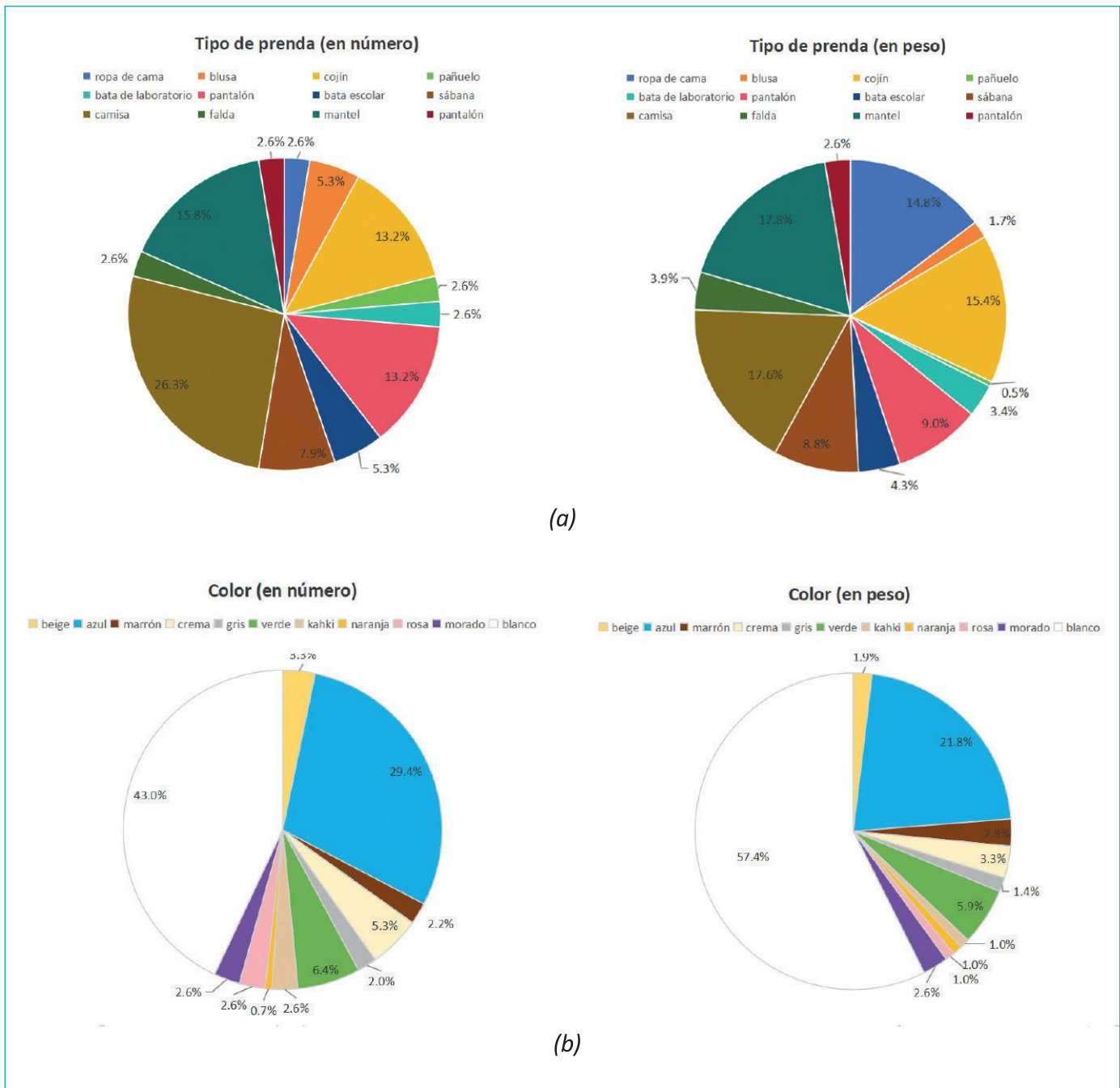
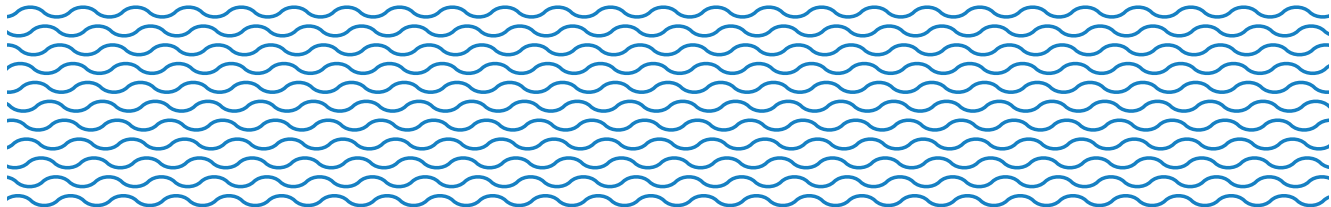


