



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

Influencia del diseño de tejidos en el impacto medioambiental de las aguas de lavado.

MEMORIA PRESENTADA POR:

Maria Berruezo de Lara

GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

DIRIGIDO POR:

Maria Ángeles Bonet Aracil

Ignacio Montava Seguí

Convocatoria de defensa: JUNIO 2019

Resumen

La concienciación sobre el respeto al medioambiente es un aspecto que ha cobrado una importancia relevante en los últimos años. Los primeros esfuerzos por el desarrollo de procesos sostenibles, se centraron en los productos químicos aplicados a las aguas de lavado. Actualmente, se es consciente de la presencia de micro y nanoplásticos en las aguas marinas, que han pasado a formar parte de la cadena trófica marina y por ende, también en la del ser humano. Ello comporta ciertos riesgos de salubridad y la necesidad de actuaciones para su reducción y posterior eliminación. En este proyecto, se pretende evaluar la influencia medioambiental del diseño de tejidos, entendido como el ligado de hilos, es decir el ligamento. Dicha influencia se basará en estudiar a partir de ligamentos básicos, establecer si existe relación alguna entre el coeficiente de ligadura del tejido y la cantidad de fibras que se vierten en las aguas de lavado.

Se evaluará el comportamiento del tejido tanto en el primer lavado como ante los lavados repetidos. También se realizarán ensayos de frote que simulen la acción del rozamiento que sufren las estructuras durante el uso de las prendas. Los tests se realizarán mediante ensayos normalizados. Para finalizar, se realizará una aplicación de los resultados y conclusiones a un diseño específico, creando unas recomendaciones de diseño para disminuir el impacto medioambiental en las aguas de lavado.

Palabras clave

Microplástico

Microfibra

Lavado

Ligamento

Textil

Abstract

The awareness of respect for the environment is an aspect that has gained significant importance in recent years. Early efforts to develop sustainable processes were based on chemicals applied to the washing water. Nowadays, we have been aware of the presence of micro and nanoplastics in marine waters, which have become part of the marine trophic chain and, therefore, of the human being. This implies certain risks for health and the necessity of action for reduction and subsequent elimination. In this project, we pretend to evaluate the influence of designing media ambiental cloth, referring to the tied of threads, that is the ligament. This influence will be based on studying the basic ligaments, establishing if there is any relationship between the ligation coefficient of the fabric and the amount of fibers that are poured into the washing waters. The behavior of the cloth will be evaluated both in the first wash and in the case of repeated washing. Rub tests will also be carried out to simulate the friction action suffered by the structures during the use of the garments. The tests will be carried out through standardized tests. Finally, a implementation of the results and conclusions will be made to a specific design, creating design recommendations to reduce the environmental impact in the washing waters.

Keywords

Microplastic

Microfiber

Washed

Ligament

Textile

Resum

La conscienciació sobre el respecte al medi ambient és un aspecte que ha cobrat una importància rellevant als últims anys. Els primers esforços pel desenvolupament de processos sostenibles, es van centrar en els productes químics aplicats a les aigües de rentat. Actualment s'és conscient de la presència de micro i nanoplàstics a les aigües marines, que han passat a formar part de la cadena tròfica marina i per tant, també en la de l'ésser humà. Això comporta certs riscos de salubritat i la necessitat d'actuacions per a la seva reducció i posterior eliminació. En aquest projecte, es pretén avaluar la influència mediambiental del disseny de teixits, entès com el lligat de fils, és a dir el lligament. Aquesta influència es centrarà en estudiar a partir de lligaments bàsics, establir si hi ha cap relació entre el coeficient de lligat del teixit i la quantitat de fibres que s'aboquen a les aigües de rentat. S'avaluarà el comportament del teixit tant en el primer rentat com davant els rentats repetits. També es realitzaran assaigs de freg que simulin l'acció del fregament que pateixen les estructures durant l'ús de les peces. Els tests es realitzaran mitjançant assajos normalitzats. Per finalitzar, es realitzarà una aplicació dels resultats i conclusions a un disseny específic, creant unes recomanacions de disseny per disminuir l'impacte mediambiental en les aigües de rentat.

Paraules clau

Microplástico

Microfibra

Rentat

Lligament

Tèxtil

Influencia del diseño de tejidos en el impacto medioambiental de las aguas de lavado.



María Berruezo de Lara
Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos
Escuela Politécnica Superior de Alcoy
Universidad Politécnica de Valencia
Dirigido por:
María Ángeles Bonet Aracil
Ignacio Montaba Seguí
JUNIO 2019

AUTORIZACIÓN PARA LA CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

En Valencia, a 03 de Junio de 2019.

D. / Dña. María Berruezo de Lara
(en adelante, "EL/A AUTOR/A") con NIF 23300793 E
y domicilio en C./Sebastián Feringán nº10 - 3ª
Cartagena (Murcia) CP: 30205
(indicar domicilio completo).

MANIFIESTA

Primero. - Que es el/la Autor/a del trabajo fin de grado (*especificar el título*)
Influencia del diseño de tejidos en el impacto medioambiental de las aguas de lavado.

Segundo. - Que el poster del mismo título corresponde a parte de dicho trabajo fin de grado.

Tercero. - Que

Está interesado/a en ceder a la Universitat Politècnica de València sus derechos de reproducción, distribución y comunicación pública del mencionado poster únicamente en base a las siguientes

No está interesado/a en ceder a la Universitat Politècnica de València sus derechos de reproducción, distribución y comunicación pública del mencionado poster únicamente en base a las siguientes
(marcar lo que proceda)

CLÁUSULAS

DEFINICIONES:

Poster: se entiende por tal, el resumen del trabajo fin de grado en formato cartón, incluyendo imágenes, que comprende un extracto estructurado del mismo.

1. OBJETO DEL ACUERDO

1.1 El/La Autor/a cede a la Universitat durante el periodo de vigencia del presente acuerdo, con carácter gratuito, los derechos de reproducción distribución y comunicación pública, del Poster, únicamente para:

- Reproducirlo de forma total o parcial, en un soporte cartón para su uso exclusivo por parte de la Universitat.
- Distribuir el Poster reproducido en formato papel en el caso de que la Universitat lo considerase oportuno.
- La comunicación pública o puesta a disposición, total o parcial, del poster para difusión a través de cualquier canal de comunicación analógico o digital.

1.2. El/La Autor/a podrá autorizar, en todo caso, la cesión de los derechos objeto del presente acuerdo a terceros. Respetando en todo caso la cesión realizada a la Universitat en la cláusula 1.1.

1.3. La cesión se efectúa con carácter no exclusivo a la Universitat Politècnica de València y dada la naturaleza intrínsecamente transfronteriza del medio utilizado en el caso de su comunicación pública, la cesión tendrá eficacia a nivel mundial.

2. GARANTÍAS.

2.1 El/La Autor/a garantiza que es titular de los derechos de propiedad intelectual, objeto de la presente cesión, en relación con el Poster y que, en consecuencia, tiene plenas facultades para realizarla a favor de la Universitat, y que lo establecido en este documento no infringe ningún derecho de terceros, sea la propiedad industrial, intelectual, secreto comercial o cualquier otro.

2.2 Sin perjuicio de cualquier otro derecho que le pueda corresponder, la Universitat podrá cesar en el uso del Poster en el caso de que un tercero haga prevalecer cualquier derecho sobre toda o parte de los

mismos y/o el/la Autor/a no pueda garantizar el ejercicio pacífico de los derechos que son cedidos a la misma. Ambas partes se comprometen a comunicar a la otra, cuando llegue a su conocimiento, la existencia de cualquier reclamación de un tercero relacionada con los cursos multimedia.

3. DURACIÓN.

El acuerdo entrará en vigor el día de su firma. La cesión posee carácter gratuito y tendrá una duración de cinco años.

4. REGIMEN DE LA CESIÓN

La Universitat Politècnica de València no podrá ceder los derechos transmitidos en este documento sin el consentimiento explícito del Autor/a.

5. OBLIGACIONES DEL AUTOR/A.

El/la Autor/a deberá indicar inmediatamente a la Universitat cualquier error o incidencia de la que tenga conocimiento en relación con el Poster, con el objeto de que ésta pueda actuar en consecuencia.

6. PROPIEDAD INTELECTUAL.

6.1 La titularidad de los derechos morales y explotación de propiedad intelectual sobre los Posters, pertenece y seguirá perteneciendo al Autor/a. La Universitat Politècnica de València, adquiere únicamente los derechos que específicamente figuren en este acuerdo, y en particular los que se especifican en la Cláusula 1ª del acuerdo.

6.2 Por lo tanto, quedan excluidos de este acuerdo y reservados al Autor, cuantos derechos le correspondan con relación a modalidades de uso de los Posters no previstas en la cláusula primera, o que hayan de efectuarse en forma y condiciones distintas a las expresamente indicadas en esta cláusula.

7. FINALIZACIÓN DEL ACUERDO.

7.1 El acuerdo finalizará por el cumplimiento de la condición recogida en la anterior Cláusula 3, sin perjuicio de que cada una de las partes pueda instar la rescisión de este acuerdo de cesión en el caso que la otra parte incumpla cualquiera de las obligaciones derivadas del mismo. Asimismo, se podrá proceder a la resolución por mutuo acuerdo o por voluntad unilateral de una de las partes, siempre que se avise a la otra con una antelación mínima de un mes.

7.2 Con la finalización de esta autorización se producirá el cese inmediato en el ejercicio de los derechos cedidos y la Universitat Politècnica de València.

8. JURISDICCIÓN Y LEY APLICABLE.

El presente documento se registrará de conformidad con la legislación española en todas aquellas situaciones y consecuencias no previstas en forma expresa en el mismo y, en concreto, de acuerdo con las prescripciones de la legislación española sobre propiedad intelectual vigentes y demás legislación aplicable. En caso de surgir alguna discrepancia en el alcance, interpretación y/o ejecución de la presente autorización, las partes se someten a la competencia de los Juzgados y Tribunales de Valencia y sus superiores jerárquicos, con expresa renuncia a su fuero, de ser éste diferente.

Y en prueba de conformidad, el/la Autor/a firma la presente autorización, en lugar y la fecha indicados en la cabecera.

Firma del Autor/a:

A handwritten signature in blue ink, reading "María Berruezo", is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large loop at the end.

D/Dª María Berruezo de Lara



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

D/Dña... María Berruezo de Lara

con DNI... 23300793 E ... y estudiante del Grado de Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy de la Universidad Politécnica de Valencia, en relación con el Trabajo Final de Grado que presento para su exposición y defensa titulado Influencia del diseño de tejidos en el impacto mediambiental de las aguas de lavado.

Declaro que asumo la originalidad de dicho trabajo y que todas las fuentes utilizadas para su realización han sido citadas debidamente.

Alcoy a 03 de Junio de 2019

Fdo.: María Berruezo de Lara

Problema



Conclusiones



Si existe una **relación** entre el **diseño estructural** del tejido y el **desprendimiento** de microfibras en el agua de los lavados.

Factores influyentes
Conclusiones parciales

- Densidad
- Ligamento
- Coefficiente de ligadura

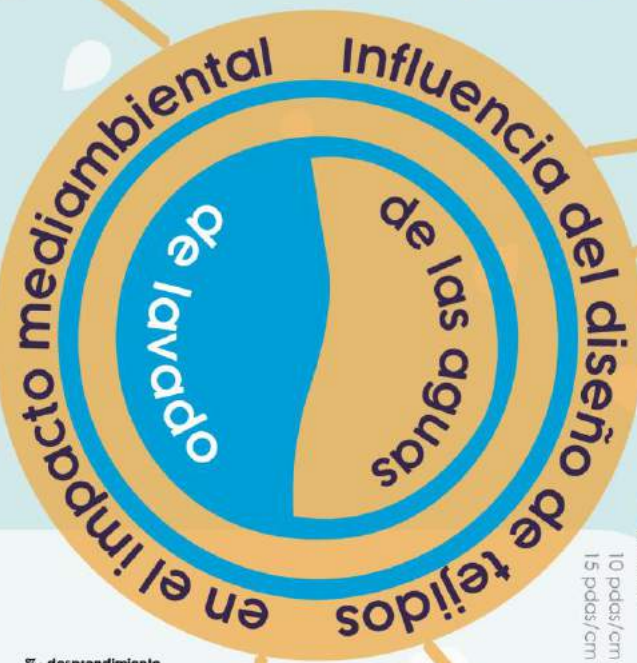
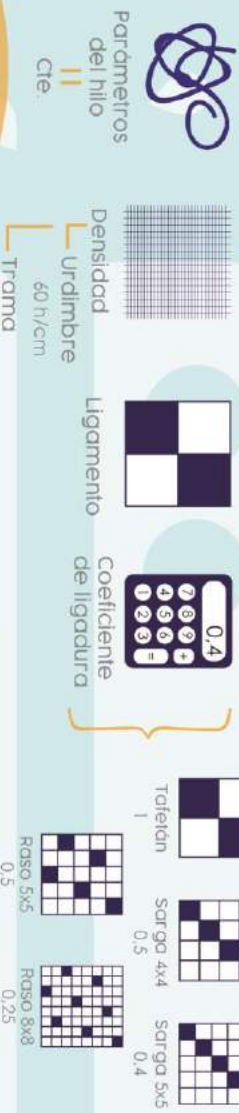
Aplicación real en un diseño de los resultados del estudio

Tejido A - Ligamentos poco óptimos
Tejido B - Ligamentos muy óptimos

Se ensayan obteniendo resultados favorables para el tejido B.



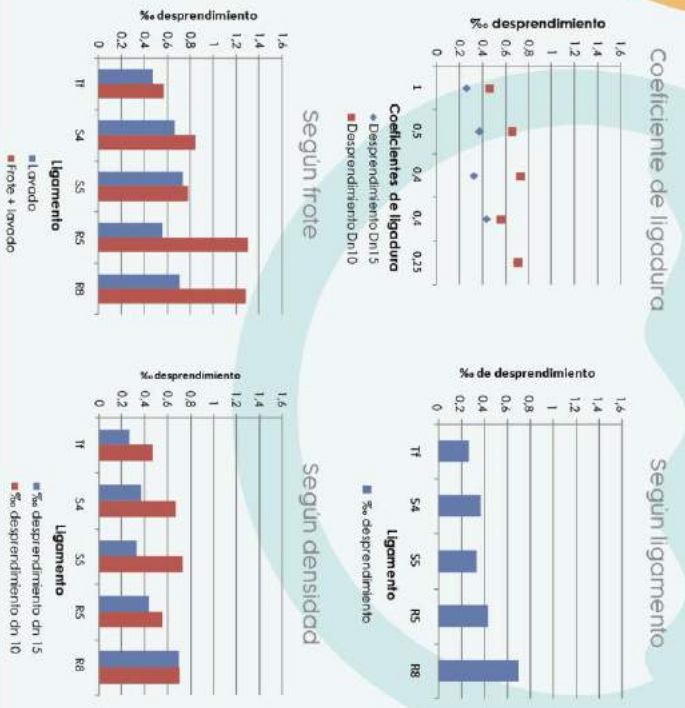
Requisitos de diseño



Ensayos



Resultados



Contenido

1. Objetivo y justificación	14
2. Antecedentes.....	15
2.1. Medioambiente y los plásticos.	15
2.2. Impacto medioambiental del sector textil.	16
2.3. Eliminación de microplásticos.	18
3. Normas y referencias.	19
4. Definiciones y abreviaturas.	22
5. Requisitos de diseño.	24
5.1. Parámetros dependientes del hilo.....	24
5.2. Densidad del tejido.....	27
5.3. Ligamento.....	28
5.3.1. Tafetán.	29
5.3.2. Sarga.....	29
5.3.3. Raso.	30
5.4. Coeficiente de ligadura.....	31
5.4.1. Cálculos.	31
5.4.1.1. Tafetán.	31
5.4.1.2. Sarga 4x4.....	32
5.4.1.3. Sarga 5x5.....	32
5.4.1.4. Raso 5x5.	33
5.4.1.5. Raso 8x8.	33
5.4.2. Clasificación de resultados.....	34
6. Análisis de soluciones.....	35
6.1. Influencia de la densidad.	35
6.2. Influencia del tipo de hilo de trama.....	35
6.3. Influencia del frote.	35
6.4. Procesos de lavado.....	36
7. Resultados finales.	42
7.1. Descripción y justificación del producto	42
7.2. Materiales, estructuras, procesos	42

7.2.1.	Materiales.	42
7.2.1.1.	Hilo.	42
7.2.1.2.	Tejidos.	43
7.2.1.3.	Filtros.	43
7.2.1.4.	Material de laboratorio.	44
7.2.1.4.1.	Probetas.	44
7.2.1.4.2.	Recipientes cerámica.	44
7.2.1.4.3.	Bolas de acero.	45
7.2.1.4.4.	Recipientes del linitest.	45
7.2.2.	Equipos.....	46
7.2.2.1.	Telar.....	46
7.2.2.2.	Linitest.....	47
7.2.2.3.	Máquina de frote.....	48
7.2.2.4.	Estufa.....	49
7.2.2.5.	Sistema de filtrado.....	49
7.2.2.6.	Báscula.....	51
7.2.2.7.	Lupa.....	51
7.2.2.8.	SEM.....	52
7.3.	Resultados del estudio.....	53
7.3.1.	Resultados dependientes del coeficiente de ligadura.....	53
7.3.2.	Resultados dependientes del ligamento.....	54
7.3.3.	Resultados dependiente del frote.....	56
7.3.4.	Resultados dependientes de la densidad.....	59
8.	Conclusiones del estudio.....	61
8.1.	Dependientes del coeficiente de ligadura.....	61
8.2.	Dependientes del ligamento.....	62
8.3.	Dependientes de la densidad.....	62
9.	Recomendaciones para el diseño.....	63
9.1.	Metodología para la validación del estudio.....	63
9.2.	Resultados de la validación del estudio.....	68
9.3.	Conclusiones de la validación.....	70

ANEXO I. Tablas y gráficas del estudio.	71
A. 1º Lavado	71
B. 2º Lavado.....	74
C. 3º Lavado	77
D. 4º Lavado	80
E. 5º Lavado.....	82
F. Frote + Lavado.....	85
G. Acumulativa de lavados	88
a. Densidad 10.....	88
b. Densidad 15.....	89
 ANEXO II. Fotos de los filtros en lupa y microscopía de barrido.	90
A. Filtro sin manipular	90
B. Tejidos iniciales	90
a. Tejido de densidad baja.....	90
b. Tejido de densidad alta	91
c. Tejido de densidad alta con frote	91
d. Tejido de chenilla	92
e. Tejido de chenilla con frote	92
C. Tejidos ensayados.....	93
a. Tafetán de densidad 10	93
i. Lavado.....	93
ii. Frote y lavado	93
b. Tafetán de densidad 15	94
i. Lavado.....	94
ii. Frote y lavado	94
c. Sarga 4x4 de densidad 10	95
iii. Lavado.....	95
iv. Frote y lavado.....	95
d. Sarga 4x4 de densidad 15	96
i. Lavado.....	96
ii. Frote y lavado	96
e. Sarga 5x5 de densidad 10	97

i.	Lavado.....	97
ii.	Frote y lavado	97
f.	Sarga 5x5 de densidad 15	98
i.	Lavado.....	98
ii.	Frote y lavado	98
g.	Raso 5x5 de densidad 10.....	99
i.	Lavado.....	99
ii.	Frote y lavado	99
h.	Raso 5x5 de densidad 15.....	100
i.	Lavado.....	100
ii.	Frote y lavado	100
i.	Raso 8x8 de densidad 10.....	101
i.	Lavado.....	101
ii.	Frote y lavado	101
j.	Raso 8x8 de densidad 15.....	102
i.	Lavado.....	102
ii.	Frote y lavado	102
D.	Fotos del microscópio electrónico de barrido.	103
ANEXO III. Muestras físicas.		106

1. Objetivo y justificación

Este proyecto presenta un doble objetivo, por un lado, optar a la titulación de Grado en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, y por otro, un estudio de la influencia del diseño en el impacto medioambiental del textil.

En cuanto al objetivo temático, se puede definir un objetivo general que depende de diversos objetivos parciales. El objetivo genérico se centra en determinar si el diseño de los tejidos puede influir en la cantidad de fibras que se vierten en las aguas residuales de los procesos de lavado y una recomendación de parámetros de diseño sostenibles para la realización de tejidos. A partir del objetivo general, se generan los diferentes objetivos parciales que se citan a continuación:

- Evaluar la influencia de la densidad de hilos en las aguas residuales de lavado.
- Evaluar la influencia del ligado en la cantidad de fibras que se desprenden en las aguas de lavado.
- Evaluar la influencia del uso de las prendas, simulando acción del frote y realizando diversos ciclos de lavado.

Todo esto se engloba en el objetivo de estudiar la liberación de microfibras en los lavados domésticos, la influencia del diseño de los tejidos y la posterior aplicación en el diseño textil. Estas microfibras pueden considerarse microplásticos cuando proceden de fibras sintéticas, aunque también se generan micropartículas de celulosa, lana, etc. Cabe citar que dichas partículas procedentes de las fibras textiles en ocasiones se citan como microfibras, sin embargo, llegado a este punto se debe definir la diferencia entre una microfibras entendida por definición como una fibra con finura micrométrica y las microfibras que se desprenden de las aguas de lavado y de otros tratamientos de los textiles que corresponden a micropartículas obtenidas a partir de las fibras.

En este caso, abordando los factores de ensayo desde un aspecto estructural del propio producto textil, esperando aportar una nueva solución beneficiosa para el medio ambiente en un formato de diseño textil.

2. Antecedentes

El problema medioambiental está a la orden del día, son muchas las asociaciones, proyectos e iniciativas que buscan soluciones y combaten esta causa. Advierten del peligro y las consecuencias de las tendencias actuales del consumo masivo y las amenazas ecológicas que suponen, como el cambio climático y el calentamiento global, la contaminación, la sobreexplotación de recursos, etc.[1]

Hace unos años se predecían todos estos problemas, que en la actualidad se comienzan a vivir, como las olas de calor de temperaturas récord, incendios forestales con mayor frecuencia, la desaparición de especies vegetales y animales o el ritmo de deshielo de la Antártida.[2]

El consumo humano a grandes escalas es el origen de esta problemática, demandando energía, tierra, agua y, en general, recursos.[3] Que son utilizados para la transformación en bienes de consumo de una sociedad habituada a “usar y tirar”. Esta filosofía, todavía muy arraigada, está suponiendo una decadencia para el planeta.

Parece que en los últimos años se han hecho pequeños cambios a favor de una ética ecológica, que poco a poco intenta favorecer una nueva escala de valores donde el cuidado del planeta está en primer puesto. Aún así, es muy grande el cambio, que sobre todo, los países más desarrollados pueden y deben hacer.

2.1. Medioambiente y los plásticos.

Actualmente, el plástico es fundamental en nuestra forma de vida, llegando a ser la mayoría de objetos y productos cotidianos de este material.[4] Destinando un 36% de plásticos al envase y embalaje, 16% a la construcción, 15% a textiles, 22% a productos de consumo y otros campos, 6% a transporte, 4% a eléctrica y electrónica y 1% a maquinaria industrial.[5]

Los plásticos son polímeros sintéticos que derivan del petróleo o el gas, siendo el primer plástico conocido la baquelita.[6] Desde entonces, el desarrollo en este campo ha aumentado tan notablemente, que casi se ha igualado la producción de plásticos de

los primeros diez años del siglo XXI con la producida durante toda la mitad del siglo pasado.[4]

Esto se ha convertido en un gran problema medioambiental, ya que se ha llegado a una sobreproducción de esta materia en la mayoría de la fabricación de productos de cualquier índole o tipología. Esta sobreproducción lleva a un mal uso y desechado de estos plásticos, siendo una fuente muy potente de contaminación ambiental.