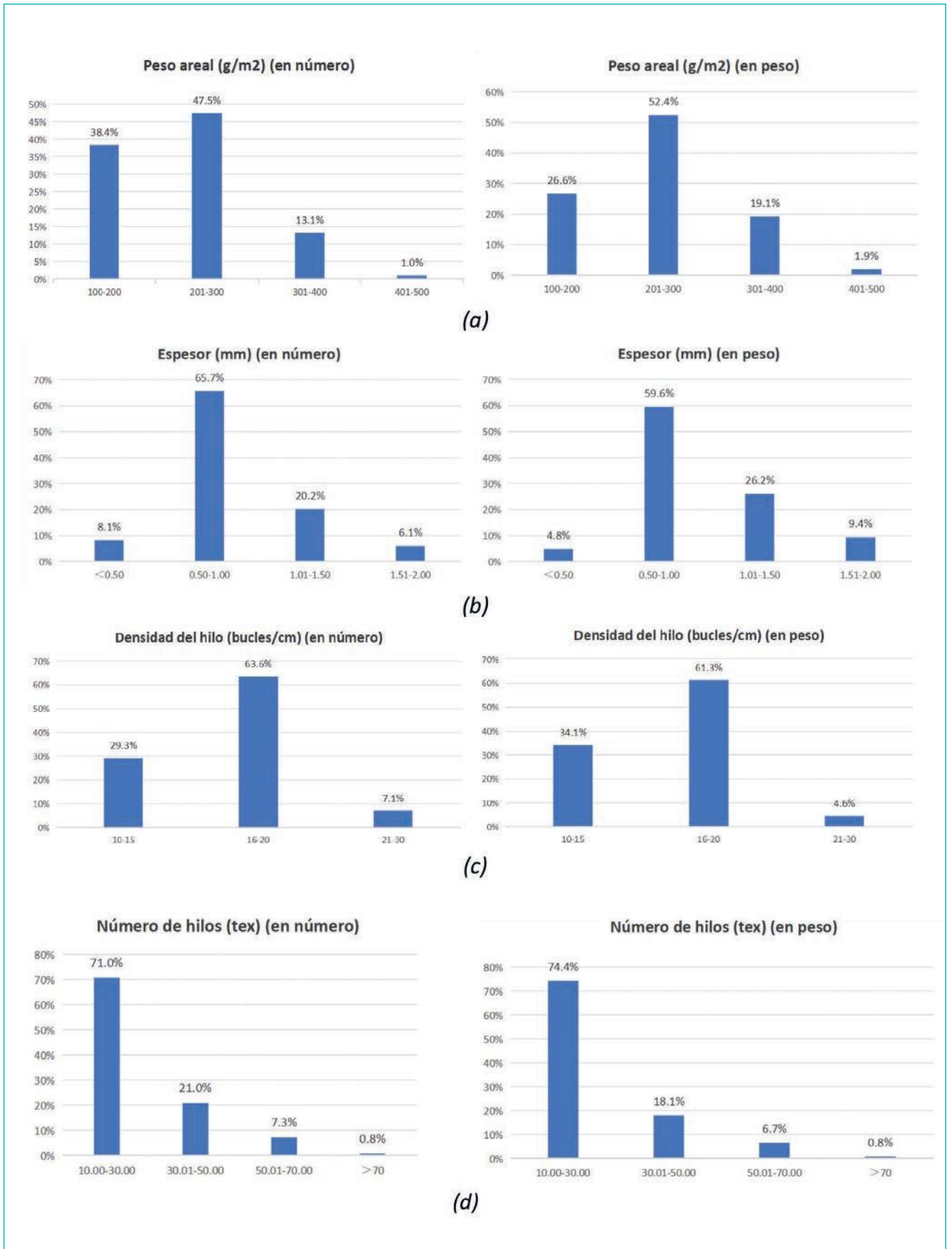
Figura 13. Distribución de tipo de tejido (a) y color (b) para tejidos de calada de los residuos de mezclas CO/PES.