Uno de los entornos más afectados por este problema es el marino, que es de los más castigados. Playas, aguas superficiales, columnas de corrientes marinas, sedimentos submareales, todo esto es afectado por estos derivados del petróleo, que pueden provenir de varias fuentes, como la fragmentación de plásticos más grandes o la entrada directa de microplásticos derivados de los cosméticos o partículas resultantes del desgaste de los productos.[7] Además de estas fuentes, recientemente, se calificó con una prioridad de 7/10 grados la fuentes de las fibras sintéticas derivadas de los lavados domésticos.[4]

2.2. Impacto medioambiental del sector textil.

Según la Universidad Politécnica de Lodz, la industria textil es una de las más grandes y dañinas para el medio ambiente. Siendo, en 2016, 177.700 empresas textiles registradas en Europa. En los últimos años, este sector se ve muy influenciado por la tendencia de la moda rápida y el aumento de consumo.[8]

En el mundo de la moda son muchas las materias utilizadas los tipos de ligamentos, las densidades e incluso los gramajes encontrados en el mercado. La variedad de estructuras textiles es infinita, haciendo un abanico inmenso de posibilidades y cualidades en el artículo. Aún así, la gran mayoría de productos textiles albergan fibras sintéticas. Actualmente este tipo de fibras están muy presentes en los productos textiles, ya que gracias a ellas se mejoran cualidades de las prendas o productos, como la elasticidad o la capacidad de transpiración que pueden presentar las estructuras de las que forman parte.

El aumento de descuentos y rebajas, junto con la reducción de los plazos de producción beneficia este nuevo estilo de consumo, de tal forma que en 2014 se superó la producción de 100 mil millones de artículos textiles. Actualmente se trabaja en encaminar esta industria hacia la economía circular, buscando mermar la cantidad de desperdicios textiles, aumentar los tiempos de uso del producto y reciclar todo lo que sea posible.[8]

Datos de estudios realizados por Greenpeace, aseguran que en unos años el incremento del consumo de ropa será del 63%.[9] Sin embargo, es posible que esta tendencia cambie como consecuencia de una mayor concienciación, en parte derivada de la implicación de agentes sociales como son los políticos, medios de comunicación, etc.

Aún así, el consumismo implantado en la población actual deriva en una gran demanda de fibras, que ascendió a 99 millones de toneladas en 2016, siendo un 62,7% fibras sintéticas. Con este ritmo, se prevé, en 2025, una demanda de 130 millones de toneladas de fibras, implicando un aumento de la producción de algodón y poliéster del 40%.[8]

En consecuencia, el aumento de los desechos textiles es cada vez mayor [8], sumando el impacto medioambiental que generan las fibras sintéticas, liberando hasta 1 millón de fibras microplásticas en un solo lavado, según Greenpeace.[9]

El intento de cambio del sector implica un desafío muy importante, ya que supone la reexaminación de todo proceso productivo en busca de la reducción de productos químicos nocivos, aguas residuales, sobreproducciones dañinas e implementar nuevas técnicas respetuosas con el medio ambiente.

Greenpeace apoya este cambio ofreciendo campañas como la “Detox”, que fomenta la transformación de la industria textil, centrándose en la eliminación de químicos peligrosos, la revisión de la producción y la re-evaluación de las producciones de fibra y de procesos en húmedo.

Siendo el reto principal la reducción de residuos ocasionados por la moda rápida. Compromiso que adoptaron 80 empresas embarcadas en el proyecto “Detox”, lanzado por Greenpeace, representando un 15% de la producción mundial de ropa.[9]

A pesar del avance progresivo de la inclusión de la economía circular en el textil, los lavados de prendas son necesarios, lo que implica el vertido de las fibras a ríos y aguas marinas. Esta liberación se produce tanto en los lavados industriales como domésticos debido a la actividad mecánica y química en el lavado. Las dimensiones de los microplásticos expulsados no son detectadas por las plantas de tratamiento de aguas residuales entrando en mares y océanos.[10] Esto afecta tanto a la fauna como a la flora marina, existiendo peces con estrés hepático, muerte celular y tumores, en los casos más extremos. Todo esto causado por la ingesta de polietileno.[4]

De este hecho nace la necesidad de estudiar dicha liberación producida por los lavados domésticos. Atendiendo a factores como la temperatura, los tiempos de lavado, los productos químicos utilizados, los programas disponibles, etc. Son varios los estudios y ensayos que desde esta perspectiva han tratado de evaluar dichos aspectos, centrándose, mayoritariamente, en las características del propio lavado y las externas a la tela.

2.3. Eliminación de microplásticos.

En las últimas décadas se han desarrollado varias tecnologías y sistemas de depuración para aguas residuales. La mayoría de ellos se centran en la eliminación de contaminantes presentes en procesos químicos de la cadena de transformación textil. Existen varias categorías que clasifican estos sistemas de limpieza, según el tipo de método, la composición, las características y concentración del material.[11]

Uno de estos métodos de limpieza es el tratamiento preliminar que eliminan materiales gruesos suspendidos, como hilos, pelusas, fibras... Esto se consigue mediante el uso de barras, pantallas finas y sistemas de raspado mecánico. La flotación es otro de los sistemas existentes para la eliminación de pequeñas fibras en aguas residuales. Se consigue mediante el efecto de la flotabilidad, la presión hidrostática y la intervención de otras fuerzas, que consiguen que la fibra quede en la superficie y se pueda eliminar.[11]

Pese a estos sistemas, en la actualidad no se aplica ningún protocolo de limpieza específica de las aguas residuales procedentes de los lavados, quedando estos microplásticos en efluentes que son vertidos a mares y océanos.

3. Normas y referencias.

1. ¿A qué problemas ecológicos nos enfrentamos en la realidad?.
<https://blog.oxfamintermon.org/a-que-problemas-ecologicos-nos-enfrentamos-en-la-actualidad/>
Visitado el 18/05/19
2. Así ha sido la lucha por el medio ambiente en 2018.
<https://es.greenpeace.org/es/noticias/asi-ha-sido-la-lucha-por-el-medio-ambiente-en-2018/>
Visitado el 18/05/19
3. Informe planeta vivo wwf.
http://awsassets.wwf.es/downloads/informe_planeta_vivo_2018.pdf?_ga=2.162564540.1285658786.1558171520-1403427241.1558171520
Visitado el 18/05/19
4. ANDRADY, Anthony L. Microplastics in the marine environment. Marine pollution bulletin, 2011, vol. 62, no 8, p. 1596-1605.

5. The world of plastics, in numbers.
<http://theconversation.com/the-world-of-plastics-in-numbers-100291>
Visitado el 18/05/19
6. COLE, Matthew, et al. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Marine pollution bulletin*, 2011, vol. 62, no 12, p. 2588-2597.
7. NAPPER, Imogen E.; THOMPSON, Richard C. Release of synthetic microplastic fibres from domestic washing machines: effects of fabric type and washing conditions. *Marine pollution bulletin*, 2016, vol. 112, no 1-2, p. 39-45.
8. KOSZEWSKA, Małgorzata. Circular Economy Challenges for the Textile and Clothing Industry. *Autex Research Journal*, 2018, vol. 18, no 4, p. 337-347.
9. Siete años de Campaña Detox: El sector textil avanza pero el 85% de la industria sigue suspendiendo
<https://es.greenpeace.org/es/sala-de-prensa/comunicados/siete-anos-de-campana-detox-el-sector-textil-avanza-pero-el-85-de-la-industria-sigue-suspendiendo/>
Visitado el 17/05/19
10. DE FALCO, Francesca, et al. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics. *Environmental Pollution*, 2018, vol. 236, p. 916-925.
11. MOSTAFA, Mohammad. Waste water treatment in textile Industries - the concept and current removal technologies. *J Biodivers Environ Sci*, 2015, vol. 7, no 1, p. 501-525.
12. UNE-EN ISO 2060. Textiles. Hilos arrollados. Determinación de la masa lineal (masa por unidad de longitud) por el método de la madeja.

13. UNE 40600-5. Textiles. Tejidos. Construcción. Métodos de análisis. Parte 5: Determinación de la densidad lineal (número o título) de los hilos de un tejido.
14. UNE 40014. Indicación del sentido de la torsión en los hilos y otros textiles lineales.
15. UNE 40600-4. Textiles. Tejidos. Construcción. Métodos de análisis. Parte 4: Determinación de la torsión de los hilos de un tejido.
16. UNE 40018. Designación de los hilos.
17. AB. Reglamento (UE) N° 1007/2011 del parlamento europeo y del consejo relativo a las denominaciones de las fibras textiles y al etiquetado y marcado de la composición en fibras de los productos textiles y por el que se derogan la Directiva 73/44/CEE del Consejo y las Directivas 96/73/CE y 2008/121/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
18. Tecnología del tejido. Tomo primero: Teoría de tejidos. Vicente Galcerán Escobet. Ed. Escuela técnica superior de ingenieros Industriales Sección textil. 1960 Terrassa.
19. UNE-EN ISO 105-C06. Solidez del color al lavado doméstico y comercial.

4. Definiciones y abreviaturas.

- Fibra: filamento natural, vegetal o sintético, utilizado para la formación de los hilos y tejidos.
- Hilo: se referencia así a los hilos que forman la urdimbre, y a las columnas que son representadas en un ligamento.
- Pasada: se conoce así a los hilos que conforman la trama. Cada fila de la representación de un ligamento hace alusión a una pasada.
- Ligamento: ligado o estructura del tejido. Manera predeterminada en que los hilos se cruzan y enlazan con las pasadas para formar el tejido.
- Tomo: hilo por encima de pasada.
- Dejo: hilo por debajo de pasada.
- Basta: Porción de hilo flotante sobre la superficie del tejido.
- Curso del ligamento: Número de hilos y pasadas que conforman el ligamento y la cuadrícula en la cual representarlo.
- Escalonado: posición relativa entre los tomos de cada hilo o pasada, puede ser regular o irregular.
- Urdimbre: Conjunto de hilos que alimenta el tejido en sentido vertical. Suelen ser siempre los mismos, ya que cambiarlos es muy caro y un proceso muy trabajoso para la maquinaria.
- Trama: Conjunto de hilos que se dispone horizontalmente en el tejido. Este es más variable, ya que su cambio no ocasiona demasiados gastos de tiempo.

- Puntos de ligadura: son los puntos de inflexión que efectúa el hilo o la pasada en el paso de la cara al envés o viceversa.
- Coeficiente de ligadura: valor numérico que representa el grado de enlace de los hilos y las pasadas, o de la urdimbre y la trama.
- TDB: Tejido de Densidad Baja
- TDA: Tejido de Densidad Alta
- TCH: Tejido de Chenilla
- Tf10: Tafetán de densidad 10
- Tf15: Tafetán de densidad 15
- S410: Sarga de 4x4 y densidad 10
- S415: Sarga de 4x4 y densidad 15
- S510: Sarga de 4x4 y densidad 10
- S515: Sarga de 4x4 y densidad 15
- R510: Raso de 5x5 y densidad 10
- R515: Raso de 5x5 y densidad 15
- R810: Raso de 5x5 y densidad 10
- R815: Raso de 5x5 y densidad 15

5. Requisitos de diseño.

Son varios los factores estructurales que pueden influir en la liberación de estas micropartículas de origen plástico. En estos parámetros se engloba:

- Parámetros dependientes del hilo.
 - Título
 - Torsión
 - N° de cabos y retorsión.

- Parámetros dependientes del tejido.
 - Densidad del tejido
 - Gramaje
 - Ligamento
 - Coeficiente de ligadura

Para una mayor comprensión de la influencia de estos parámetros en el grado de liberación posterior de microplásticos, es conveniente explicar los aspectos que se han evaluado en el desarrollo de este proyecto.

5.1. Parámetros dependientes del hilo.

Entre las propiedades del hilo se pueden encontrar parámetros como son el título y la torsión, que definirán la cantidad de fibras que alberga el hilo así como el enmarañamiento o torsión que las mantiene unidas. A priori, podemos predecir que una mayor retención de las fibras puede limitar la pérdida de fibras tanto durante el uso como en las condiciones de mantenimiento de los tejidos, como puede ser el lavado de prendas.

Estas características estructurales del hilo no se abordarán en el presente proyecto y por tanto permanecerán constantes durante el transcurso de todo el proceso de ensayos.

El hilo de urdimbre es de 16,7 tex tangleado y de poliéster.

El hilo de trama es caracterizado gracias a las distintas normas que establecen la medición y denominación de estos. Para ello se ha realizado la medición mediante el empleo del Aspe y cuadrante (UNE-EN ISO 2060. Textiles. Hilos arrollados. Determinación de la masa lineal (masa por unidad de longitud^[12]) por el método de la madeja), verificando los resultados con la medición gravimétrica con la ayuda de la balanza y el Mestex (UNE 40600-5. Textiles. Tejidos. Construcción. Métodos de análisis. Parte 5: Determinación de la densidad lineal (número o título) de los hilos de un tejido^[13]). La indicación del sentido de la torsión del hilo se ha realizado con la norma UNE 40014. Indicación del sentido de la torsión en los hilos y otros textiles lineales^[14]. El valor de la torsión se obtuvo con el torsiómetro (UNE 40600-4. Textiles. Tejidos. Construcción. Métodos de análisis. Parte 4: Determinación de la torsión de los hilos de un tejido^[15]). Para cada hilo analizado se ha calculado la medición como la media de los resultados obtenidos sobre 5 probetas. Obteniendo según la norma UNE 40018. Designación de los hilos^[16] un hilo de:

64 tex Z 880

Siguiendo el reglamento establecido para las denominaciones de las fibras textiles y el etiquetado (Reglamento (UE) N° 1007/2011 del parlamento europeo y del consejo^[17]) y marcado de la composición en fibras de los productos textiles, se procede al análisis de las fibras. En primer lugar se realiza un análisis microscópico con la ayuda de una disolución yodo yodurada y una disolución sulfoglicérida. La preparación de la muestra evidencia que el hilo está compuesto por una mezcla binaria de fibras. Para el análisis de las mismas se ha recurrido al empleo de la luz del propio microscopio (figura 1) o de un accesorio polarizador que sólo permita pasar la luz polarizada (figura 2).

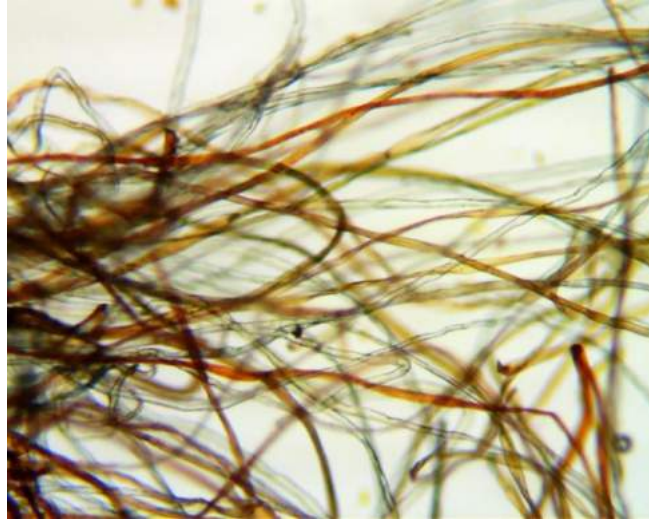


Figura 1

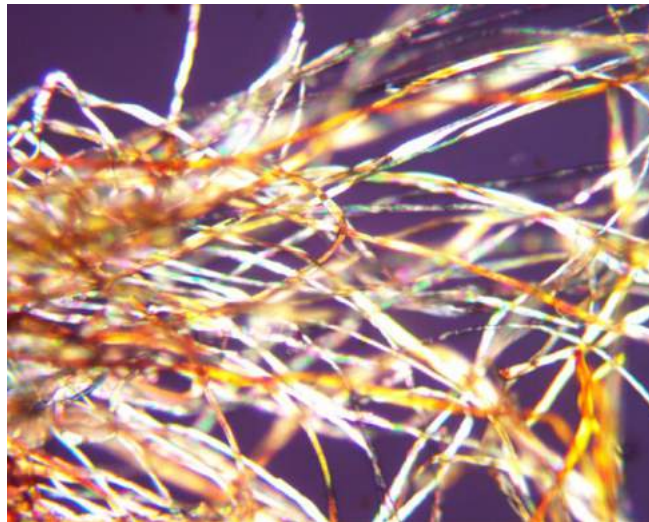


Figura 2

Con estas imágenes se observa que una de las fibras se ha tintado de color marrón, siendo éstas las que poseen vueltas de torsión, ambas cosas indican que se trata de fibras de algodón. La fibra que no presenta vueltas de torsión por la apariencia que presenta indica que se trata de una fibra sintética, dado que no ha adquirido tonalidad alguna procedente del yodo, a priori, se podría suponer que se trata de poliéster o acrílica ya que la fibra de poliamida adquiere la tonalidad marrón del yodo y se ataca por la solución sulfoglicérida. Gracias a la imagen con luz polarizada (fig. 2), se determina que las fibras sintéticas presentes son poliéster, dado que dichas fibras permiten el paso de la luz polarizada. En el caso de que se

tratase de fibra acrílica, por lo general no dejan pasar la luz.

Dado que el ensayo microscópico no aporta gran fiabilidad se procedió al análisis con reactivos según indica el propio Reglamento (UE) N° 1007/2011 del parlamento europeo y del consejo [17]. Se procedió según el método 7 con el tratamiento de ácido sulfúrico al 75%. Dicho ensayo permitió verificar que las fibras celulósicas de algodón se disolvieron permaneciendo las fibras sintéticas.

Por todo ello se puede concluir que el hilo de trama usado es una mezcla de algodón poliéster.

5.2. Densidad del tejido.

La densidad de un tejido puede ser muy variada, aunque está muy relacionada con el título del hilo y determina el gramaje del tejido.

La densidad se indica tanto por trama como por urdimbre, siendo en trama pasadas/cm y en urdimbre hilos/cm. La densidad de la urdimbre no suele variar mucho, ya que viene determinada por el plegador del telar. La de trama suele variar en un abanico más amplio de valores, normalmente menores que la densidad de urdimbre, aunque esto no es siempre así. Lo que si que determina en gran medida la densidad de trama es el título de las pasadas, ya que deben ser acordes.

Según la densidad que otorguemos al tejido, obtendremos distintas cualidades de resistencia, tupidez, gramaje y amarre de los hilos. De tal forma que cuanto menor sea la densidad, más ligero y fresco será el tejido. A mayor densidad, más tupido y pesado será el tejido.

Hay que destacar que a mayor densidad, más cantidad de hilos y materia contiene la tela y más compactos se encuentran. Con una menor densidad, hay menos hilos y la sujeción es más ligera.

Dadas las limitaciones del telar que se encuentra instalado en la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA), no es viable cambiar el plegador de la urdimbre, por lo que la densidad de urdimbre permanece constante en 60 h/cm, ya que es la determinada en el telar. La densidad de trama se modificará variando entre dos valores. Se establece dos tipos de densidades de trama, una alta, de 15 pdas/cm, y una baja, de 10 pdas/cm.

5.3. Ligamento.

Para el estudio y comparación del impacto medioambiental según la estructura del tejido, se escogen tres tipos de ligamentos, los ligamentos fundamentales:

- Tafetán
- Sarga
- Raso

Estos son ligamentos simples, dando lugar a tejidos simples, formados por una urdimbre y una trama, siguiendo las órdenes de un único ligamento. Con el fin de establecer relaciones directas, el estudio de estructuras más complejas queda relegado a acciones futuras.

5.3.1. Tafetán.

Es el ligamento más básico y de menor tamaño. Es el más utilizado. Además origina una tela fuerte y con gran resistencia a la tracción, poseyendo un gran poder de ligadura. Se consigue alternando el alza de los hilos pares e impares e insertando la trama. Su enunciado es 1e1 y su curso de ligamento es cuadrado de 2x2 y con un escalonado regular.



Figura 3

5.3.2. Sarga.

Ligamento sencillo y característico por su diagonal, presente en el aspecto final del producto. Este ligamento es la base de una gran variedad de artículos textiles. El surco característico puede variar de sentido según donde se encuentren las bastas, en la trama o en la urdimbre.

En este caso, se realiza un ligamento ligero, presentando las bastas en la trama y realizando la diagonal en los tomos. Ligamento de escalonado regular y de curso cuadrado. Se escogen dos variedades de sarga, una con enunciado 3 e 1, de curso 4x4, y otra con enunciado 4 e 1, de curso 5x5.

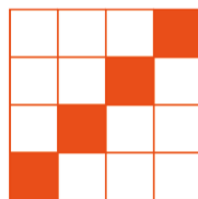


Figura 4

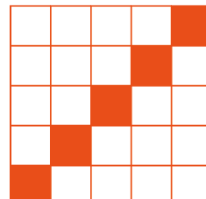


Figura 5

5.3.3. Raso.

También conocido como satén. Se caracteriza por una apariencia lisa y brillante en una de sus caras. En ocasiones y dependiendo de las densidades puede presentar diagonales, pareciéndose a la sarga. Se aplica en tejidos de fantasía, lencería o textil hogar. Se forma a partir de escalonados regulares o irregulares.

Existe una clasificación, según en la forma que se reparten sus puntos, en:

- Rasos perfectos (generan un cuadrado)
- Rasos rómbicos (generan un rombo)
- Rasos imperfecto (paralelogramo)

Para el estudio se realizan dos tipos de raso, ambos de escalonado regular y de curso cuadrado. Uno con enunciado 3 e 2, de curso 5x5, y otro con 5 e 3, de curso 8x8.

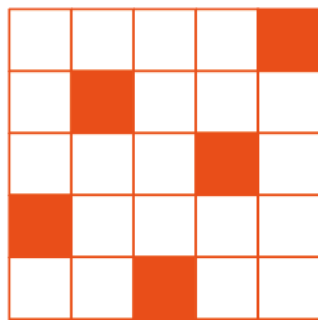


Figura 6

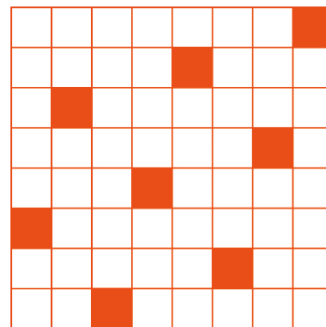


Figura 7

5.4. Coeficiente de ligadura.

Es muy importante el conocimiento del poder de ligadura de los distintos ligamentos utilizados.

Se puede calcular tanto el coeficiente de un hilo o pasada como el de la urdimbre y la trama. Para un hilo o pasada se consigue dividiendo los puntos de inflexión de un hilo o pasada entre el número de pasada o hilos, según lo que se quiera calcular. Para la urdimbre y trama, dividiendo los puntos de inflexión del ligamento entre el número de hilos por el de pasadas.

Esto nos ayuda a comprender el grado de entrelazado de los hilos y pasadas del ligamento, indicando que ligamento se encuentra “más atado” o “menos atado” y de qué manera influye a la liberación de microplásticos en las aguas de lavado.

Para poder conocer los ligamentos utilizados, se calcula sus coeficientes de ligadura.