En los tejidos de punto, las camisas tienen el mayor porcentaje, casi el 50%. Los colores de la tela son principalmente gris, azul y negro. En los tejidos de calada, las camisas y los pantalones constituyen la mayor proporción de artículos de vestir, mientras que los textiles

para el hogar son principalmente cortinas y manteles. Sus colores son principalmente azul y blanco.

La distribución del gramaje, espesor, título del hilo y densidad de hilos para los tejidos de punto y calada se presentan en las Figuras 14 y 15 respectivamente.



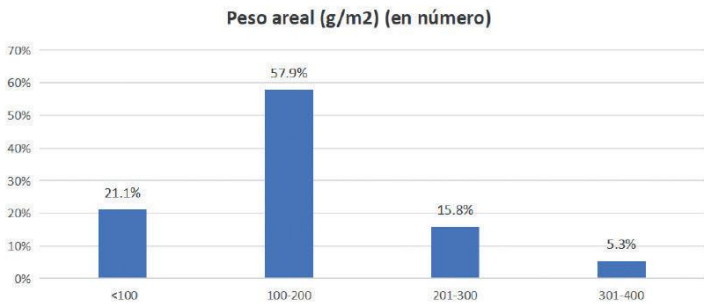


**Figura 14.** Distribuciones de gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) y título del hilo (d) para tejidos de punto de los residuos de mezclas CO/PES.

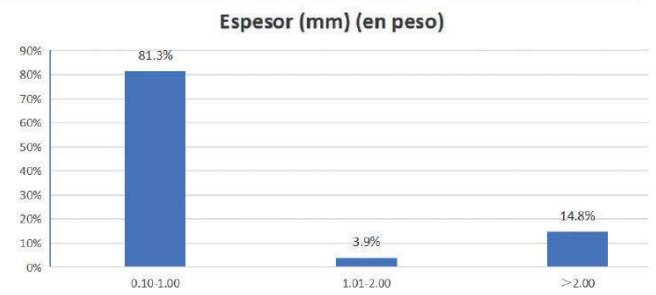
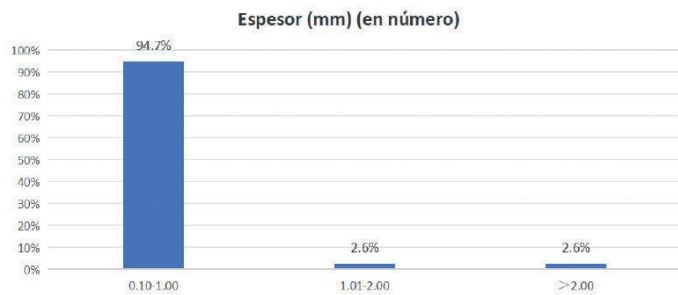
## Artículo Técnico

Ya sea en peso o en número, el gramaje de los tejidos de punto se concentra principalmente en el rango de 100-300 g/m<sup>2</sup>. el espesor está principalmente en el rango de 0,1 a 1 mm, y la densidad de hilos está principalmente en el rango de 10 a 20 mallas/cm, representando ambos aproximadamente el 95% del total. El título del hilo se concentra en el rango de 10 a 50 tex.

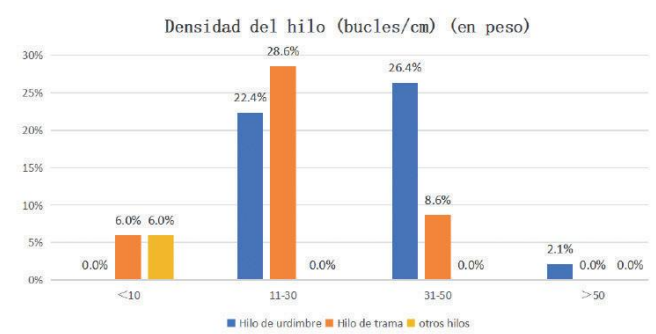
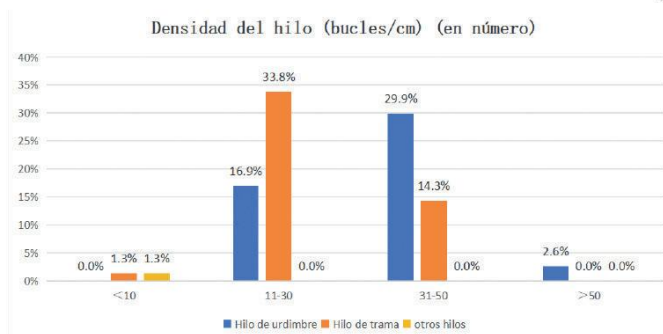
**Figura 15.** Distribución de gramaje (a), espesor (b), densidad de hilos (c) y título del hilo (d) para los tejidos de calada de los residuos de mezclas CO/PES.



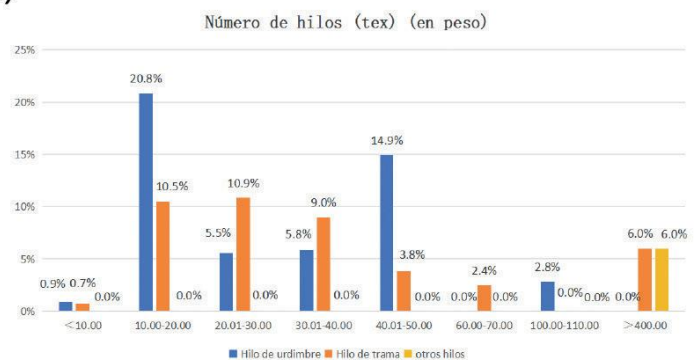
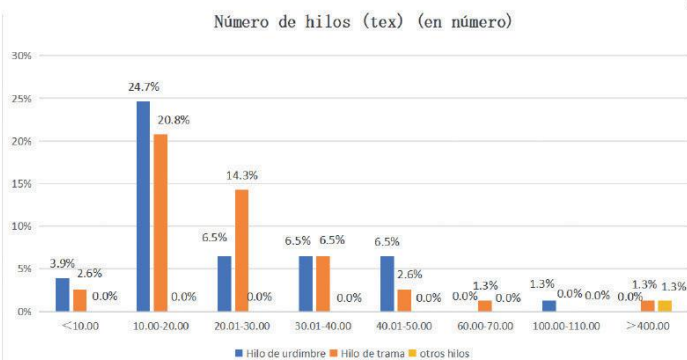
(a)



(b)



(c)



(d)

El gramaje de los tejidos se concentra principalmente en el rango de 44-200 g/m<sup>2</sup> en número y 100-400 g/m<sup>2</sup> en peso. Ya sea en peso o en número, el espesor es principalmente de 0,1 a 1 mm, la densidad de hilos se encuentra principalmente en el rango de 11 a 50 mallas/cm, lo que representa el 86% del total. Los títulos de hilo se concentran en el rango de 10 a 50 tex.