5.4.1. Cálculos.

5.4.1.1. Tafetán.

Coeficiente de ligadura del hilo/pda.

$$K_l = \frac{2}{2} = 1$$

Coeficiente de ligadura de urdimbre y trama.

$$K_{l_{urd}} = \frac{2 * 2}{2 * 2} = \frac{2}{2} = 1$$

$$K_{l_{trama}} = \frac{2 * 2}{2 * 2} = \frac{2}{2} = 1$$

$$K_{l_{total}} = \frac{2 * 2}{2 * 2} = \frac{2}{2} = 1$$



Figura 8

5.4.1.2. Sarga 4x4.

Coeficiente de ligadura del hilo/pda.

$$K_l = \frac{2}{4} = 0,5$$

Coeficiente de ligadura de urdimbre y trama.

$$K_{l_{urd}} = \frac{2 * 4}{4 * 4} = \frac{2}{4} = 0,5$$

$$K_{l_{trama}} = \frac{2 * 4}{4 * 4} = \frac{2}{4} = 0,5$$

$$K_{l_{total}} = \frac{2 * 4}{4 * 4} = \frac{2}{4} = 0,5$$



Figura 9

5.4.1.3. Sarga 5x5.

Coeficiente de ligadura del hilo/pda.

$$K_l = \frac{2}{5} = 0,4$$

Coeficiente de ligadura de urdimbre y trama.

$$K_{l_{urd}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$K_{l_{trama}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$K_{l_{total}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

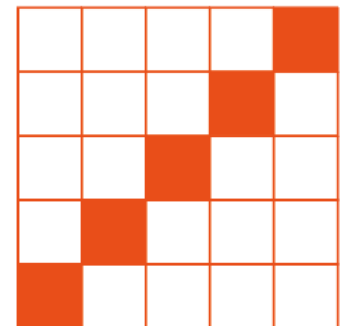


Figura 10

5.4.1.4. Raso 5x5.

Coefficiente de ligadura del hilo/pda.

$$K_l = \frac{2}{5} = 0,4$$

Coefficiente de ligadura de urdimbre y trama.

$$K_{l_{urd}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$K_{l_{trama}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$K_{l_{total}} = \frac{2 * 5}{5 * 5} = \frac{2}{5} = 0,4$$

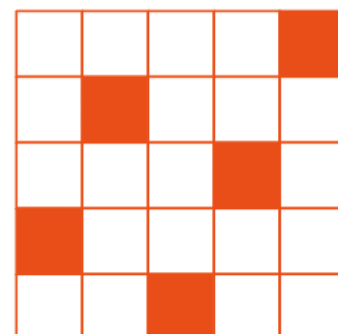


Figura 11

5.4.1.5. Raso 8x8.

Coefficiente de ligadura del hilo/pda.

$$K_l = \frac{2}{8} = 0,25$$

Coefficiente de ligadura de urdimbre y trama.

$$K_{l_{urd}} = \frac{2 * 8}{8 * 8} = \frac{2}{8} = 0,25$$

$$K_{l_{trama}} = \frac{2 * 8}{8 * 8} = \frac{2}{8} = 0,25$$

$$K_{l_{total}} = \frac{2 * 8}{8 * 8} = \frac{2}{8} = 0,25$$

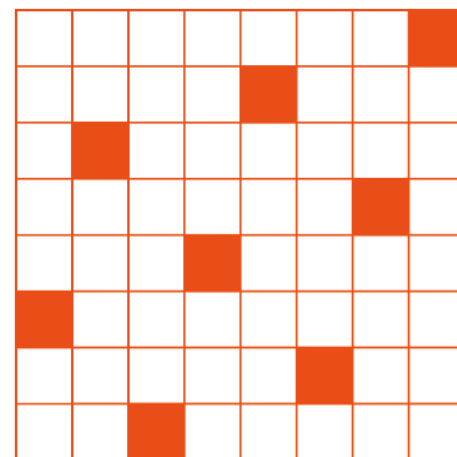


Figura 12

5.4.2. Clasificación de resultados.

Una vez calculado el valor del coeficiente de ligadura de los tejidos, se puede clasificar^[18] según los resultados en:

Coeficiente de ligadura	Grado de ligado
Entre 1 y 0,66	Muy ligado
Entre 0,66 y 0,4	Normalmente ligado
Entre 0,4 y 0,2	Poco ligados

Tabla 1

Quedando de la siguiente manera los ligamentos utilizados:

Ligamento	Grado de ligado
Tafetán	1 = Muy ligado
Sarga 4x4	0,5 = Normalmente ligado
Sarga 5x5	0,4 = Normalmente ligado
Raso 5x5	0,4 = Normalmente ligado
Raso 8x8	0,25 = Poco ligado

Tabla 2

Como se puede observar, atendiendo al coeficiente de ligadura, se realizará el estudio a partir de un tejido muy ligado, otro poco ligado y tres tejidos de ligado medio con diferentes ligamentos.

6. Análisis de soluciones.

6.1. Influencia de la densidad.

Para determinar los parámetros definitivos de densidad en los ensayos, se realizan dos tejidos, uno de densidad más alta y otro de densidad más baja. Con esta prueba previa, se pretende observar si hay diferencias significativas como para ensayar los mismos tejidos variando densidades.

Con los resultados obtenidos de este ensayo previo (tabla 3), se determina que existen pequeñas diferencias en cuanto al desprendimiento de microfibras. Las suficientes como para valorar los ensayos en dos parámetros de densidades distintos. Por lo que se establecen dos densidades a ensayar, una de 15 pdas/cm y otra de 10 pdas/cm.

6.2. Influencia del tipo de hilo de trama.

Se realiza un ensayo previo de dos tipos de hilos, uno de chenilla y otro de acrílico. También se ensayan las probetas de tejido correspondientes a cada hilo de trama.

Con los resultados, se concluye que no muestran una diferencia tan significativa como para estudiar las distintas repercusiones. De esta forma, se determina la utilización de un solo hilo de trama, el acrílico. Centrando el análisis en la estructura del propio tejido, más que en el propio hilo.

6.3. Influencia del frote.

Otro factor a valorar es la diferencia de desprendimiento en tejidos sometidos al frote, previamente al lavado. Esto simula la acción del uso de una prenda de vestir usada regularmente. Por lo que se realiza un ensayo con probetas

sometidas a esta acción de desgaste, observando que los resultados aumentan en comparación con las probetas lavadas únicamente (tabla 3).

Tras varias pruebas de frote, se determina que se someterá a cada probeta a 15 min de frote con 2 contrapesos.

Lavado	Tejidos	P seco	P1 (1h secado)
Lavado 1	TDB	0,1362 g	0,1369 g
	TDA	0,1384 g	0,1388 g
	TCH	0,1346 g	0,1357 g
Lavado 2 Con FROTE.	TDA2	0,1348 g	0,1360 g
	TCH2	0,1396 g	0,1410 g

Tabla 3

6.4. Procesos de lavado.

Se comienza siguiendo el plan de ensayos utilizado en un artículo relacionado.[10] En este se toma de referencia la norma UNE-EN ISO 105-C06. Solidez del color al lavado doméstico y comercial.[19] Se siguen los parámetros del ensayo A1S, utilizando el Linitest y un sistema con bomba de filtrado, utilizando unos filtros de fibra de vidrio con un tamaño de poro de 1,2 μm .

Se ensayan probetas de dimensiones de 10x4 cm y madejas de hilo con igual peso que la probeta correspondiente, con los parámetros de lavado de A1S, que se detallan a continuación:

- 40°C
- 10 bolas de acero
- 150 ml de agua destilada
- 30 min de duración
- Sin ajustar pH

Previamente, se ponen los filtros a secar. Los filtros están hechos de vidrio, cuya tasa legal de humedad es 0, pero al ser una estructura porosa, el aire de los intersticios puede contener humedad que haga oscilar el peso de los filtros. Por eso, se comprueba su peso a la hora y a las dos horas de permanecer en la estufa a 100°C, para descartar posibles variaciones de peso por la influencia de la humedad ambiente. Con esto se demuestra que una hora de secado es suficiente para eliminar esa posible humedad ambiente (tabla 4).

Filtro	Peso 1 (1h de secado)	Peso 2 (2h secado)
1	0,3387 g	0,3387 g
2	0,3360 g	0,3360 g
3	0,3427 g	0,3427 g
4	0,3319 g	0,3318 g
5	0,3375 g	0,3375 g
6	0,3370 g	0,3370 g

Tabla 4

Tras esto, se procede al filtrado del agua recogida de las distintas probetas tras el lavado. El filtrado se puede realizar por gravedad, sin embargo, en este caso se ha realizado con la ayuda de una bomba de vacío. Una vez realizado el proceso de filtrado, se vierte el agua destilada con el fin de arrastrar posibles fibras que quedarán en el recipiente de lavado y se pasa por el filtrado. El sistema que se utiliza se compone de un embudo agujereado (figura 13 y 14), donde se coloca el filtro de vidrio, que encaja en un erlenmeyer, donde va a parar el agua ya filtrada.



Figura 13



Figura 14

Tras esto, se introducen los filtros en la estufa para su secado. Se comprueba el peso tras la hora de secado y tras las dos horas de secado, no hay diferencia significativa de resultados por lo que se determina una hora de secado posterior al filtrado.

Filtros	P seco	P1 (1h secar)	P2 (2h secar)
F1=TDB	0,3387g	0,3399g	0,3397g
F2=HTA	0,3360g	0,3350g	0,3355g
F3=HCH	0,3427g	0,3416g	0,3417g
F4=TCH	0,3319g	0,3316g	0,3319g
F5=TDA	0,3375g	0,3370g	0,3371g
F6=HUB	0,3370g	0,3374g	0,3374g

Tabla 5

Al no apreciar diferencias en el pesado de los filtros (tabla 5) cuando ha transcurrido una hora o dos horas a 100 °C se puede concluir que la cantidad de fibras no es sustancialmente representativa como para que la humedad que retienen las fibras precise más de 60 minutos para su secado absoluto.

Se repite el mismo procedimiento, sometiendo únicamente a las probetas de tejidos a un segundo lavado con iguales parámetros.

Con nuevas probetas de los tejidos, se realiza el mismo procedimiento, incrementando la temperatura de lavado a 90°C.

Tras la recogida de los resultados de los distintos ensayos realizados (tabla 6) no se encuentran diferencias de peso relativas al desprendimiento de microfibras en el agua de lavado. En consecuencia se valoran ciertos aspectos seguidos en los ensayos para mejorar los resultados obtenidos.

Tipo Lavado	Filtros	P seco	P1 (1h secado)
Lavado 1 40°C 30 min 150 ml agua 10 bolas acero	F1=TDB	0,3387g	0,3399g
	F2=HTA	0,3360g	0,3350g
	F3=HCH	0,3427g	0,3415g
	F4=TCH	0,3319g	0,3315g
	F5=TDA	0,3375g	0,3370g
	F6=HUB	0,3370g	0,3374g
Lavado 2 (repetición lavado1)	F7=TDB2	0,3370g	0,3470g
	F8=TDA2	0,3439g	0,3439g
	F9=TCH2	0,3369g	0,3372g
Lavado 3 90°C (= condiciones)	F10=TDB3	0,3326g	0,3323g
	F11=TDA3	0,3354g	0,3343g
	F12=TCH3	0,3449g	0,3450g

Tabla 6

Tras los resultados, se procede a aumentar las dimensiones de las probetas y la inclusión de realizar un ensayo con frote previo de las muestras, simulando el desgaste habitual de una prenda durante el uso. Con el objeto de que las muestras a lavar tras el frote sean de las mismas dimensiones que la muestra lavada, se calcula el área de superficie lavada y la de la superficie que se expone al frote. Por tanto, se determina que la probeta se compone de cuatro fragmentos de 5,5 x 5,5 cm (figura 15).



Figura 15

Quedando los ensayos de la siguiente manera:

- Un ensayo de lavado, con las nuevas dimensiones de probeta, de los tres tipos de tejidos, de alta densidad, de baja densidad y con trama chenilla.
- Un ensayo de lavado con frote previo al lavado.

Los test de lavado se realizan con los mismos parámetros del ensayo de solidez al lavado según la norma UNE EN ISO 105 C06: Test A1S, tal y como se ha descrito anteriormente.

Tipo Lavado	Filtros	P seco	P1 (1h secado)
Lavado 1 40°C 30 min 150 ml agua 10 bolas acero	F1=TDB	0,3387g	0,3399g
	F2=HTA	0,3360g	0,3350g
	F3=HCH	0,3427g	0,3415g
	F4=TCH	0,3319g	0,3315g
	F5=TDA	0,3375g	0,3370g
	F6=HUB	0,3370g	0,3374g
Lavado 2 (repetición)	F7=TDB2	0,3370g	0,3470g
	F8=TDA2	0,3439g	0,3439g
	F9=TCH2	0,3369g	0,3372g
Lavado 3 90°C	F10=TDB3	0,3326g	0,3323g
	F11=TDA3	0,3354g	0,3343g
	F12=TCH3	0,3449g	0,3450g
Lavado 4 40°C Probeta 4 frag.	F13=TDB4	0,3594g	0,3582g
	F14=TDA4	0,3580g	0,3583g
	F15=TCH4	0,3585g	0,3583g

Tabla 7

Finalmente se analizan los resultados de la gravimetría de los filtros, que no son concluyentes (tabla 7), determinando que un posible condicionante de esto sea el sistema de filtrado mediante embudo.

Con un nuevo sistema de filtrado, que se compone de un soporte con rejilla donde se sitúa el filtro (figura 16) y una pieza superior encima mediante un sistema magnético, sujetándolo y evitando fugas (figura 17), se realiza:

- Lavado de tejido chenilla
- Lavado de tejido de densidad alta
- Lavado de tejido de densidad baja
- Lavado de tejido de chenilla con frote
- Lavado de tejido de densidad alta con frote
- Lavado de tejido de densidad baja con frote



Figura 16

Figura 17

Con estos nuevos ensayos si se obtienen resultados representativos del desprendimiento de microfibras en el agua recogida de los lavados (tabla 3).

Con esto se procede a determinar un proceso estándar para los ensayos con diferentes tejidos.

El protocolo definitivo de lavado es:

- 1) Cortar las muestras en dimensiones de 5,5 x 5,5 cm. Cuatro muestras por tejido.
- 2) Secado del filtro durante 60 minutos a 100° C.
- 3) Preparación del lavado con:
 - a. 150 ml de agua destilada.
 - b. 10 bolas de acero.
 - c. 4 muestras de tejido.
- 4) Se introduce en el linitest a 40 °C durante 30 minutos.
- 5) Se pesan los filtros secos, anotando su gramaje.
- 6) Se prepara el filtro en el sistema de filtrado.
- 7) Se recoge el agua del lavado y se filtra.
- 8) Se extrae el filtro y se seca en la estufa durante 60 minutos a 100° C.
- 9) Se pesa el filtro seco y se anota el gramaje.
- 10) Se observa a la lupa.

7. Resultados finales.

7.1. Descripción y justificación del producto

Las estructuras textiles laminares empleadas en artículos de indumentaria o textil-hogar, artículos que se suelen encontrar en cualquier lavado doméstico, se pueden clasificar en tres tipos:

- Tejido de calada
- Género punto
- No tejidos.

El presente estudio se centra en artículos de tejido de calada con el fin de acotar el mismo, quedando pendiente para acciones futuras la realización de estudios enfocados en la influencia del diseño en género de punto o en estructuras no tejidas.

7.2. Materiales, estructuras, procesos

7.2.1. Materiales.

7.2.1.1. Hilo.

El hilo utilizado es el explicado anteriormente. Para la trama se escoge un hilo de acrílico de 62,07 tex (figura 18). En la urdimbre se utiliza el dispuesto en el plegador telar de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy, de 16,7 tex de poliéster y tangleado.



Figura 18

7.2.1.2. Tejidos.

Como se explica en anteriores apartados se utilizan 10 tipos de tejidos con la misma trama pero distintos ligamentos y densidades:

- Tafetán de densidad 10
- Sarga de 4x4 de densidad 10
- Sarga de 5x5 de densidad 10
- Raso de 5x5 de densidad 10
- Raso de 8x8 de densidad 10
- Tafetán de densidad 15
- Sarga de 4x4 de densidad 15
- Sarga de 5x5 de densidad 15
- Raso de 5x5 de densidad 15
- Raso de 8x8 de densidad 15

7.2.1.3. Filtros.

Los filtros utilizados son de fibra de vidrio (de la marca Frisennette), suministrados por AKRALAB, tienen un poro de 1,2 μm y una dimensión de 47 mm de diámetro (figura 19), estos se ajustarán al sistema de filtrado.



Figura 19

7.2.1.4. Material de laboratorio.

7.2.1.4.1. Probetas.

Utilizados para medir la cantidad de agua destilada que añadir a los lavados (figura 20).



Figura 20

7.2.1.4.2. Recipientes cerámica.

Donde se colocan los filtros para secar en la estufa tanto antes del lavado como tras el filtrado (figura 21).



Figura 21

7.2.1.4.3. Bolas de acero.

Utilizadas en los test de solidez al lavado, como simulación del efecto mecánico de las lavadoras domésticas (figura 22).



Figura 22

7.2.1.4.4. Recipientes del linitest.

Vasos específicos del linitest, con un cierre hermético, para evitar la fuga del agua y la introducción de agentes extraños dentro de la atmósfera de lavado (figura 23).



Figura 23

7.2.2. Equipos

7.2.2.1. Telar

Para tejer los tejidos ensayados se usa el telar Jacquard de la EPSA (figura 24). Este está compuesto por la máquina Jacquard de Stäubli y la máquina de tejer de Smit. Con un software específico (Design Scope Victor de EAT), instalado en los ordenadores del laboratorio se preparan y trabajan los diseños para el telar. Este cuenta con cinco caminos de 20 cm, en donde se pueden encontrar hasta 3 combinaciones de color distintas. La primera parte de la urdimbre es completamente marrón, la segunda es blanca y amarilla, y la tercera es blanca, negra, roja, azul y amarilla. Esto no influye en las características físicas del hilo, ya que son todas iguales, exceptuando el color.



Figura 24

7.2.2.2. Linitest.

El linitest de Fongs, es la máquina utilizada para realizar los lavados (figura 25). Esta simula las condiciones de un lavado doméstico según parámetros introducidos, como la temperatura y el tiempo. La acción mecánica se consigue con las bolas de acero explicadas anteriormente.

En su interior posee un cabezal donde se introducen los recipientes específicos para la máquina (figura 26). Este cabezal es el que va rotando, consiguiendo que en el interior de los recipientes se realice el lavado.



Figura 25



Figura 26

7.2.2.3. Máquina de frote.

Para realizar el frote de las probetas correspondientes antes del lavado (figura 27) se recurre a un Abrasímetro Alter de Jaume Bot i Riera. Esta puede variar se agresividad de frote, ya que es posible utilizar diferentes superficies para realizar el desgaste, como el papel de esmeril o lana. En este caso, se utiliza la lana normalizada para este ensayo, ya que produce desgaste sin llegar a romper las probetas.

Cuenta con un sistema de amarre de la probeta, el cual, con ayuda de unos contrapesos, consigue tensar la probeta para que el frote en una determinada área sea válido.



Figura 27

7.2.2.4. Estufa.

Se recurre a una estufa de Selecta para secar las probetas (figura 28). En su interior posee varias baldas donde poder depositar los recipientes con los filtros (figura 29). Con el regulador de temperatura, se selecciona la deseada y un termómetro que se visualiza en el exterior de la máquina indica la temperatura del interior.



Figura 28

Figura 29

7.2.2.5. Sistema de filtrado.

Este se compone de varios elementos:

- 1) Bomba de vacío de Comecta Ivymen (figura 32).
Gracias al motor que lleva, realiza la operación de succión, haciendo que el filtrado sea más eficaz.
- 2) Varios erlenmeyer (figura 30).
Se encuentran conectados entre ellos mediante unos tubos, con los que se consigue el vacío. Uno de los erlenmeyer, es el que almacena el agua que ya ha sido filtrada, necesitando que se vacíe cada cierto tiempo.

- 3) Accesorio con rejilla para filtrar (figura 31).
Se sitúa en el erlenmeyer que almacena el agua.
Encima de la rejilla se sitúan los filtros, sujetándose con la parte superior que se fija mediante un sistema magnético, garantizando un buen sellado.
Con este sistema, se evitan las fugas de las microfibras por los laterales de los filtros.



Figura 30

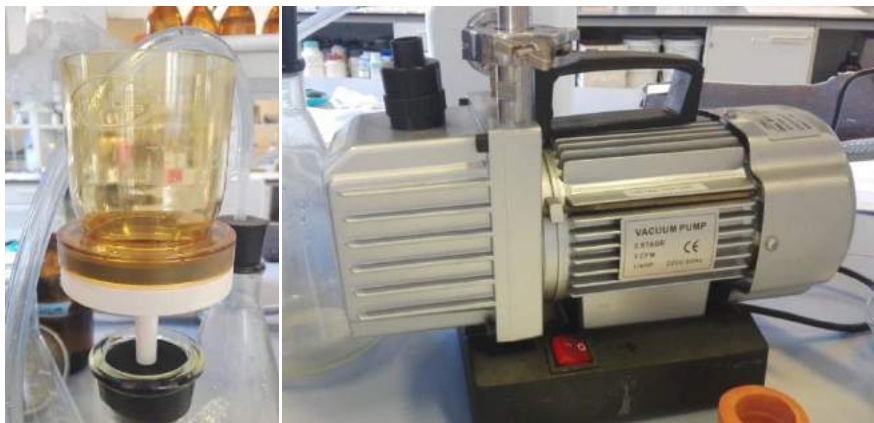


Figura 31

Figura 32

7.2.2.6. Báscula.

Mediante una Báscula Kern se realiza la medición de los diferentes filtros, y de las probetas.



Figura 33

7.2.2.7. Lupa.

Con la adaptación de una cámara específica de la marca Zazi (figura 35) a la lupa Olympus SZ-CT (figura 34) y un ordenador que contiene el software específico de la cámara (SZSS2000), se cogen muestras visuales de los filtros tras el filtrado del agua recogida. Con ello, se puede observar con mayor facilidad la presencia de microfibras en los filtros.



Figura 34



Figura 35

7.2.2.8. SEM.

Microscopio electrónico de barrido (SEM) de PhenomMicroscope (FEI Company, Hillsboro, OR, USA). Cada muestra se coloca en una superficie y se recubre con una capa de oro y paladio con la finalidad de transformarlas en conductoras utilizando el SputterCoater EMITECH mod. SC7620 (Quorum Technologies Ltd., EastSussex, UK). Se han analizado las muestras con los aumentos convenientes y con una tensión de aceleración de 10 kV.



Figura 36

7.3. Resultados del estudio

7.3.1. Resultados dependientes del coeficiente de ligadura

Tras realizar los test de solidez al lavado y recoger resultados, se pasan a tanto por mil, para ver el nivel de desprendimiento que existe según el coeficiente de ligadura calculado en apartados anteriores (tabla 1 y 2). Recordando que hay 1 tejido muy ligado, 3 normalmente ligado y 1 poco ligado.

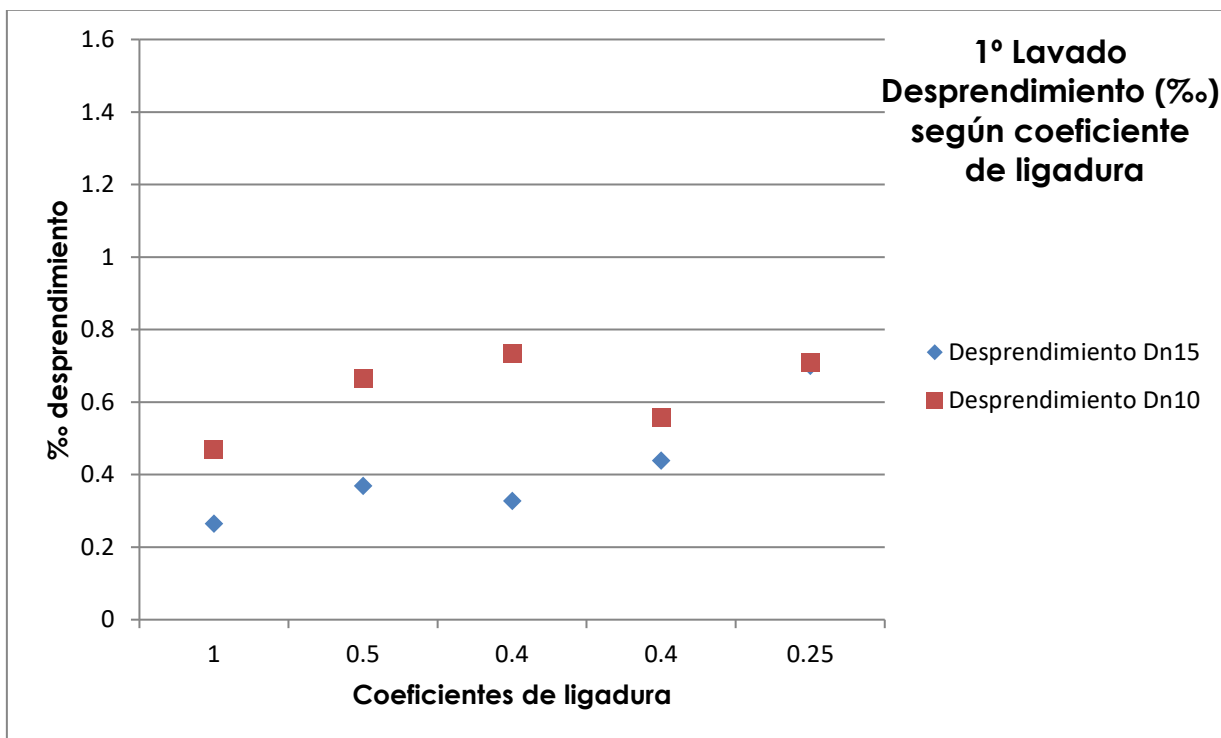


Gráfico 1: 1ºLavado. Influencia del coeficiente de ligadura en el desprendimiento.

Como se observa en el gráfico 1, hay una relación entre el desprendimiento de fibras con el coeficiente de ligadura del tejido. Cuando mayor es el coeficiente de ligadura, es decir, cuanto más ligados están los hilos con las pasadas, menor es la liberación de microfibras. Y cuando menor es el poder de ligadura, mayor es la liberación.

Esto se produce porque la estructura se encuentra más ligada o menos ligada, permitiendo más o menos libertad en los hilos, por lo que las fibras con mayor posibilidad de movimiento tienden a desprenderse, quedando liberadas en el agua.

7.3.2. Resultados dependientes del ligamento

El ligamento, como ya se ha comentado antes, está muy unido al coeficiente de ligadura, ya que el ligamento indica por donde se entrelaza el hilo. Con la siguiente gráfica se observa como esto también influye en el desprendimiento de micropartículas.

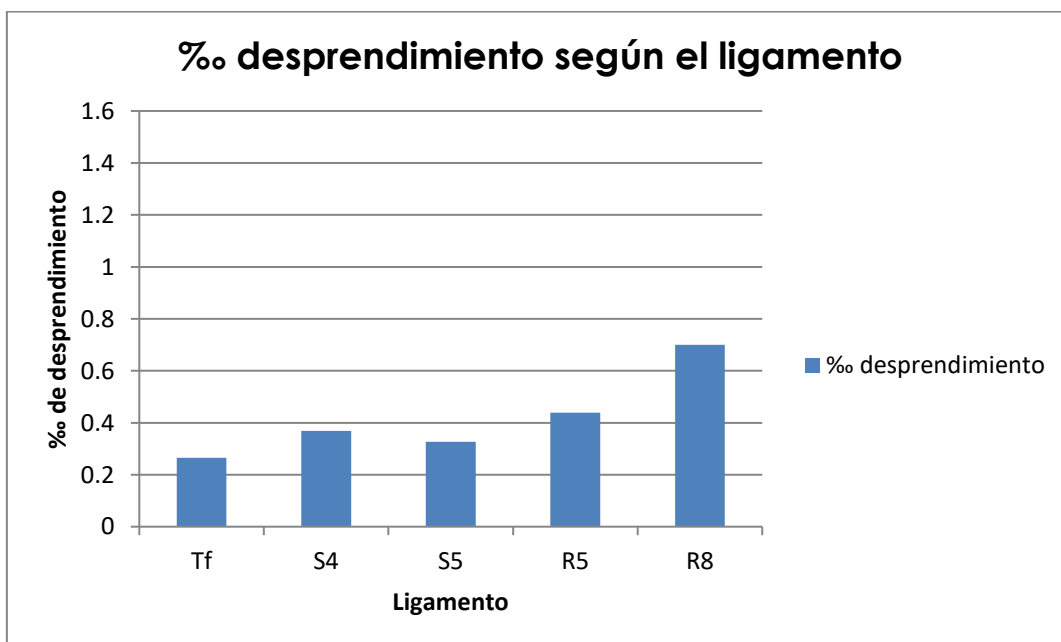


Gráfico 2: Influencia del ligamento en el desprendimiento de microfibras.

Tf= tafetán; S4= sarga de 4x4; S5= sarga de 5x5; R5= raso de 5x5; R8= raso de 8x8

En este gráfico se observa un comportamiento similar al del gráfico 1. Esto nos muestra, que los ligamentos que presentan ausencia de bastas, como es el tafetán (Tf), sueltan menores porcentajes de microfibras, siendo al contrario con los ligamentos que presentan bastas mayores, como puede ser el raso de 8x8 (R8), o los ligamentos intermedios que presentan bastas de menor tamaño, de ahí que el desprendimiento sea menor que en el raso de 8 y mayor que en el tafetán.

Además se ve que la sarga 5x5 teniendo el mismo coeficiente de ligadura que el raso 5x5, desprende menos que el raso. Podemos comprobar esto con la lupa, viendo en la sarga 5x5 (figura 37) menos restos que en el raso 5x5 (figura 36).

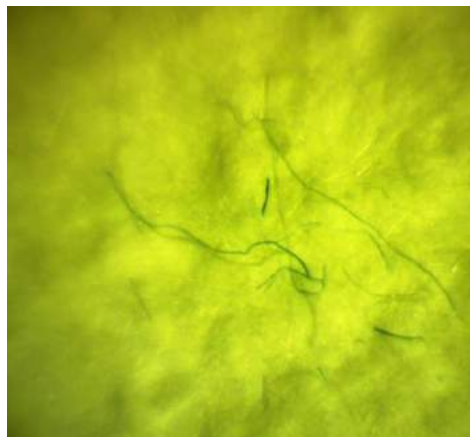


Figura 37

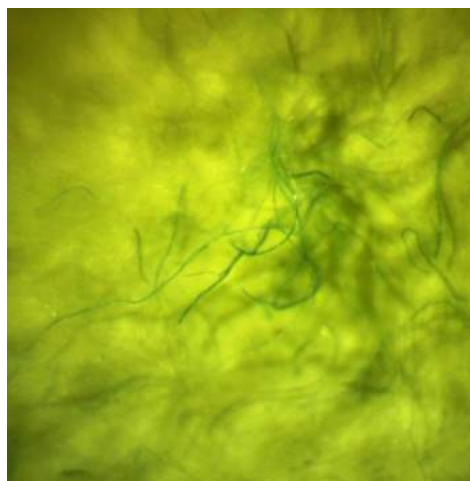


Figura 38

Con la imagen tomada en el SEM (fig 39) se observa de una manera más precisa la presencia de fibras de poliéster como las lisas y las de algodón que son las que presentan vueltas de torsión. En el anexo III se muestran más imágenes de esta tipología.

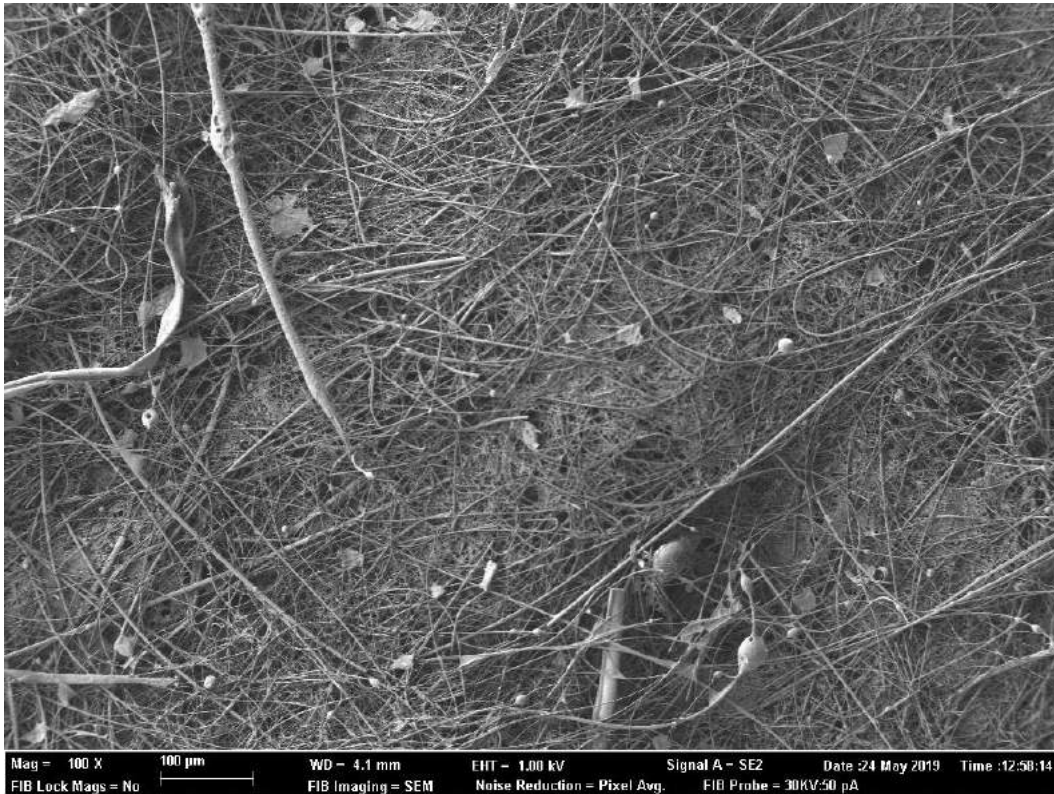


Figura 39

7.3.3. Resultados dependiente del frote

Los resultados obtenidos y reflejados en ambas gráficas (gráfica 3 y 4), muestran que el desgaste de las estructuras y el roce son participes en el aumento de liberación de microfibras, ya que frote hace que fibras que en un principio están recogidas, comiencen a migrar hacia posiciones externas y sea más sencilla su liberación ante la presencia de cualquier agente externo. Esto junto con el lavado, produce que como resultado final se experimente un aumento de los niveles de desprendimiento.

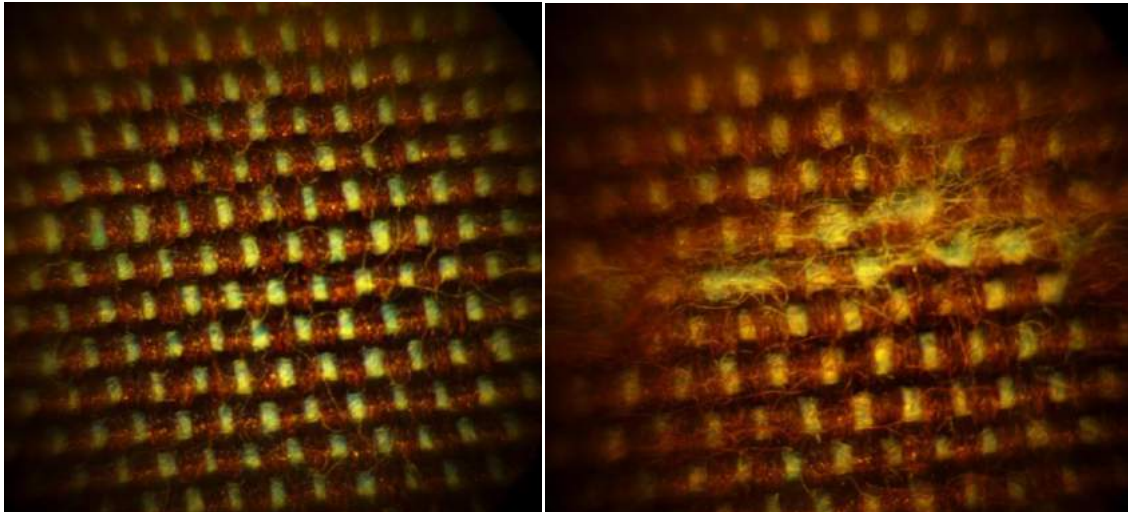


Figura 40

Figura 41

En la figura 40, se puede observar el tejido sin ser sometido a ningún tipo de abrasión. Sin embargo, en la figura 41 se ve la muestra de un tejido sometido al frote, el cual hace que en la vellosidad de la superficie sea mayor y, en ciertas zonas puntuales, se vea con más definición el desgarrar de algunas fibras.

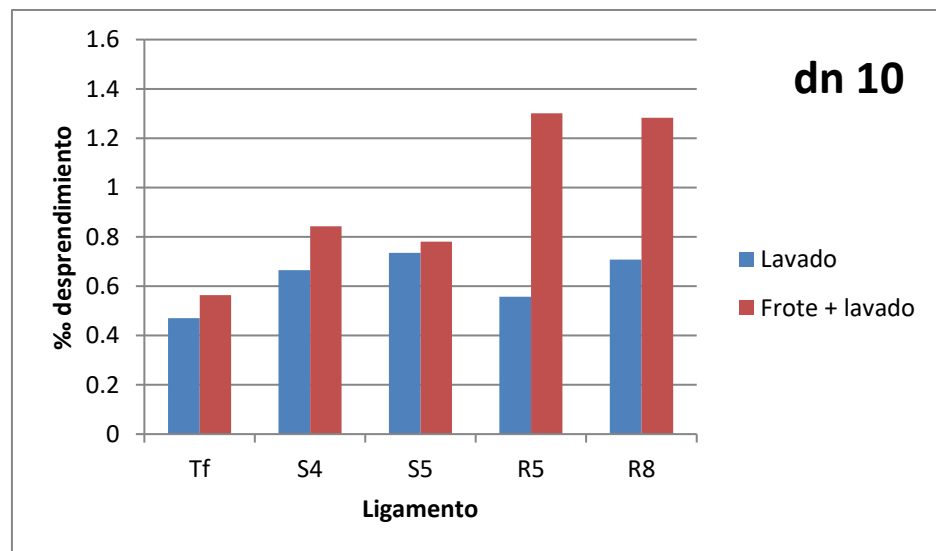


Gráfico 3: Influencia de la abrasión en el desprendimiento de microfibras. Densidad 10

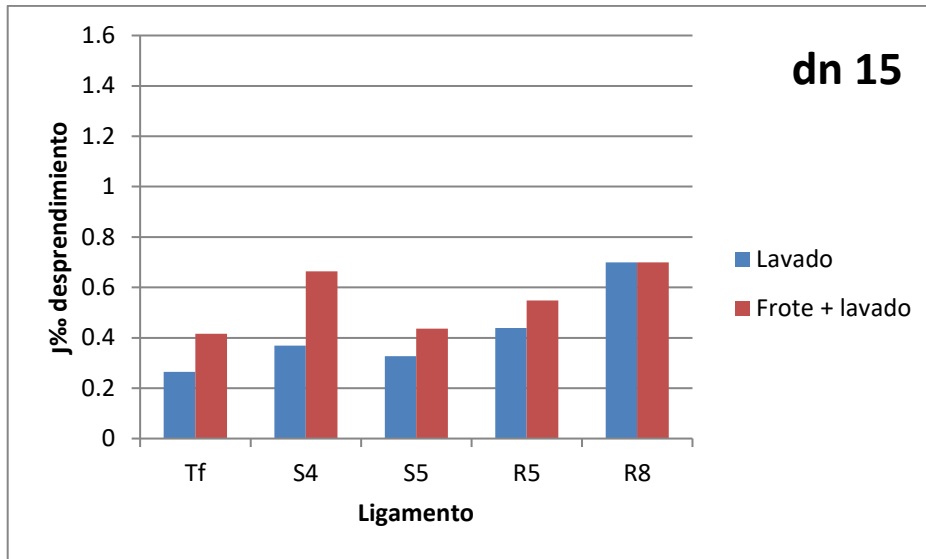


Gráfico 4: Influencia de la abrasión en el desprendimiento de microfibras. Densidad 15

A nivel visual también se puede apreciar esa diferencia de desprendimiento según la densidad. Gracias a la lupa se puede ver y capturar con mayor precisión y comparar de una manera más directa los resultados en los filtros. Observando en la figura 42 un filtro con los restos de un lavado y en la figura 43 un filtro con los restos de frote más lavado.

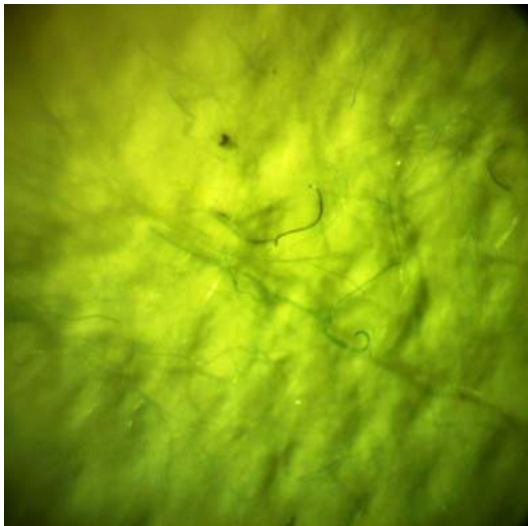


Figura 42

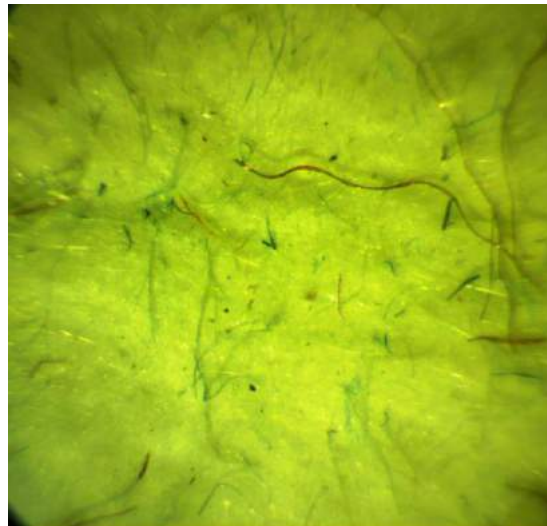


Figura 43

7.3.4. Resultados dependientes de la densidad.

La densidad es otro de los factores que juega un gran papel en el impacto que producen estas micropartículas. La densidad, como ya se ha comentado, hace que el tejido tenga más o menos materia y que esta se encuentre más o menos compactada. La cuestión es comprobar si a más materia, mayor desprendimiento o si a menor compactación más desprendimiento.

Tras el tratamiento de los resultados (gráfico 5), se ve reflejado, que a una menor compactación del tejido, es decir, a menor densidad, mayor es la liberación de fibras en las aguas de lavado.

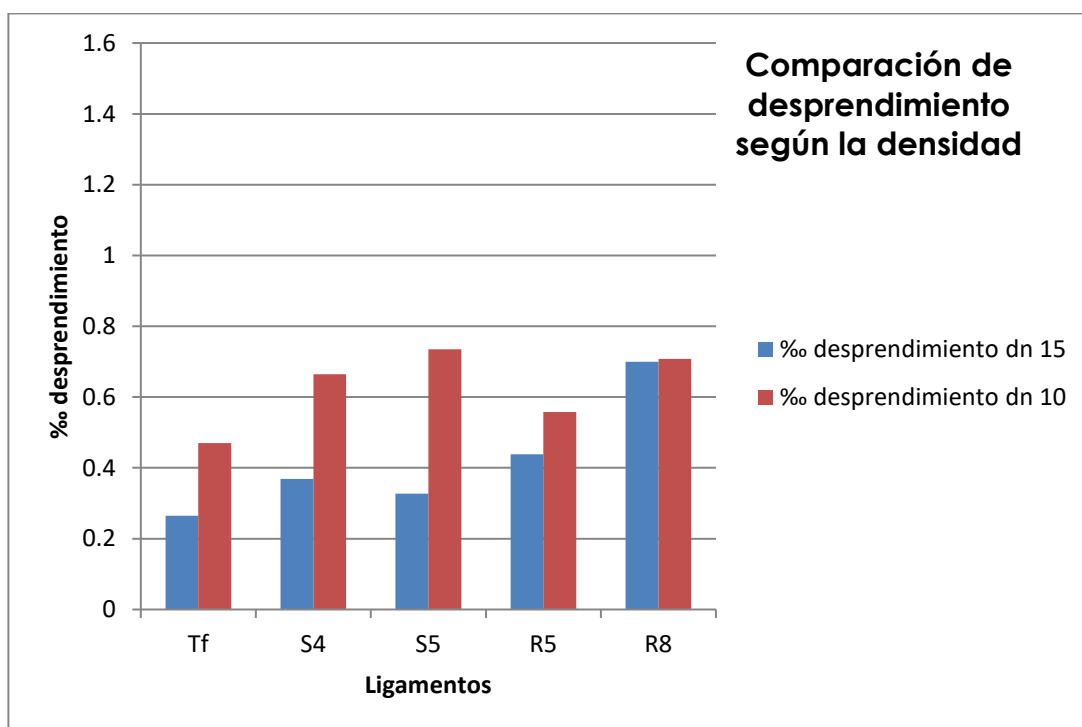


Gráfico 5: Influencia de la densidad en el desprendimiento.

También se observan diferencias visualmente mediante la observación con la lupa. Se observan pequeños fragmentos de los filtros y observando de que según como caiga el agua en el filtrado la acumulación de desperdicios se produce en unas zonas u otras. La figura 44 muestra un filtro con restos de una densidad de 10 pdas/cm y la 45 de 15 pdas/cm.