La mayoría de los hilados de tejidos de punto y calada son del tipo de hilatura de anillos (88,7% y 86,0% en número y peso respectivamente) y calada (96,5% y 95,3 % en número y peso respectivamente).

La distribución de los ligamentos de los tejidos de calada se muestra en la Figura 16.

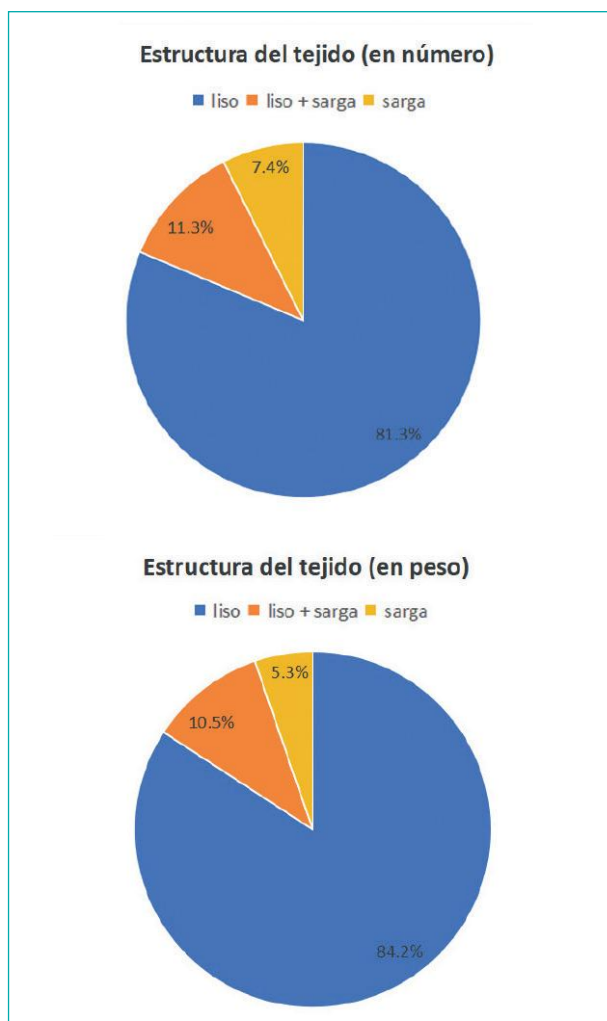


Figura 16. Distribución del tipo de ligamento de los tejidos de calada para los residuos 100% PES.

#### 4. CONCLUSIONES

En nuestro estudio, la distribución de tejidos de punto y calada de los residuos 100% algodón es similar (51,8/48,20 respectivamente). En los tejidos de punto, el 99,5% son prendas de vestir y sólo el 0,5% son

textiles para el hogar, mientras que, en los tejidos de calada, los textiles para el hogar representan el 66,9% y las prendas de vestir el 33,1% en peso. El 51,8% en peso de estos residuos 100% algodón del tipo calada son blancos, mientras que sólo el 8,2% en el caso de los tejidos de punto.

En los tejidos 100% PES, la proporción de tejidos de punto y calada es de aproximadamente 55,6/44,4 en peso respectivamente. En términos de uso final de los tejidos, el porcentaje de textiles para el hogar es ligeramente superior al de los textiles para prendas de vestir, con un 54,9% para los textiles para el hogar y un 45,1% para los textiles para prendas de vestir en peso. En los tejidos de punto, el textil moda representa un porcentaje mucho mayor que el textil hogar (80,4% frente a 19,6% para textil moda y hogar respectivamente en peso). Los tejidos 100% PES son más coloridos que los tejidos 100% algodón, siendo los tejidos blancos (27,2%), seguidos del azul (16%) y el negro (14,3%), y los tejidos de punto un poco más de negro (23,5%) seguido del azul (22,1%) y el blanco (14%). En los tejidos de calada, el contenido de hilados multifilamento es ligeramente superior, con una proporción de 57/43 multifilamento a hilados de fibras discontinuas, mientras que en los tejidos de punto se trata principalmente de hilados multifilamentos, que representan el 72,1%. En tejidos de punto 100% PES, los tejidos seleccionados aleatoriamente tienen un 75% de probabilidad de estar formados por hilados multifilamento.