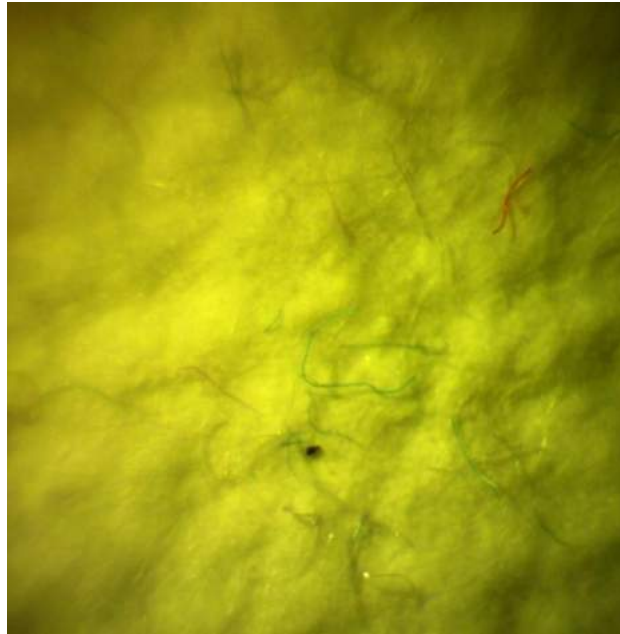


Figura 44

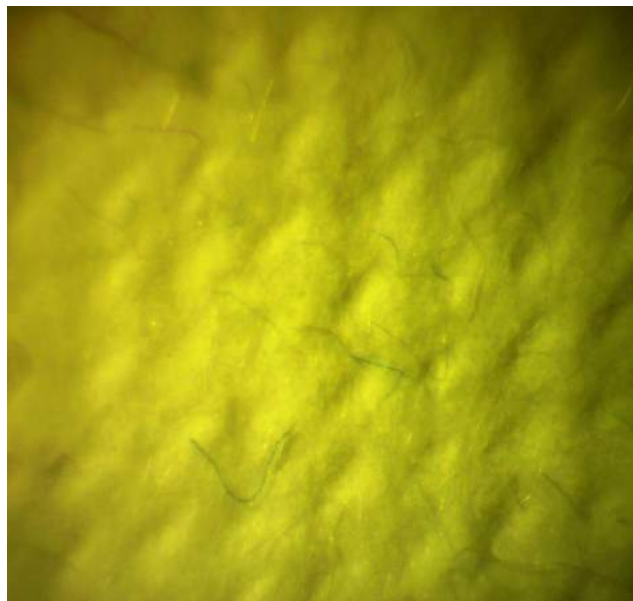


Figura 45

8. Conclusiones del estudio

Con todos los datos obtenidos y analizados, se concluye, que sí existe una relación **entre el diseño estructural del tejido** y el desprendimiento de microfibras y por ende, **microplásticos**, en el agua de los lavados.

También se concluye, gracias a los ensayos de frote, que el desgaste del tejido es un factor fundamental reflejado en un mayor desprendimiento de microfibras en los primeros lavados.

Además de influir muchos más parámetros, como son el tipo de hilo y la torsión, que en este caso se mantienen constantes, son bastantes los factores influyentes en este impacto medioambiental, como la **densidad**, el **ligamento** y el **coeficiente de ligadura**. Todos ellos han **influido** en los resultados y conclusiones, pudiendo extraerse las siguientes **conclusiones parciales** dependientes de las características del tejido.

8.1. Dependientes del coeficiente de ligadura

Se demuestra que a mayor coeficiente de ligadura, tanto en las muestras tratadas por lavado como por abrasión, los tejidos pierden un mayor número de fibras. Es más notable la diferencia en valores de coeficiente de ligadura alto (menor pérdida), mientras que a valores intermedios de ligadura la pérdida se ve más estabilizada.

Como variable dependiente de esta conclusión cabe indicar que a mayor tamaño de ligamento, mayor coeficiente de ligadura y por lo tanto peores resultados de liberación de fibras.

8.2. Dependientes del ligamento

En este sentido, el estudio permite valorar diferencias entre ligamentos que poseen un mismo coeficiente de ligadura, pero en cambio demuestran diferencias entre ellos. Este es el caso de la sarga de 5×5 (4e1) y el raso de 5×5 (3e2). Ambos poseen un coeficiente de ligadura de 0,4, pero en cambio a la vista de los resultados podemos concluir que la distribución en escalonado 1 de los tomos del ligamento sarga, evitan en mayor medida la pérdida de materia, tanto en el lavado como en la abrasión, por contra la colocación entre bastas del tomo del raso permite una mayor liberación de fibras. Esto se muestra más notable conforme la densidad aumenta.

8.3. Dependientes de la densidad

En todos los ensayos realizados se cumple que a mayor densidad mayor capacidad de retención de fibras, siendo los tejidos menos densos los que liberan un mayor porcentaje de fibras, tanto en las pruebas de lavado como en las de frote.

La necesidad de trabajar con densidades bajas debería ser compensada con el uso de ligamentos de coeficiente de ligadura elevado, curso pequeño y estructuras en tafetán o sarga.

9. Recomendaciones para el diseño

Atendiendo a las valoraciones extraídas en las conclusiones, se ha diseñado un tejido mediante tecnología jacquard, en el cual utilizar ligamentos óptimos, según las conclusiones, y ligamentos con los que conseguir un efecto idéntico pero que se le presupone un comportamiento menos adecuado.

9.1. Metodología para la validación del estudio

El diseño realizado para contrastar los resultados es el siguiente:



El diseño presenta unas medidas de 10 cm x 10 cm que en hilos y pasadas reales son:

600 hilos
450 pasadas

En hilos y pasadas carta son:

300 hilos
150 pasadas.

Figura 46

El tejido se materializa mediante ligamentos en doble tela y en ambos casos la doble tela ha sido ligada mediante un ligamento de curso de 30x30 en estructura raso (26e4).

Las densidades de los dos prototipos desarrollados también son idénticas:

Densidad Urdimbre – 60 h/cm

Densidad Trama – 45 pasadas/cm

Los colores son idénticos en los dos prototipos, siendo en ambos 5 y usando los mismos hilos tanto en trama (anexo III) como en urdimbre para la obtención de ellos.

Los hilos de la urdimbre son blancos y amarillos.

Los de trama son granate, verde y gris.



Figura 47



Figura 48



Figura 49

Los tres hilos de trama presentan similar apariencia al hilo de trama utilizado en el estudio. Para establecer unos parámetros estándar se escogen hilos con caracterizaciones parecidas al estudiado. Para asegurar estas similitudes, se caracterizan de la misma manera que el hilo azul, obteniendo los siguientes hilos.

Granate: 67 tex Z 1300

Verde: 67 tex Z 880

Gris: 66 tex Z 1100

Con la ayuda del microscopio se analiza la composición de los hilos de la misma manera que el hilo azul de trama utilizado en el estudio.

Hilo granate:

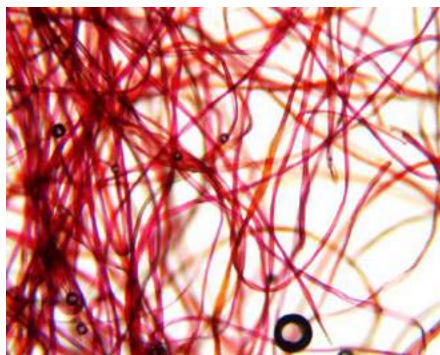


Figura 50

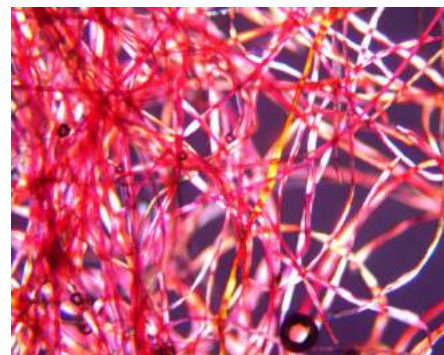


Figura 51

Hilo verde:

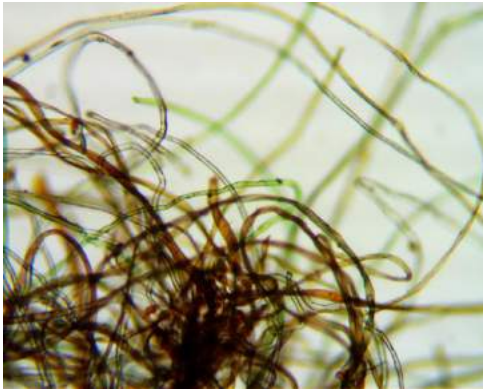


Figura 52

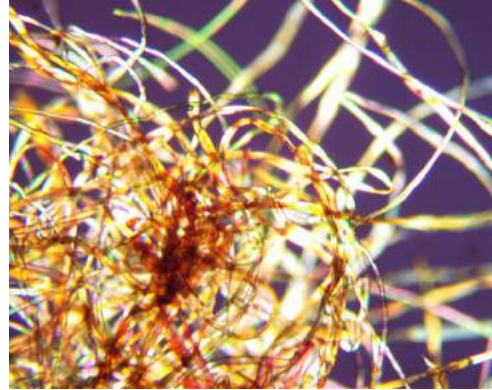


Figura 53

Hilo gris:

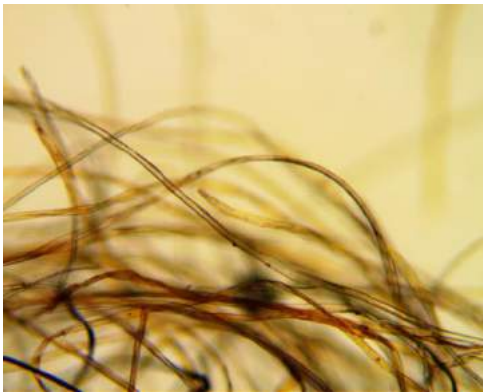


Figura 54



Figura 55

En el análisis de los tres hilos se concluye lo mismo: mezcla de poliéster y algodón. En todos ellos se observan las fibras tintadas de marrón con vueltas de torsión, identificando así el algodón, y con la luz polarizada se identifican las fibras sintéticas de poliéster.

Con los hilos escogidos, se determina en el diseño los colores presentes, que son 5, y así es indicado en el software.

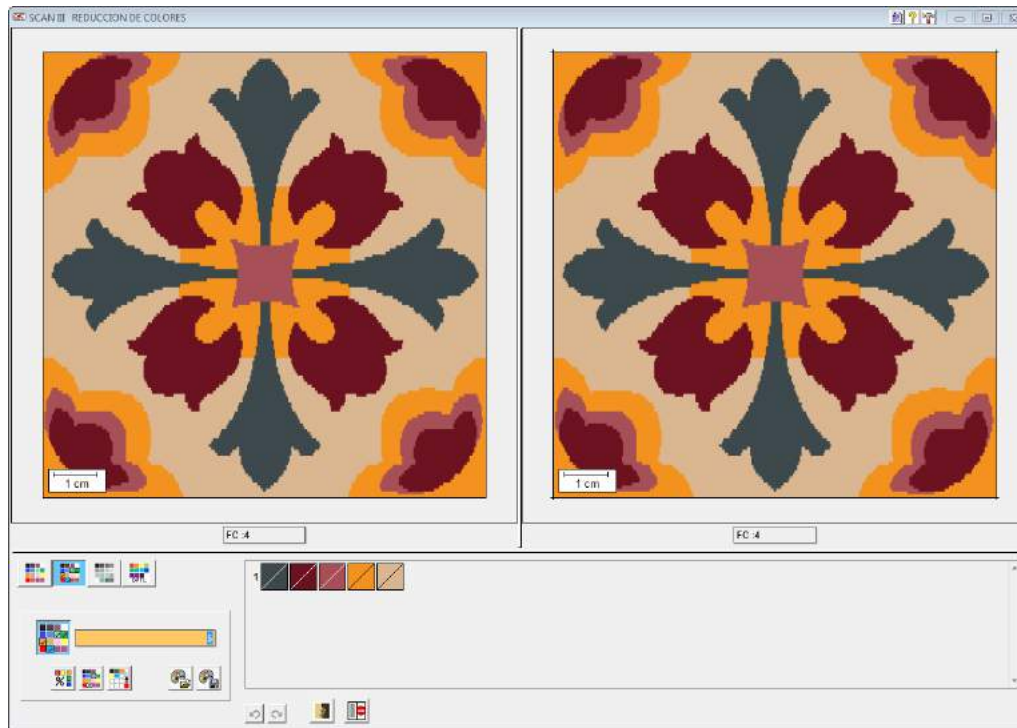


Figura 56

Las diferencias aplicadas entre ambos prototipos son:

Tejido A - Materializado con ligamentos menos óptimos según las conclusiones del estudio. A continuación se muestran los ligamentos aplicados a la primera tela (cara del tejido), manteniéndose constante el ligamento aplicado a la segunda tela (envés), donde se ha tejido un raso de 5x5 (3e2).

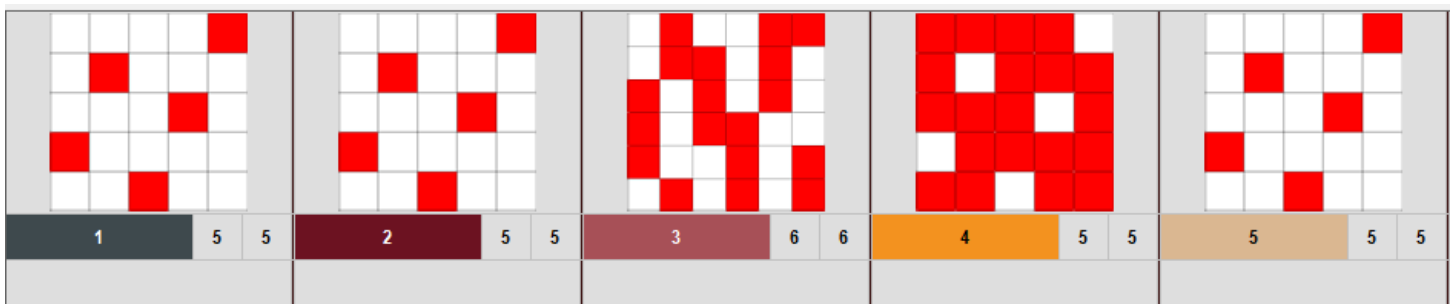


Figura 57

Tejido B - Materializado con ligamentos más óptimos según las conclusiones del estudio. A continuación se muestran los ligamentos aplicados a la primera tela (cara del tejido), manteniéndose constante el ligamento aplicado a la segunda tela (envés), donde se ha tejido un tafetán (1e1).

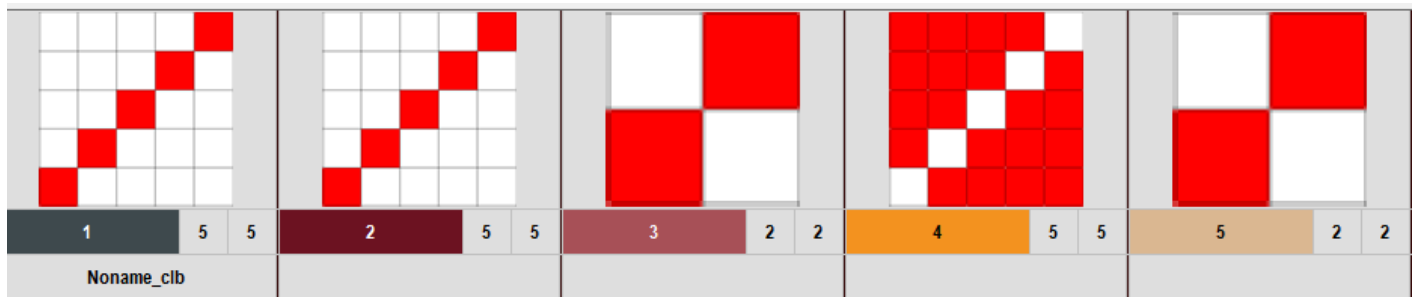


Figura 58

Como pueden observarse en los tejidos anexados al trabajo (anexo III), las diferencias estéticas de ambos tejidos son mínimas; se logra que en cada zona del diseño se obtengan resultados de color muy similares, pero en cambio se ha hecho uso de:

- Ligamentos de curso pequeño en el primero de los prototipos.
- Ligamentos de curso pequeño, pero con coeficiente de ligadura menor o haciendo uso de sargas, en el segundo prototipo.

Ambos tejidos han sido sometidos a trapiento de lavado y de frote+lavado. Se han seguido los mismos pasos y directrices explicados al final del apartado 6.4.

- 1) Cortar las muestras en dimensiones de 5,5 x 5,5 cm. Cuatro muestras por tejido.
- 2) Secado del filtro durante 60 minutos a 100 °C.
- 3) Preparación del lavado con:
 - a. 150 ml de agua destilada.
 - b. 10 bolas de acero.
 - c. 4 muestras de tejido.

- 4) Se introduce en el linitest a 40 °C durante 30 minutos.
- 5) Se pesan los filtros secos, anotando su gramaje.
- 6) Se prepara el filtro en el sistema de filtrado.
- 7) Se recoge el agua del lavado y se filtra.
- 8) Se extrae el filtro y se seca en la estufa durante 60 minutos a 100 °C.
- 9) Se pesa el filtro seco y se anota el gramaje.
- 10) Se observa a la lupa.

Con el frote+lavado, se siguen el mismo protocolo, incluyendo el frote durante 15 minutos como el primer paso a realizar.

9.2. Resultados de la validación del estudio

Tras el ensayo de ambos tejidos se recogen los resultados y se muestran en los siguientes gráficos. El gráfico 6 nos muestra los valores del obtenidos del lavado, donde podemos observar que en el tejido realizado con ligamentos de raso (tejido A) desprende hasta casi el doble de microfibras que el tejido realizado con ligamentos más óptimos (tejido B). En el gráfico 7 observamos que los tejidos pierden las microfibras durante el frote y en el lavado no se reflejan tantas diferencias en los valores, aún así el porcentaje sigue siendo un poco mayor en el tejido menos óptimo (tejido A).

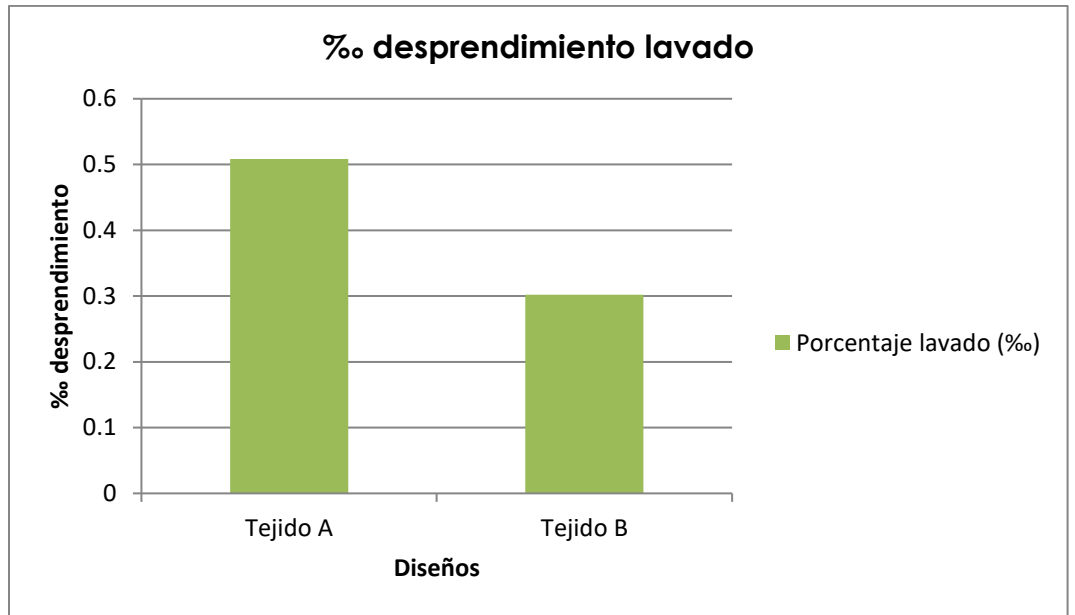


Gráfico 6

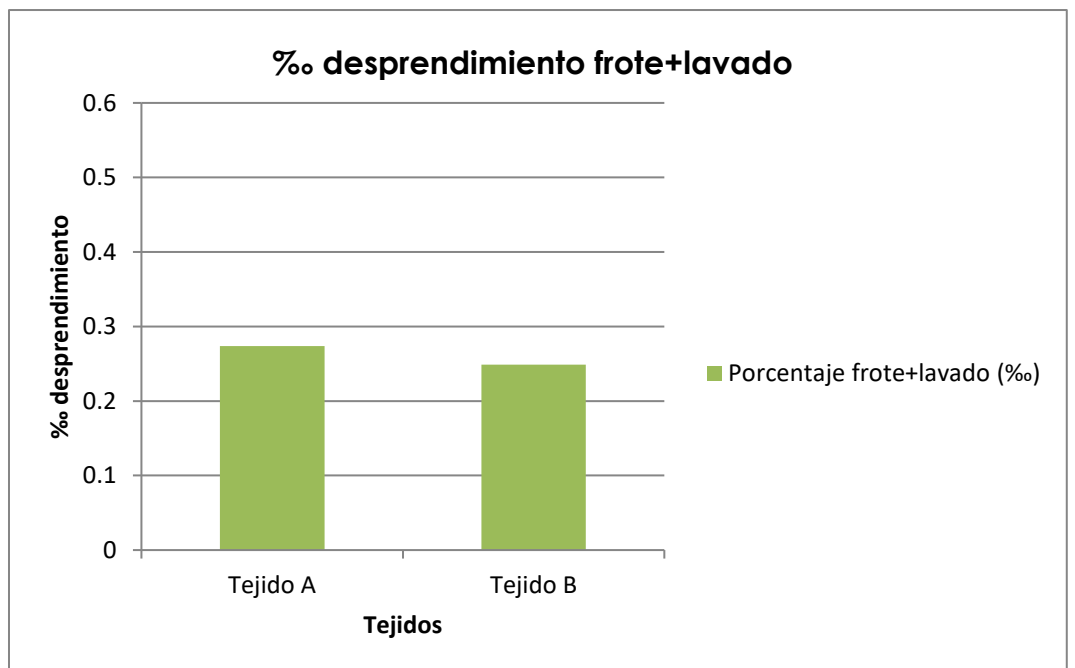


Gráfico 7

9.3. Conclusiones de la validación

Se contrasta el estudio con los resultados obtenidos con esta validación, ya que haciendo uso de ligamentos recomendados y otros más alejados de la recomendación, pero con capacidad para obtener resultados estéticos muy parejos, se demuestra que las diferencias de pérdida de materia en las operaciones de lavado y abrasión son notables.

Con este caso práctico podemos verificar que realmente se puede conseguir una mejora en el impacto medioambiental que ocasiona el textil en las aguas de los lavados domésticos mediante la utilización de una estructura textil adecuada.

ANEXO I. Tablas y gráficas del estudio.

A. 1ºLavado

Tipo Lavado	Filtros	P seco	P1 (1h secado)	Diferencia de pesos
Lavado 1A	Tf15	0,142	0,1427	0,0007
Lavado 1A	Tf10	0,1448	0,1458	0,001
Lavado 1A	S415	0,1439	0,1449	0,001
Lavado 1A	S410	0,1427	0,1442	0,0015
Lavado 1A	S515	0,1438	0,1447	0,0009
Lavado 1A	S510	0,1434	0,145	0,0016
Lavado 1A	R515	0,1435	0,1447	0,0012
Lavado 1A	R510	0,1473	0,1485	0,0012
Lavado 1A	R815	0,1423	0,1442	0,0019
Lavado 1A	R810	0,1446	0,1462	0,0016

Tabla 8

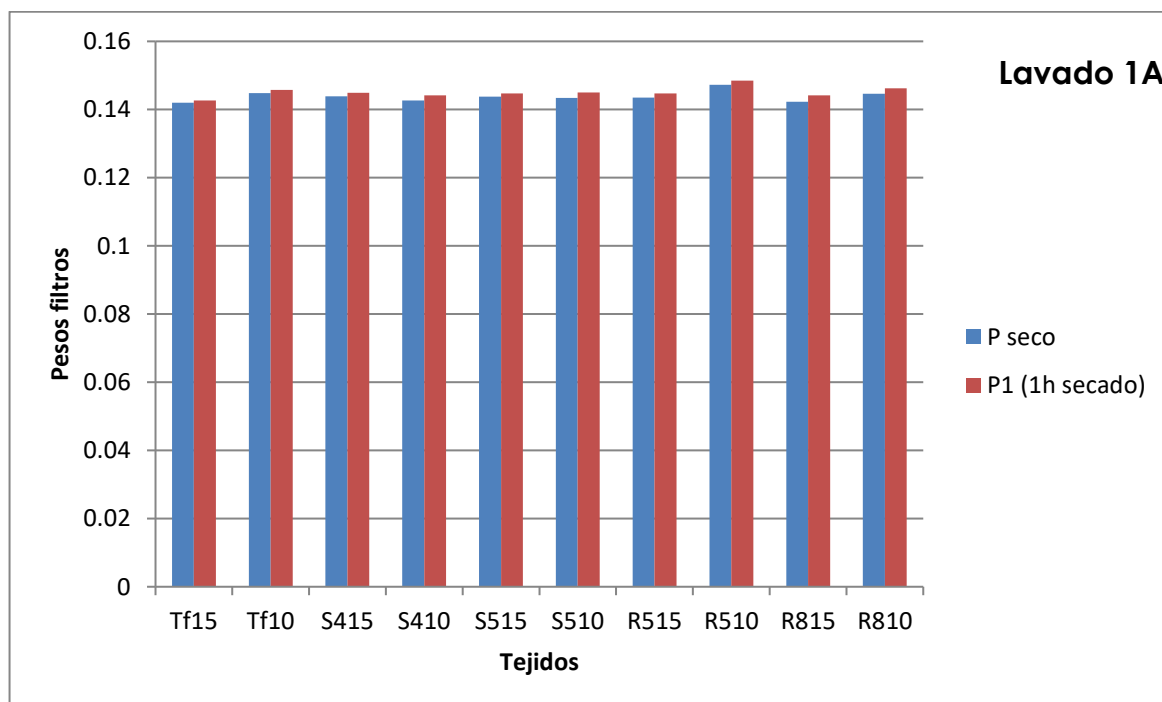


Gráfico 8

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (‰)
Tf15	2,646	0,0007	0,264550265
Tf10	2,1272	0,001	0,470101542
S415	2,7112	0,001	0,368840366
S410	2,256	0,0015	0,664893617
S515	2,7517	0,0009	0,327070538
S510	2,177	0,0016	0,734956362
R515	2,7367	0,0012	0,438484306
R510	2,1527	0,0012	0,557439495
R815	2,7145	0,0019	0,699944741
R810	2,2598	0,0016	0,708027259

Tabla 9



Gráfico 9

Lavado 1A	Desprendimiento Dn15	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,264550265	1
S415	0,368840366	0,5
S515	0,327070538	0,4
R515	0,438484306	0,4
R815	0,699944741	0,25
Lavado 1A	Desprendimiento Dn10	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,470101542	1
S410	0,664893617	0,5
S510	0,734956362	0,4
R510	0,557439495	0,4
R810	0,708027259	0,25

Tabla 10

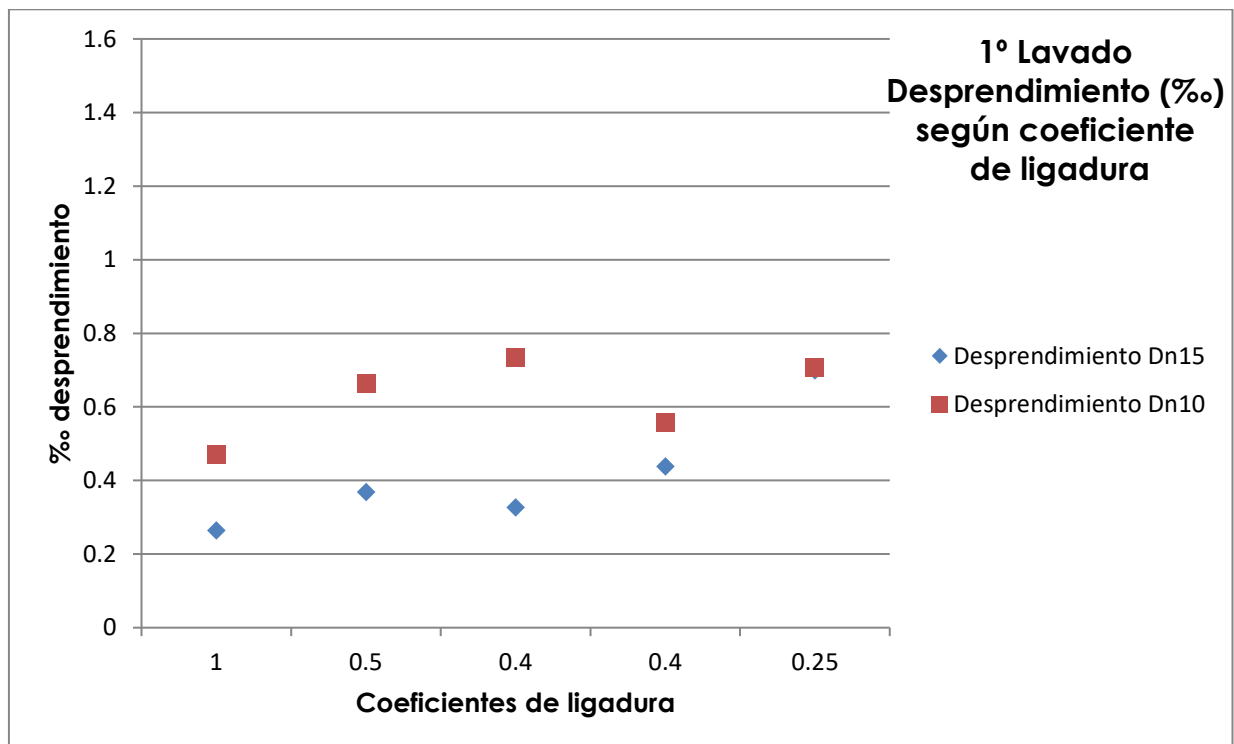


Gráfico 10

B. 2º Lavado

Tipo Lavado	Filtros	P seco	P1 (1h secado)	Diferencia de pesos
Lavado 2A	Tf15	0,1493	0,1495	0,0002
Lavado 2A	Tf10	0,1469	0,1472	0,0003
Lavado 2A	S415	0,1411	0,1416	0,0005
Lavado 2A	S410	0,14	0,1407	0,0007
Lavado 2A	S515	0,1421	0,1428	0,0007
Lavado 2A	S510	0,138	0,139	0,001
Lavado 2A	R515	0,1414	0,1419	0,0005
Lavado 2A	R510	0,1432	0,1437	0,0005
Lavado 2A	R815	0,1502	0,1509	0,0007
Lavado 2A	R810	0,1455	0,1461	0,0006

Tabla 11

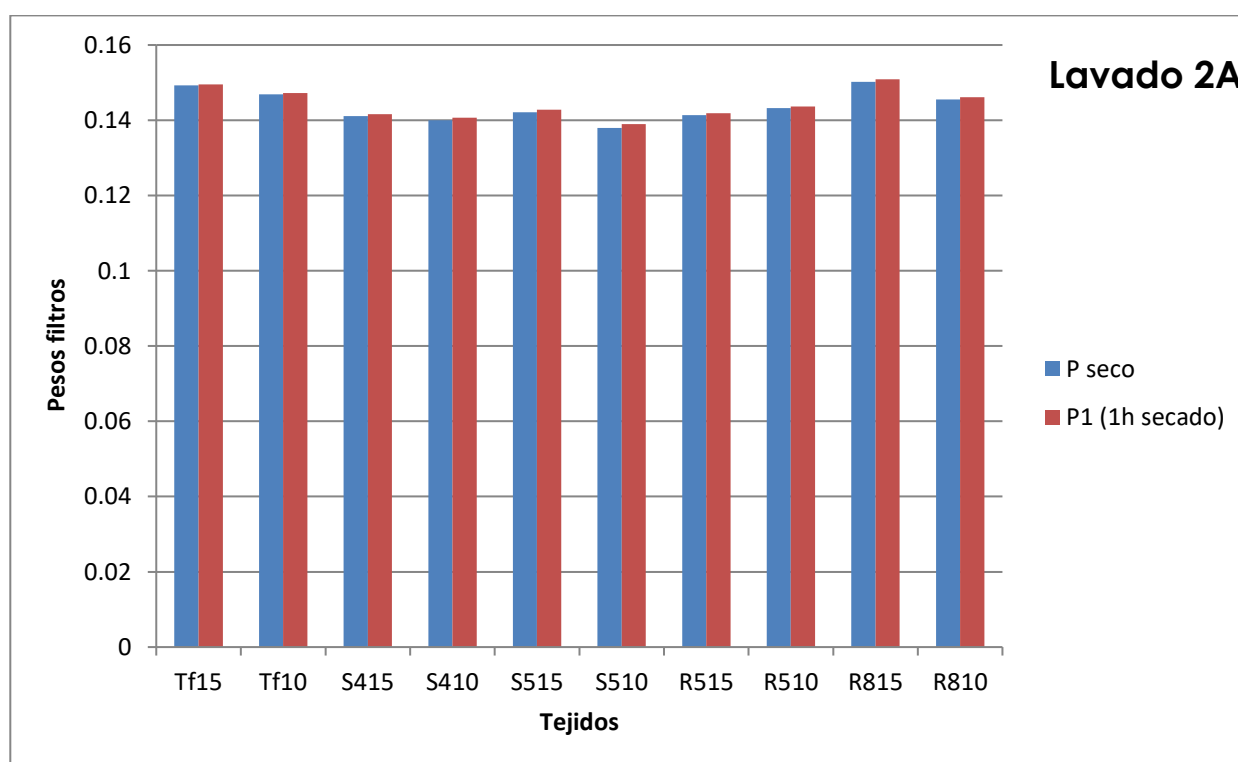


Gráfico 11

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (‰)
Tf15	2,646	0,0002	0,07558579
Tf10	2,1272	0,0003	0,141030463
S415	2,7112	0,0005	0,184420183
S410	2,256	0,0007	0,310283688
S515	2,7517	0,0007	0,254388196
S510	2,177	0,001	0,459347726
R515	2,7367	0,0005	0,182701794
R510	2,1527	0,0005	0,232266456
R815	2,7145	0,0007	0,257874378
R810	2,2598	0,0006	0,265510222

Tabla 12

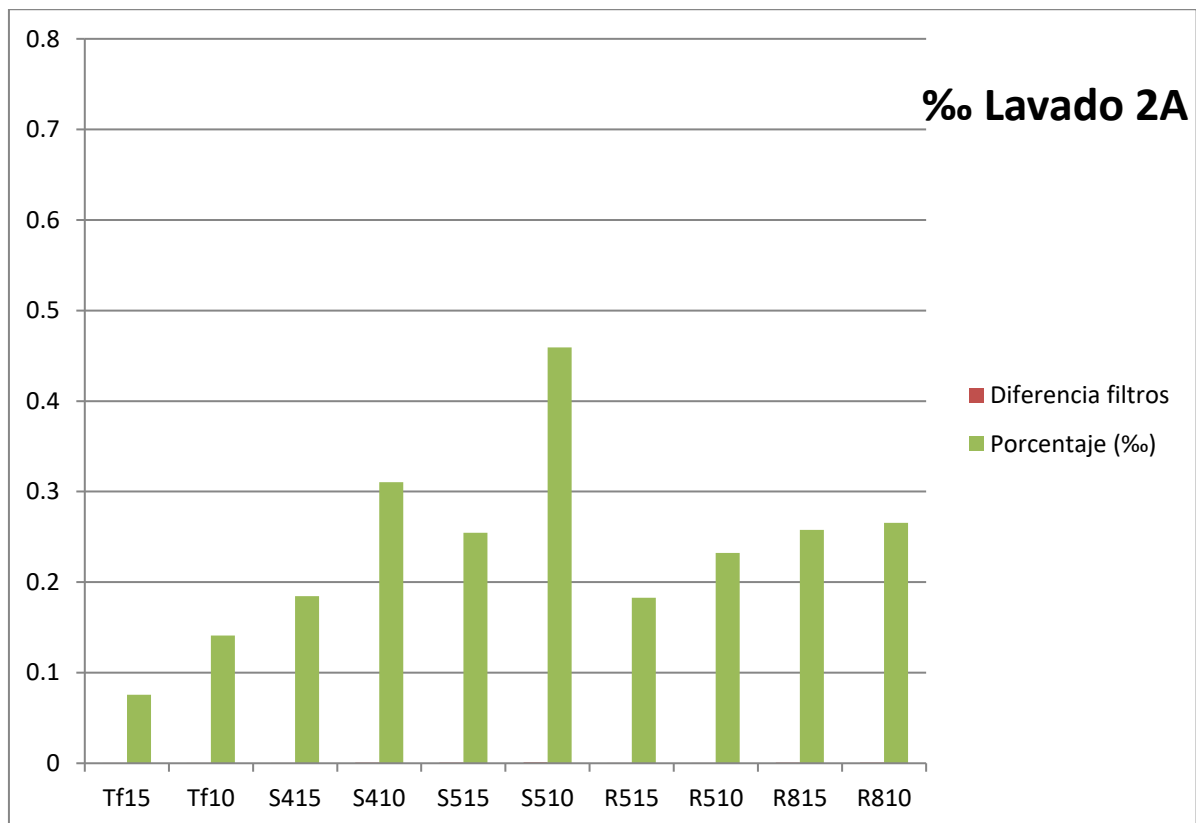


Gráfico 12

Lavado 2A	Desprendimiento Dn 15	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,07558579	1
S415	0,184420183	0,5
S515	0,254388196	0,4
R515	0,182701794	0,4
R815	0,257874378	0,25
Lavado 2A	Desprendimiento Dn10	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,141030463	1
S410	0,310283688	0,5
S510	0,459347726	0,4
R510	0,232266456	0,4
R810	0,265510222	0,25

Tabla 13

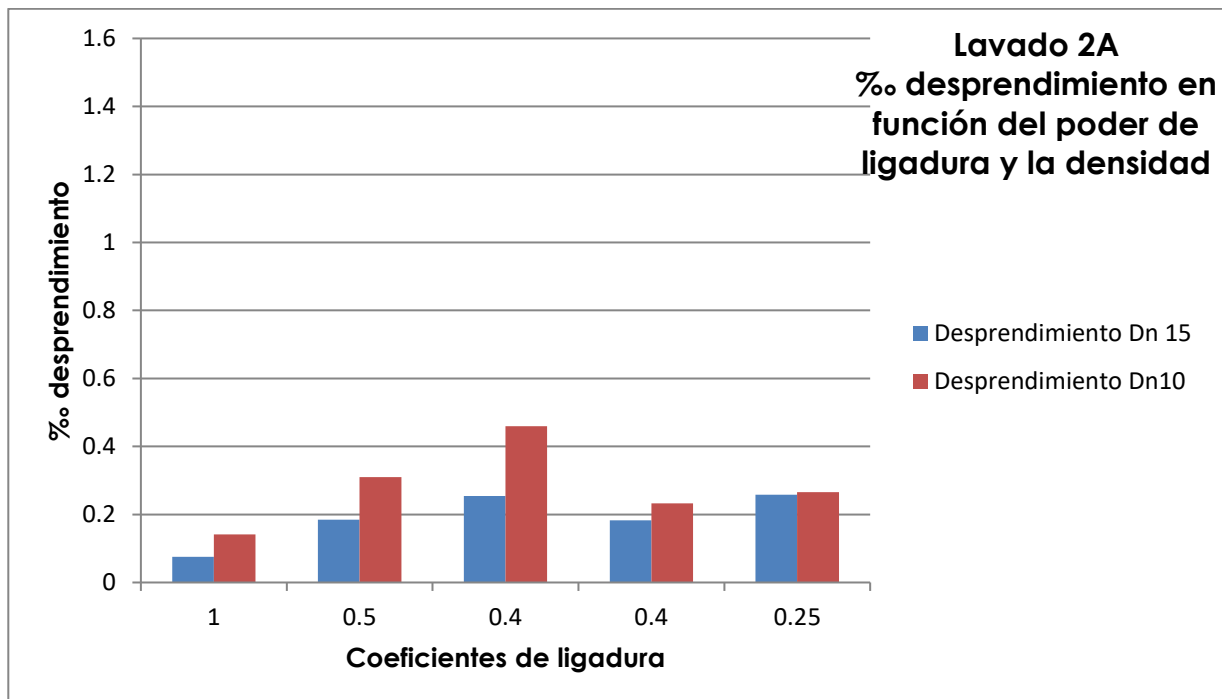


Gráfico 13

C. 3º Lavado

Tipo Lavado	Filtros	P seco	P1 (1h secado)	Diferencia de pesos
Lavado 3A	Tf15	0,1364	0,1367	0,0003
Lavado 3A	Tf10	0,1373	0,1376	0,0003
Lavado 3A	S415	0,1345	0,1346	1E-04
Lavado 3A	S410	0,1378	0,1379	1E-04
Lavado 3A	S515	0,1388	0,139	0,0002
Lavado 3A	S510	0,1385	0,1387	0,0002
Lavado 3A	R515	0,133	0,1336	0,0006
Lavado 3A	R510	0,1377	0,1382	0,0005
Lavado 3A	R815	0,137	0,1372	0,0002
Lavado 3A	R810	0,1357	0,1358	0,0001

Tabla 14

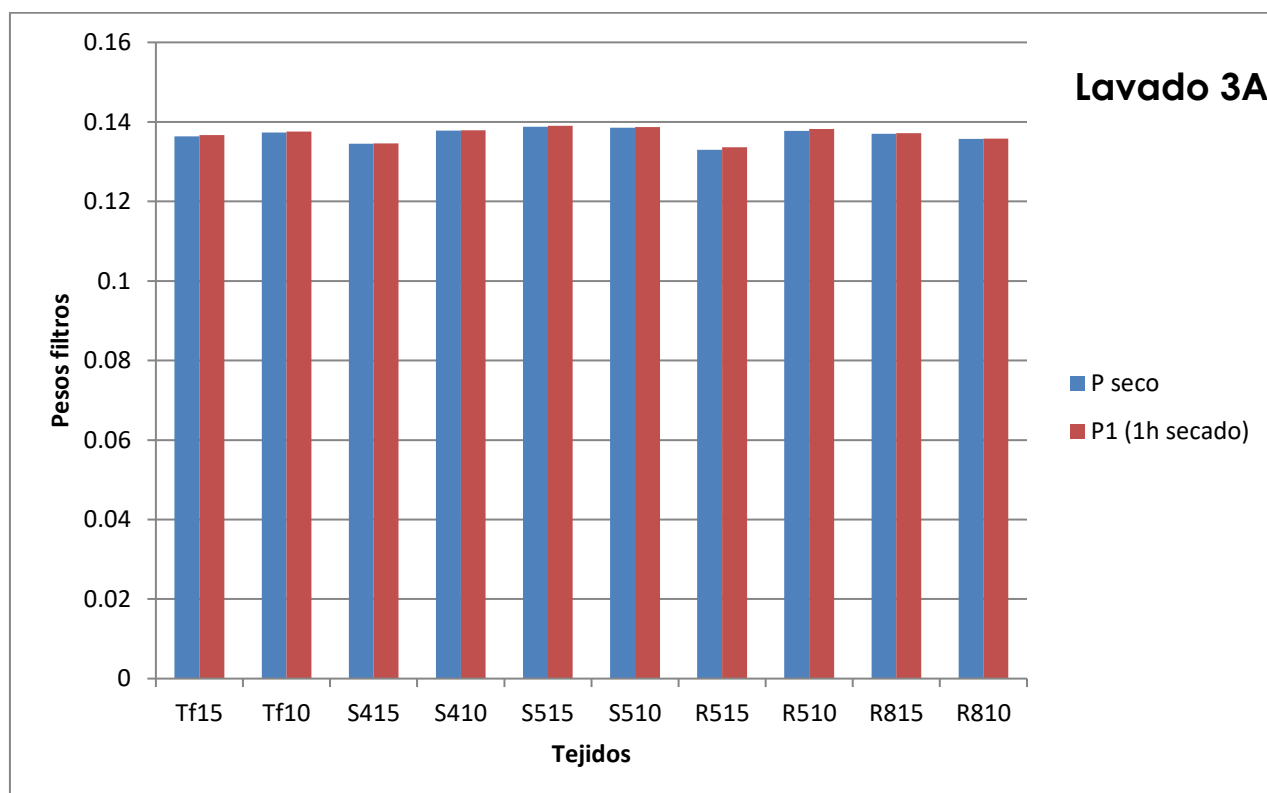


Gráfico 14

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (‰)
Tf15	2,646	0,0003	0,113378685
Tf10	2,1272	0,0003	0,141030463
S415	2,7112	1E-04	0,036884037
S410	2,256	1E-04	0,044326241
S515	2,7517	0,0002	0,072682342
S510	2,177	0,0002	0,091869545
R515	2,7367	0,0006	0,219242153
R510	2,1527	0,0005	0,232266456
R815	2,7145	0,0002	0,073678394
R810	2,2598	0,0001	0,044251704

Tabla 15

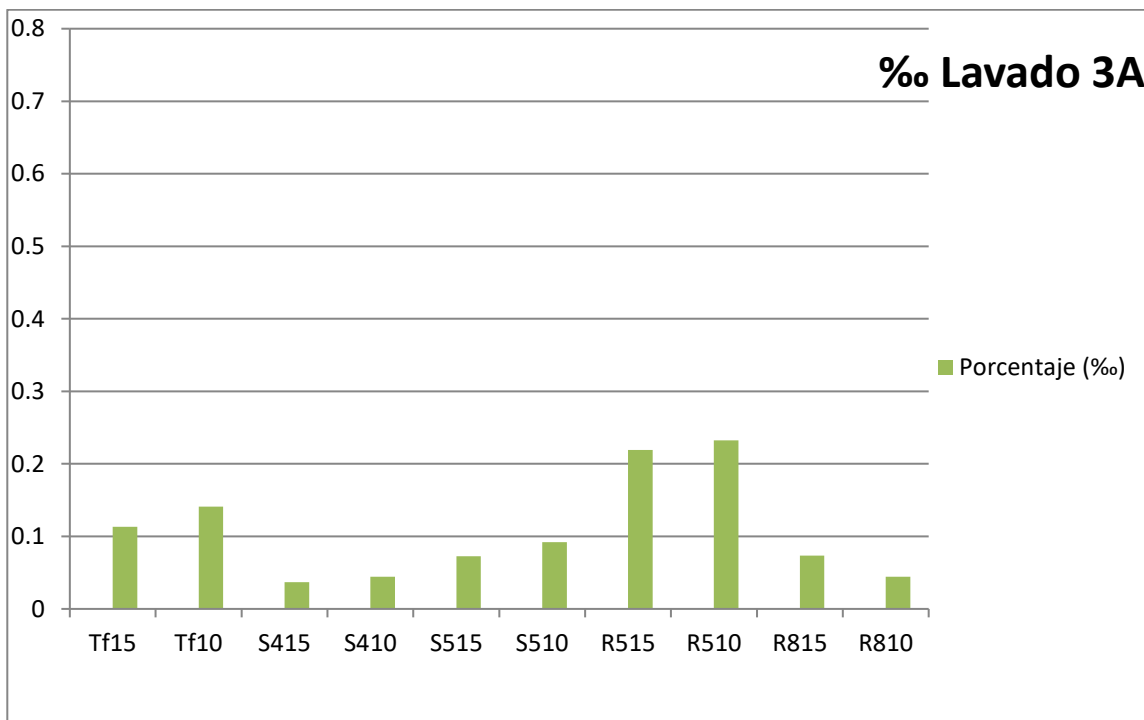


Gráfico 15

Lavado 3A	Desprendimiento Dn 15	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,11337868	1
S415	0,03688404	0,5
S515	0,07268234	0,4
R515	0,21924215	0,4
R815	0,07367839	0,25
Lavado 3A	Desprendimiento Dn10	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,14103046	1
S410	0,04432624	0,5
S510	0,09186955	0,4
R510	0,23226646	0,4
R810	0,0442517	0,25