En los tejidos con mezclas de CO/PES, la proporción entre tejidos de punto y calada es de 70,8/29,2. La proporción entre textil moda y hogar es de 39,5/60,5 respectivamente en los tejidos de calada, mientras que, en los tejidos de punto, únicamente se han encontrados artículos de textil hogar. En los tejidos de calada, el blanco representa una proporción importante, 57,4%, mientras que en los tejidos de punto predominan el gris (24,7%), el azul (22,3%) y el negro (20,2%), con una proporción menor de blanco (6,2%).

Actualmente, el residuo textil más apreciado por el mercado, ya sea para reciclaje mecánico o químico, es el 100% algodón de color blanco. También se aprecia, debido a su mayor facilidad de desfibrado, que los hilos de los tejidos sean del tipo de hilatura de anillos.

En base a los datos obtenidos es este estudio podemos concluir que en los artículos de algodón 100 %, la probabilidad (por kg de residuo) que la prenda sea de color blanco es del 27,4 %. Si la prenda es de tejido de calada esta probabilidad es del 22,9 % y en el caso de que sea de punto este el porcentaje se reduce al 4,6 %.

En el caso de los tejidos de punto de algodón 100 % de este estudio, la probabilidad ( por kg de residuo ) de que los hilos que los forman sean del tipo de hilatura de anillo es del 45,2%. En el caso de los tejidos de calada de algodón 100 % la probabilidad que el ligamento se Tafetán es del 26,31 %.

Para los residuos formados por artículos de mezclas de PES/CO, la probabilidad de que el artículo sea de color blanco es del 57,4 % para los tejidos de calada y 6,2 % para los de punto. En cuanto al sistema de hilatura la probabilidad de que sean de hilatura de anillo es del 86,0 % en los tejidos de punto (el resto es del tipo OE-rotor). En los tejidos de calada de esta mezcla la probabilidad de que sea tafetán es del 84,2 %.

En el caso de que los residuos sean 100 % PES, la probabilidad (en peso) de que el tejido sea blanco es del 20,4 %. Si se trata de tejido de calada sería del 13,1 % y si es de punto del 7,2 %. La probabilidad de que los hilos sean de multifilamento continuo es del 37,3 % en el caso de que se trate de tejido de punto. La probabilidad de que en tejidos de calada el ligamento mar tafetán es del 33,7 %.

Teniendo en cuenta que el volumen de residuos textiles en España es del orden de 900.000 Tn/año y que de estos los de 100% Algodón representan aproximadamente el 54,4% de ellos, podemos estimar que aproximadamente 489.600 Tn corresponden a residuos 100% algodón, de de los cuales, como hemos demostrado en este estudio, aproximadamente el 27,4% en peso serán blancos.

Las cifras presentadas en este estudio, aunque aproximadas, muestran el volumen indicativo de las características de los residuos textiles que se pueden aprovechar para autoabastecer el mercado interior español de fibra reciclada.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento recibido en el marco del proyecot RECYWASTEX (TED2021-130611B-I00 financiado por el MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y la Unión europea "NextGenerationEU"/PRTR. El grupo de investigación TECTEX agradece el financiamiento otorgado por el Department de Recerca i Universitats de la Generalitat de Catalunya (2021 SGR 01056).

- [1] Rodríguez, B. (2020). Aprovechamiento de residuos textiles para otras. aplicaciones es el diseño. Trabajo final de Grado. ESEIAAT. Universitat Politècnica de Catalunya.: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/342148>
- [2] Beton A, Dias D, Farrant L, Gibon T, Le Guern Y, Desaxce M, Perwuelz A, Boufateh I, authors Wolf O, Kougoulis I, Cordella M, Dodd N, editors. Environmental Improvement Potential of textiles (IMPRO Textiles). EUR 26316. Luxembourg (Luxembourg): Publications Office of the European Union; 2014.
- [3] Eco TLC y ADEME; Étude de caractérisation des TLC (Textiles d'habillement , Linge de maison et Chaussures) usagés entrantes en centres de tri ainsi que des déchets ultimos résultant du tri [En línea ] Octubre 2014 [Consulta: junio 2020] Disponible en: [bing.com/ck/a?!&p=de92f3bdfd6653a8JmItdHM9MTcxODg0MTYwMCZpZ3VpZD0zNmEwNGE0NC05YjJkLTY3M-GltMWNhNC01OWUwOWE3NzY-2ZDQmaW5zaWO9NTE4OQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=36a04a44-9b2d-670b-1ca4-59e09a7766d4&psq=Eco+TLC+y+ADEME%3b+Étude+de+caractérisation+des+TL C+\(Textiles+d'habillement%2c+Linge+de++maison+et+Chaussures\)+usagés+entrant+en+centres+de+tri+ainsi+que+des+déchets+ultimes+résultant++du+tri+%5bEn+línea%5d+Octubre+2014+%5bConsulta%3a+junio+2020%5d+Disponible+en&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucmVjeWNsb2NjLXRleHRpbGUuZnlvd2ViL2Nvbn-RlbnQvN-jl5P3VuaXF1ZT0yNWQ3NTgxMTY4OTM5MTN-jZTI1NDc1NWYyYWUwNmNiNWw5MTFkZjNhJmRvd25sb2FkPXRydWU&ntb=1](http://bing.com/ck/a?!&p=de92f3bdfd6653a8JmItdHM9MTcxODg0MTYwMCZpZ3VpZD0zNmEwNGE0NC05YjJkLTY3M-GltMWNhNC01OWUwOWE3NzY-2ZDQmaW5zaWO9NTE4OQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=36a04a44-9b2d-670b-1ca4-59e09a7766d4&psq=Eco+TLC+y+ADEME%3b+Étude+de+caractérisation+des+TL C+(Textiles+d'habillement%2c+Linge+de++maison+et+Chaussures)+usagés+entrant+en+centres+de+tri+ainsi+que+des+déchets+ultimes+résultant++du+tri+%5bEn+línea%5d+Octubre+2014+%5bConsulta%3a+junio+2020%5d+Disponible+en&u=a1aHR0cHM6Ly93d3cucmVjeWNsb2NjLXRleHRpbGUuZnlvd2ViL2Nvbn-RlbnQvN-jl5P3VuaXF1ZT0yNWQ3NTgxMTY4OTM5MTN-jZTI1NDc1NWYyYWUwNmNiNWw5MTFkZjNhJmRvd25sb2FkPXRydWU&ntb=1)
- [4] Análisis de la recogida de la ropa. usado es España. Moda-RE. <https://modare.org/wp-content/uploads/Analisis-de-la-recogida-de-la-ropa-usada-en-España.pdf>
- [5] ISO 7211-5: 1984. Tejidos—construcción—métodos de análisis—parte 5: determinación de la densidad lineal del hilo extraído del tejido[J].
- [6] ISO EN 5084: 1996[J]. Textiles—Determinación del espesor de textiles y productos textiles, 1996.
- [7] Norma ASTM D3775. Método de prueba estándar para el recuento de urdimbre (final) y relleno (recogida) de tejidos [J]. 2008.
- [8] ASTM D.3887-96[J]. Especificación estándar de tolerancia para tejidos de punto.
- [9] ISO 7211-5: 2020. Tejidos—construcción—métodos de análisis—parte 5: determinación de la densidad lineal del hilo extraído del tejido[J].