Tabla 16

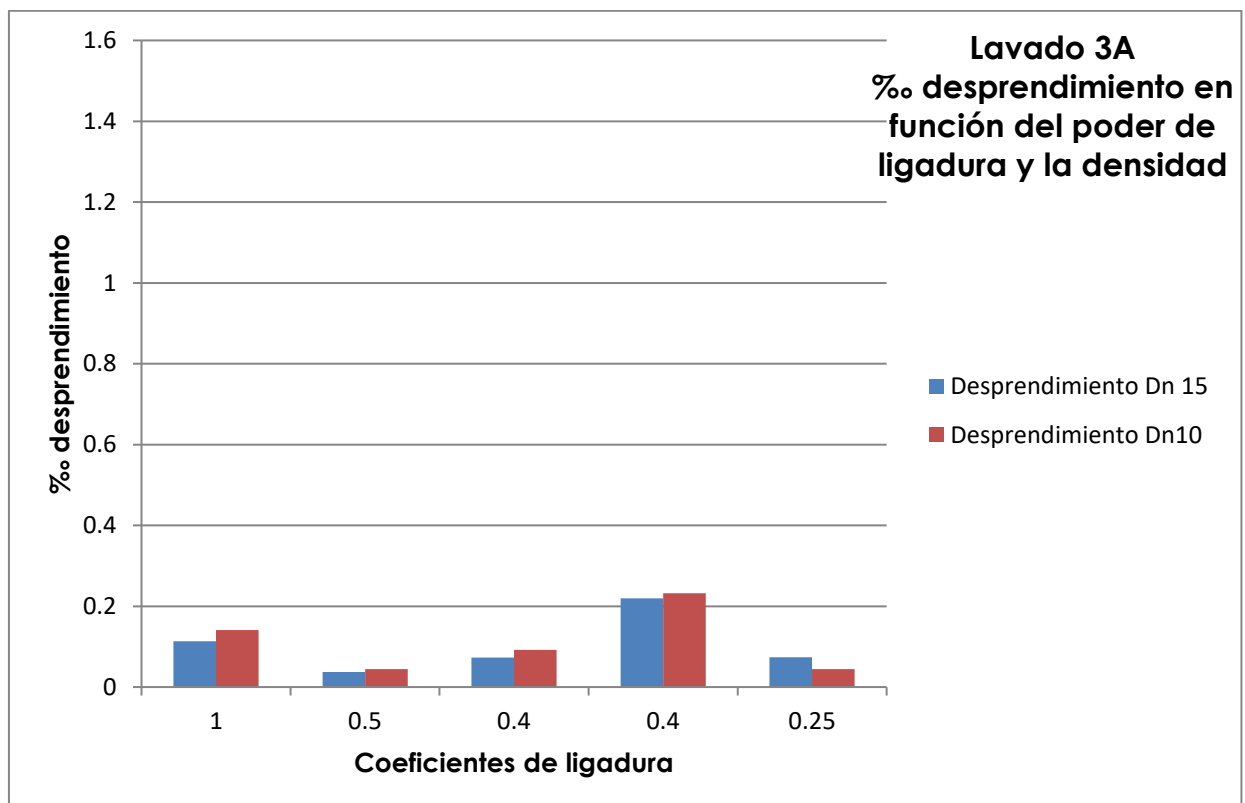


Gráfico 16

D. 4º Lavado

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (%)
Tf15	2,646	0,0006	0,22675737
Tf10	2,1272	0,0012	0,56412185
S415	2,7112	0,0015	0,553260549
S410	2,256	0,0014	0,620567376
S515	2,7517	0,0011	0,39975288
S510	2,177	0,0009	0,413412954
R515	2,7367	0,0009	0,328863229
R510	2,1527	0,0007	0,325173039
R815	2,7145	0,0005	0,184195985
R810	2,2598	0,0008	0,35401363

Tabla 17

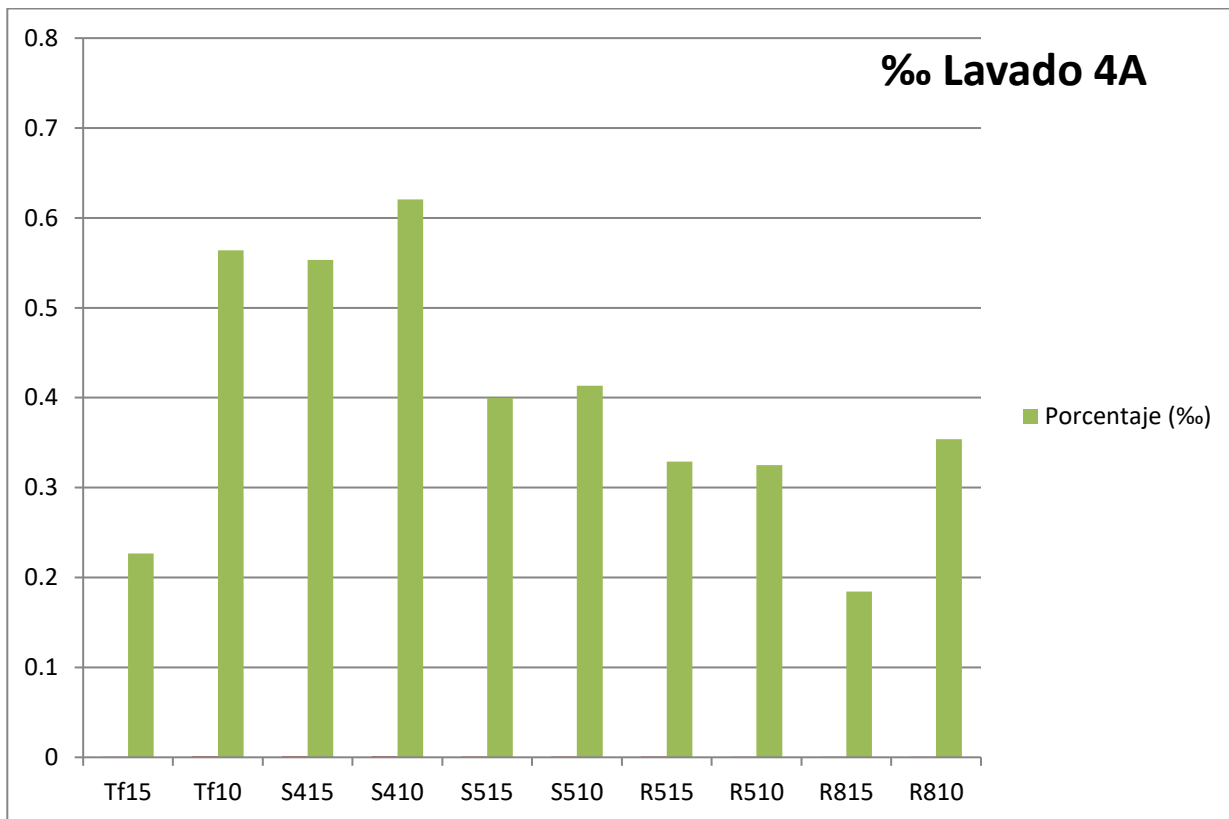


Gráfico 17

Lavado 4A	Desprendimiento Dn15	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,22675737	1
S415	0,553260549	0,5
S515	0,39975288	0,4
R515	0,328863229	0,4
R815	0,184195985	0,25
Lavado 4A	Desprendimiento Dn 10	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,56412185	TF=1
S410	0,620567376	S4=0,5
S510	0,413412954	S5=0,4
R510	0,325173039	R5=0,4
R810	0,35401363	R8=0,25

Tabla 18

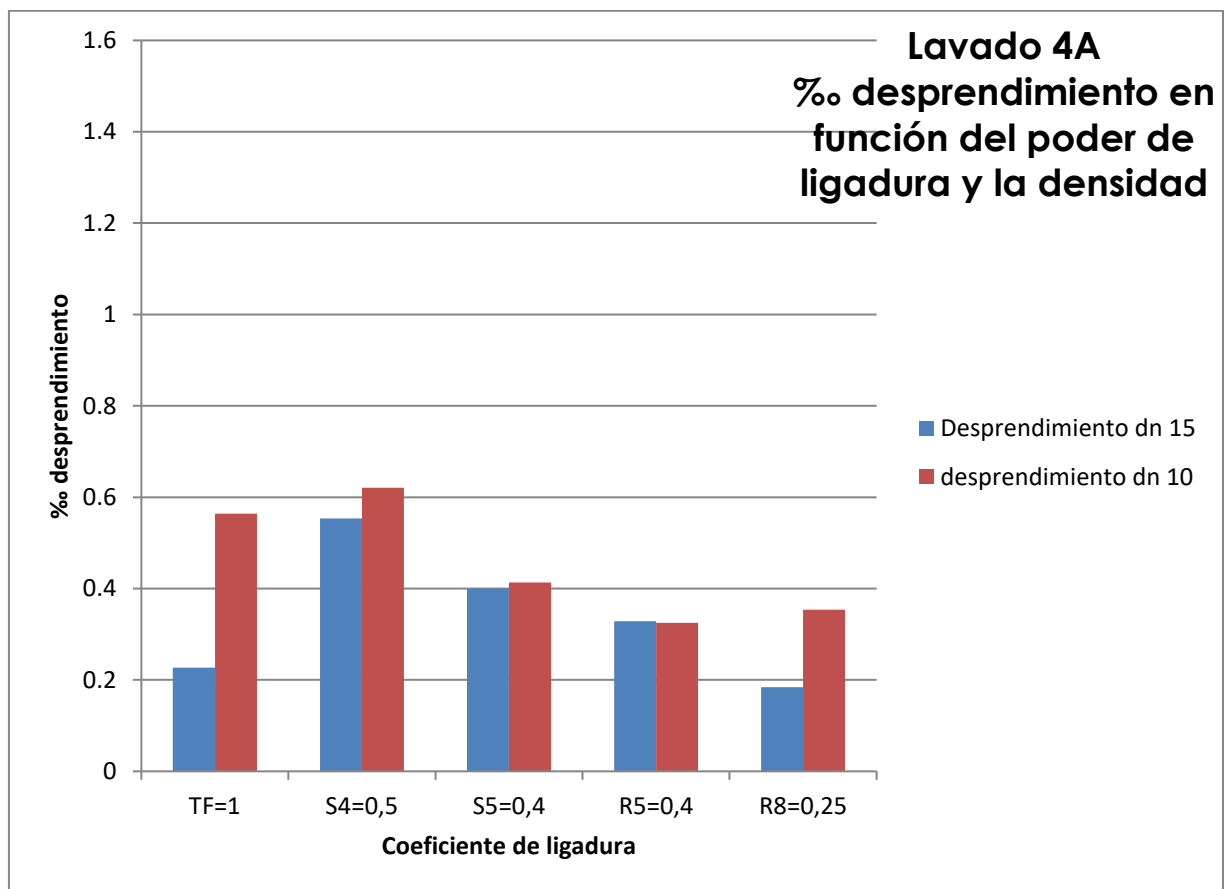


Gráfico 18

E. 5º Lavado

Tipo lavado	Filtro	P seco	P1 (1h secado)	Diferencia de peso
Lavado 5A	Tf15	0,0953	0,0957	0,0004
Lavado 5A	Tf10	0,094	0,0946	0,0006
Lavado 5A	S415	0,0945	0,0948	0,0003
Lavado 5A	S410	0,0946	0,0949	0,0003
Lavado 5A	S515	0,0936	0,0945	0,0009
Lavado 5A	S510	0,0956	0,099	0,0034
Lavado 5A	R515	0,0955	0,1025	0,007
Lavado 5A	R510	0,0951	0,0959	0,0008
Lavado 5A	R815	0,0948	0,0964	0,0016
Lavado 5A	R810	0,0945	0,0956	0,0011

Tabla 19

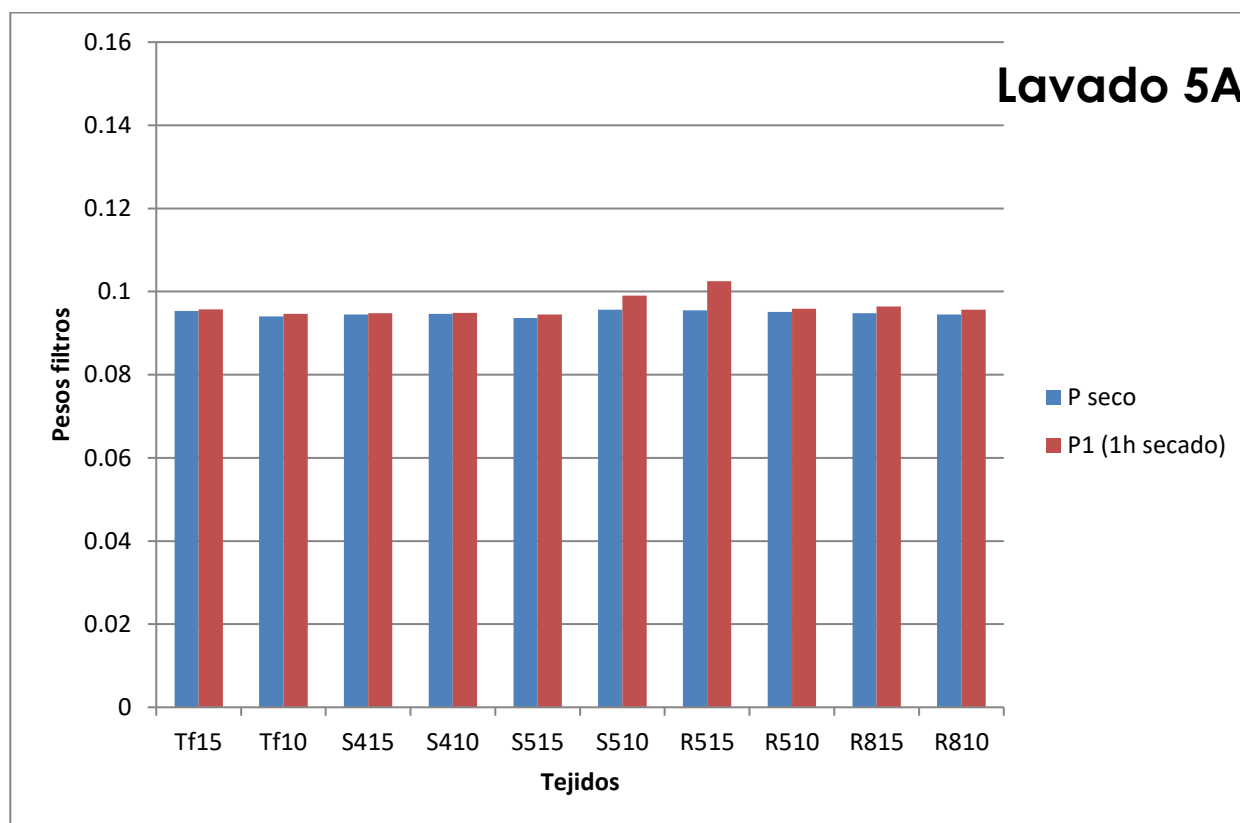


Gráfico 19

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (‰)
Tf15	2,646	0,0004	0,15117158
Tf10	2,1272	0,0006	0,282060925
S415	2,7112	0,0003	0,11065211
S410	2,256	0,0003	0,132978723
S515	2,7517	0,0009	0,327070538
S510	2,177	0,0034	1,561782269
R515	2,7367	0,007	2,557825118
R510	2,1527	0,0008	0,37162633
R815	2,7145	0,0016	0,58942715
R810	2,2598	0,0011	0,486768741

Tabla 20

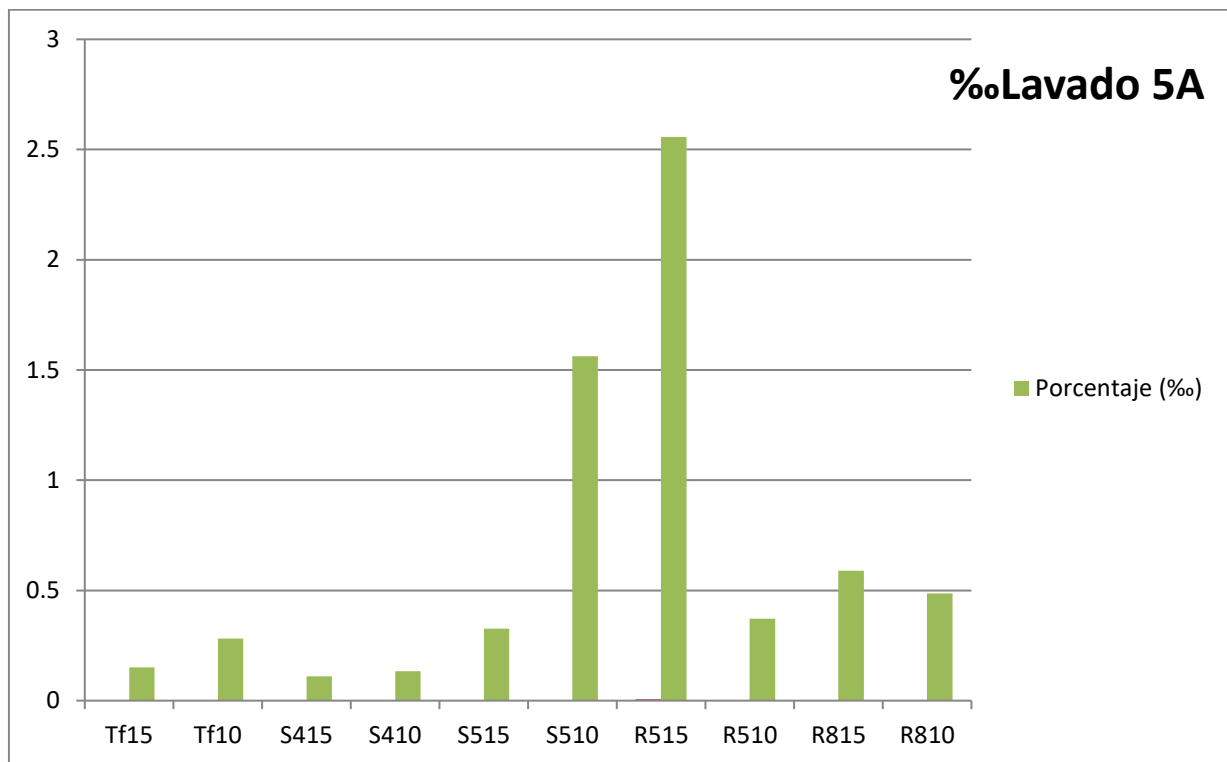


Gráfico 20

Lavado 5A	Desprendimiento Dn 15	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,15117158	1
S415	0,11065211	0,5
S515	0,327070538	0,4
R515	2,557825118	0,4
R815	0,58942715	0,25
Lavado 5A	Desprendimiento Dn 10	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,282060925	TF=1
S410	0,132978723	S4=0,5
S510	1,561782269	S5=0,4
R510	0,37162633	R5=0,4
R810	0,486768471	R8=0,25

Tabla 21

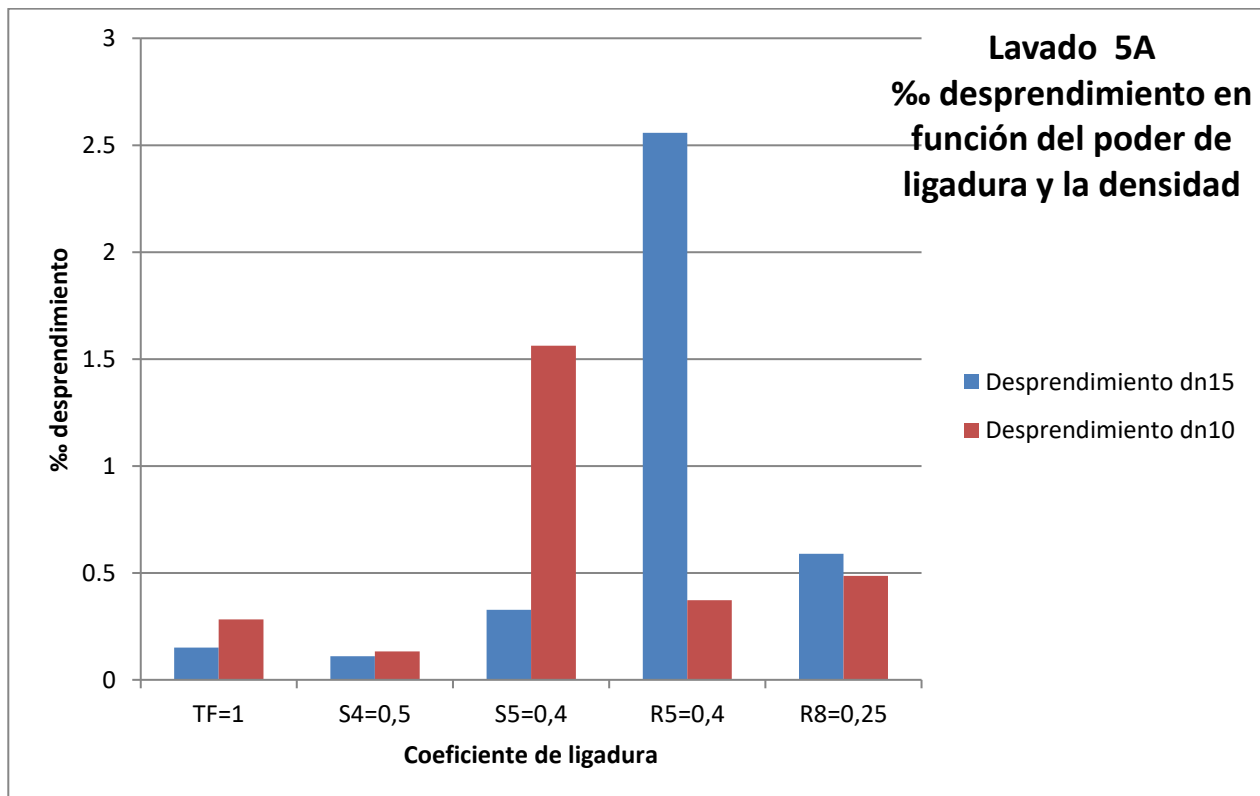


Gráfico 21

F. Frote + Lavado

Tipo lavado	Filtro	P seco	P1 (1h secado)	Diferencia de peso
Lavado 1B	Tf15	0,1403	0,1414	0,0011
Lavado 1B	Tf10	0,141	0,1422	0,0012
Lavado 1B	S415	0,096	0,0978	0,0018
Lavado 1B	S410	0,0952	0,0971	0,0019
Lavado 1B	S515	0,0954	0,0966	0,0012
Lavado 1B	S510	0,0948	0,0965	0,0017
Lavado 1B	R515	0,0957	0,0972	0,0015
Lavado 1B	R510	0,0941	0,0969	0,0028
Lavado 1B	R815	0,0944	0,0963	0,0019
Lavado 1B	R810	0,0951	0,098	0,0029

Tabla 22

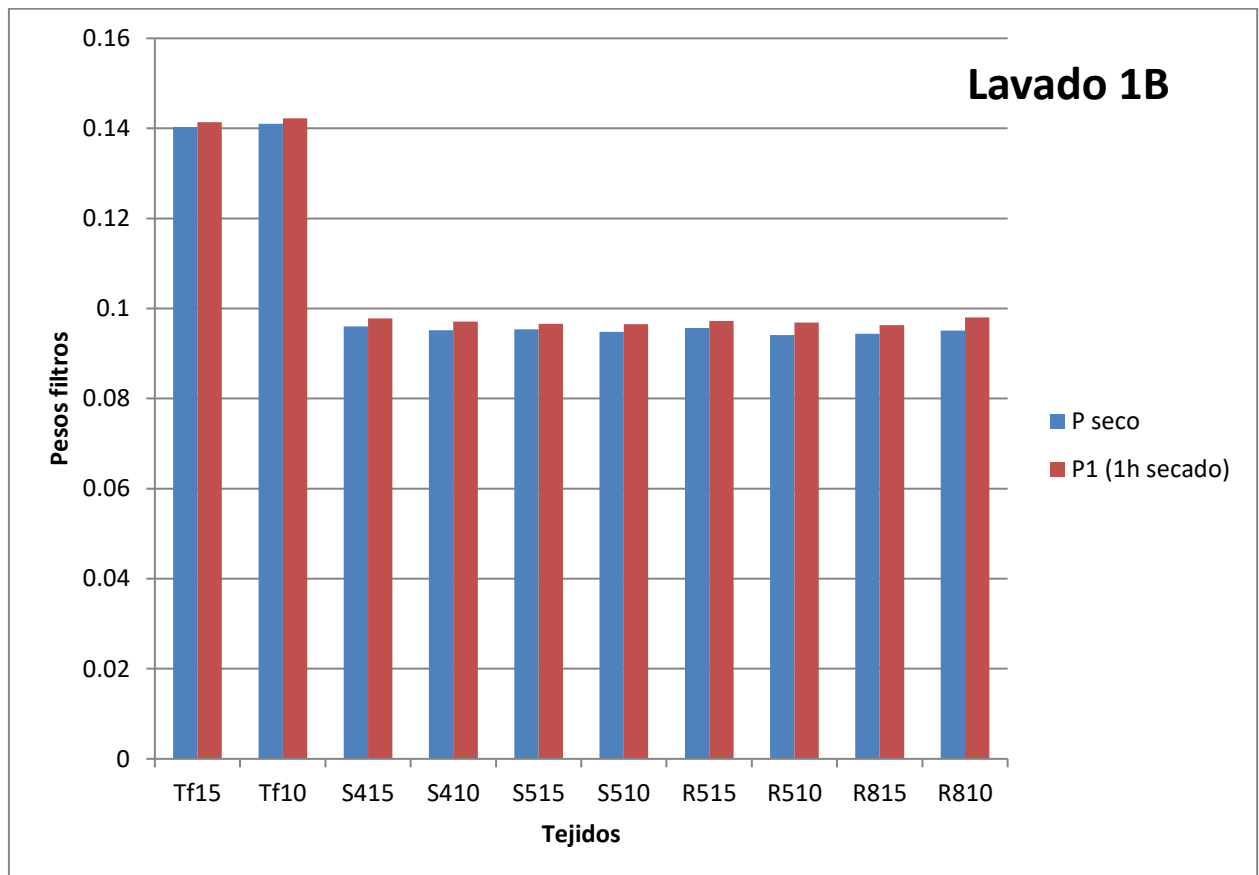


Gráfico 22

Filtro	Peso muestra	Diferencia filtros	Porcentaje (‰)
Tf15	2,646	0,0011	0,415721844
Tf10	2,1272	0,0012	0,56412185
S415	2,7112	0,0018	0,663912659
S410	2,256	0,0019	0,842198582
S515	2,7517	0,0012	0,436094051
S510	2,177	0,0017	0,780891135
R515	2,7367	0,0015	0,548105382
R510	2,1527	0,0028	1,300692154
R815	2,7145	0,0019	0,699944741
R810	2,2598	0,0029	1,283299407

Tabla 23

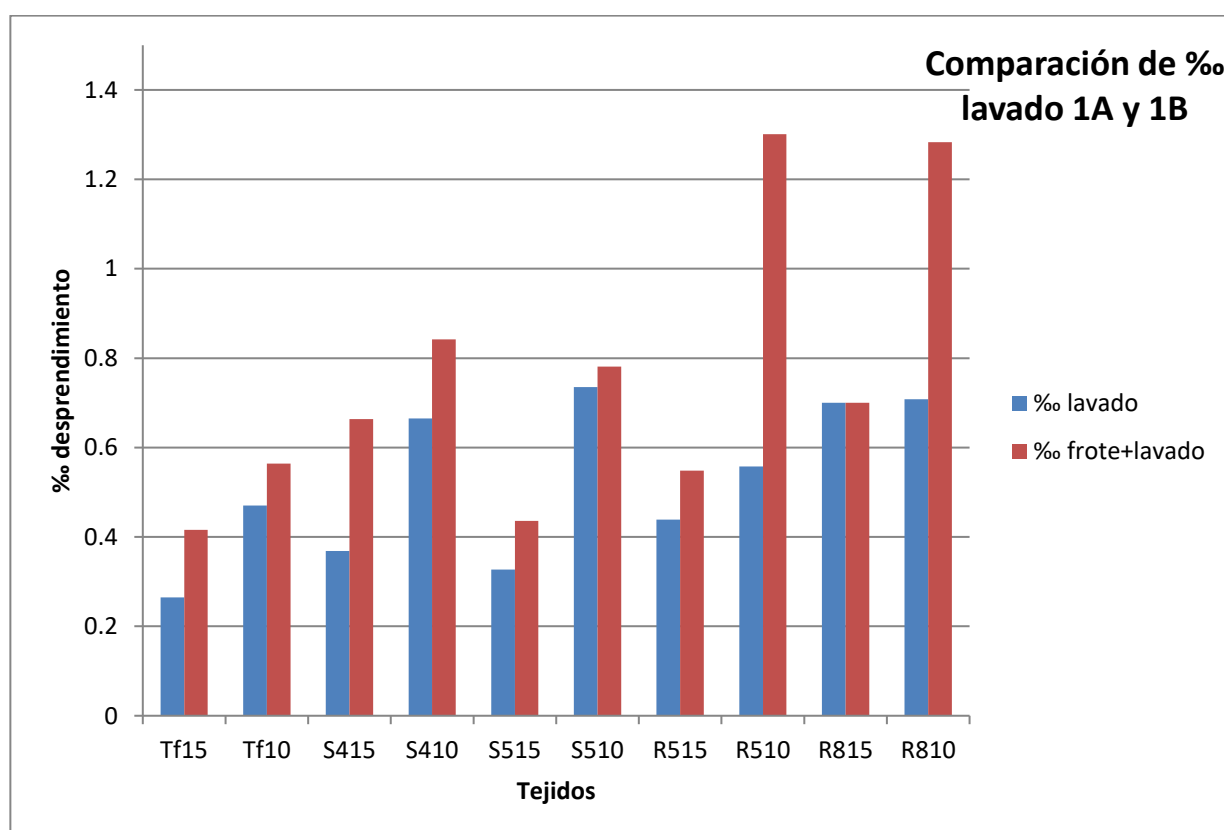


Gráfico 23

Lavado 1B	Desprendimiento Dn 15 %.	Coefficiente de ligadura
Tf15	0,415721844	1
S415	0,663912659	0,5
S515	0,436094051	0,4
R515	0,548105382	0,4
R815	0,699944741	0,25
Lavado 1B	Desprendimiento Dn 10 %.	Coefficiente de ligadura
Tf10	0,56412185	Tf=1
S410	0,842198582	S4=0,5
S510	0,780891135	S5=0,4
R510	1,300692154	R5=0,4
R810	1,283299407	R8=0,25

Tabla 24

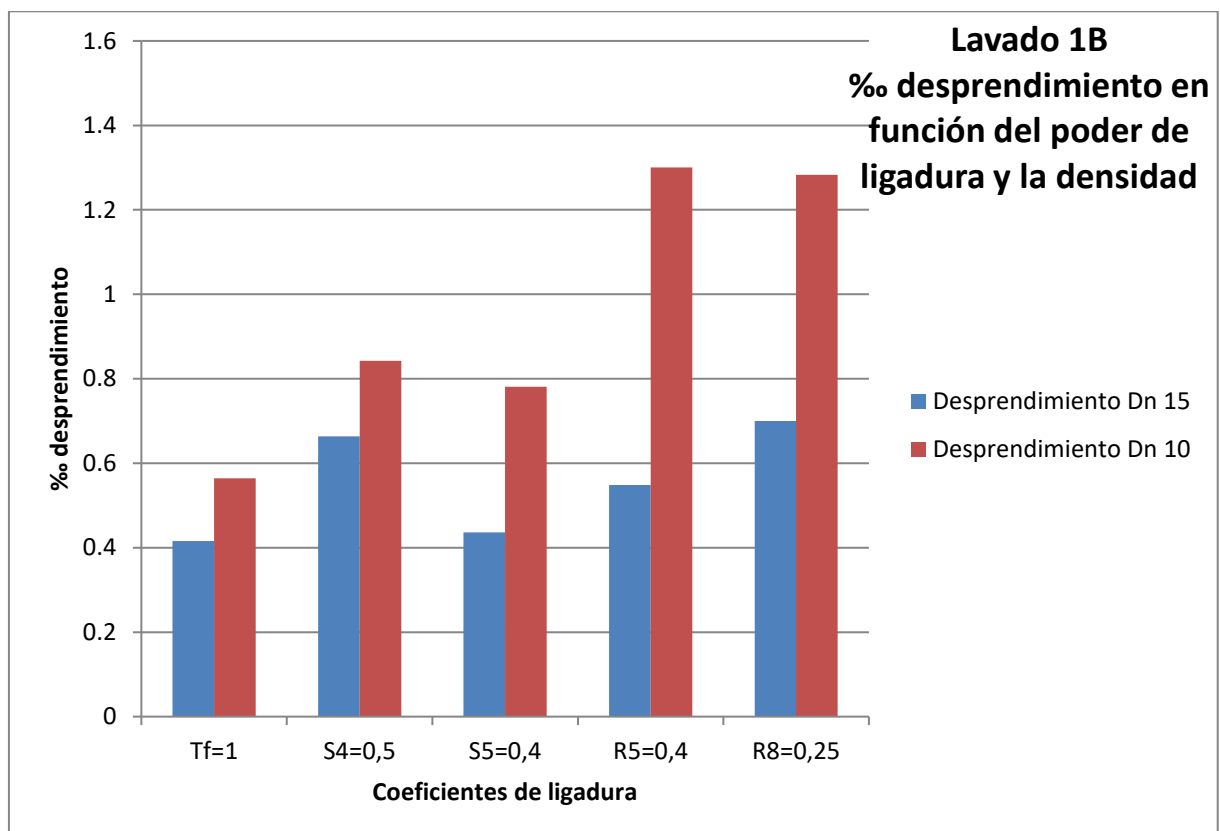


Gráfico 24

G. Acumulativa de lavados

a. Densidad 10

Tejido	% 1A	% 2A	% 3A	% 4A	% 5A
Tf10	0,470101542	0,611132005	0,752162465	1,316284315	1,59834524
S410	0,664893617	0,975177305	1,019503545	1,640070921	1,773049644
S510	0,734956362	1,194304088	1,28617442	1,699587374	3,261369643
R510	0,557439495	0,789705951	1,021972411	1,34714545	1,71877178
R810	0,708027259	0,973537481	1,017789181	1,371802811	1,858571552

Tabla 25

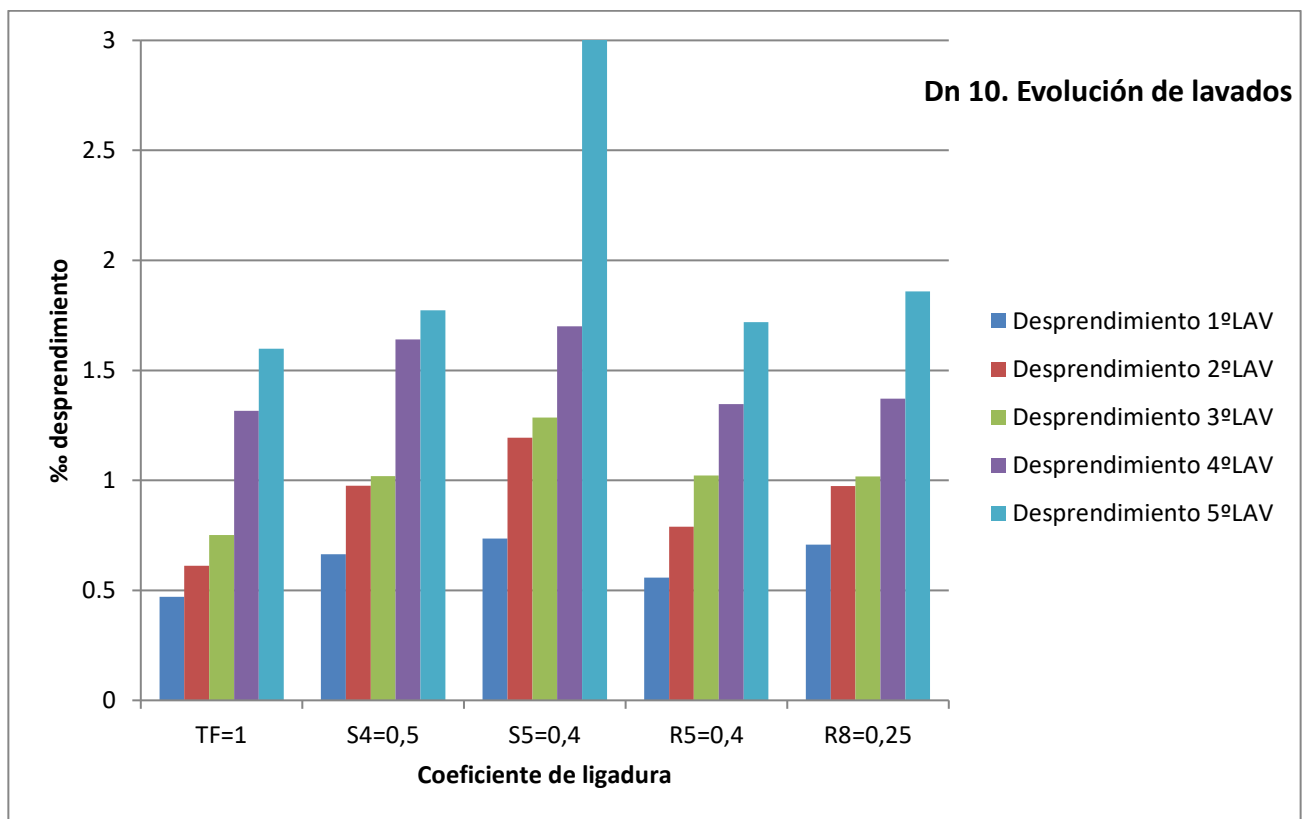


Gráfico 25

b. Densidad 15

Tejido	% 1A	% 2A	% 3A	% 4A	% 5A
Tf15	0,264550265	0,340136055	0,453514735	0,680272105	0,831443685
S415	0,368840366	0,553260549	0,590144589	1,143405138	1,254057248
S515	0,327070538	0,581458734	0,654141074	1,053893954	1,380964492
R515	0,438484306	0,6211861	0,84042825	1,169291479	2,557825118
R815	0,699944741	0,957819119	1,031497509	1,215693494	1,805120644

Tabla 26

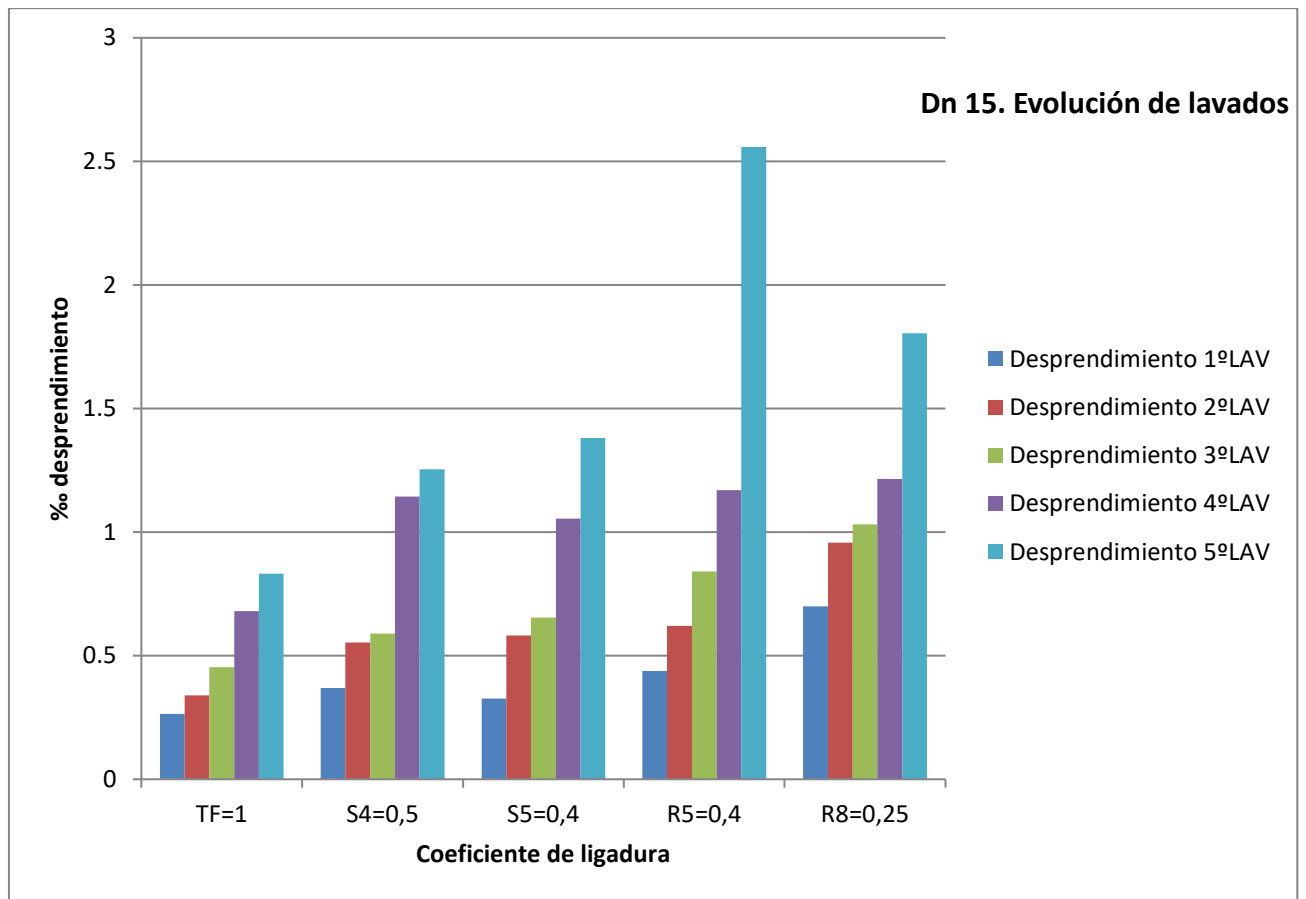


Gráfico 26

ANEXO II. Fotos de los filtros en lupa y microscopía de barrido.

A. Filtro sin manipular

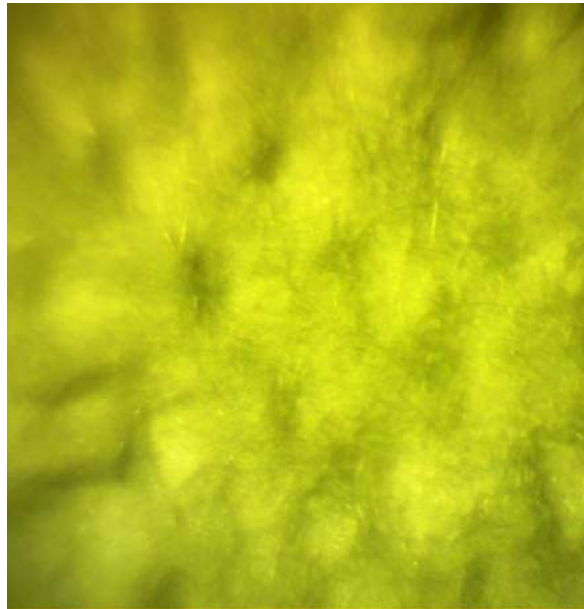


Figura 59

B. Tejidos iniciales

a. Tejido de densidad baja

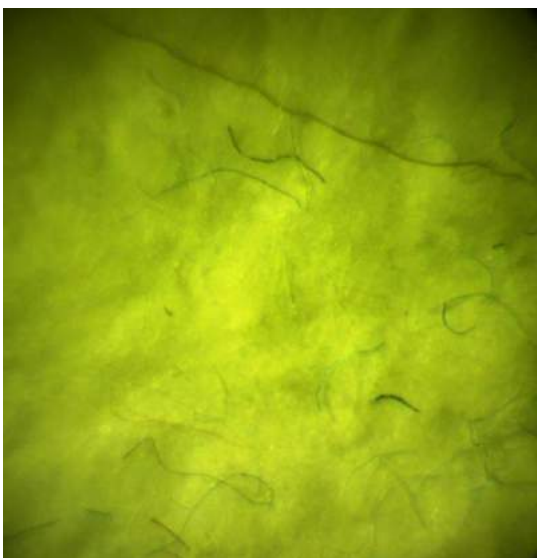


Figura 60

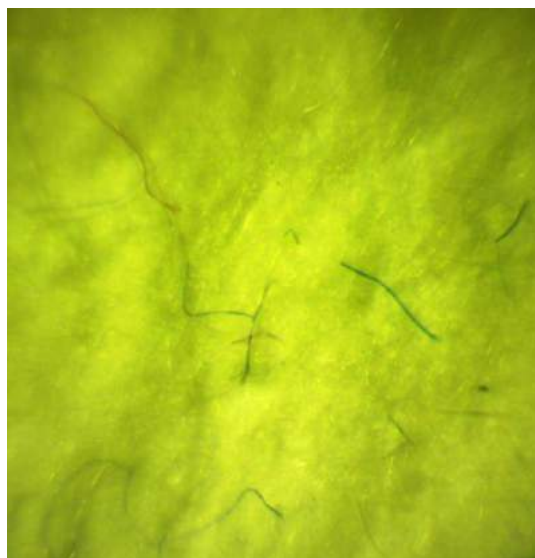


Figura 61

b. Tejido de densidad alta

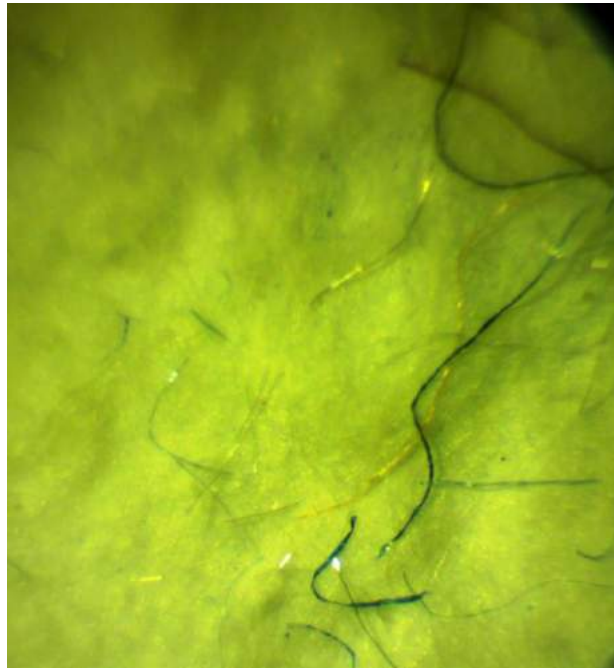


Figura 62

c. Tejido de densidad alta con frote

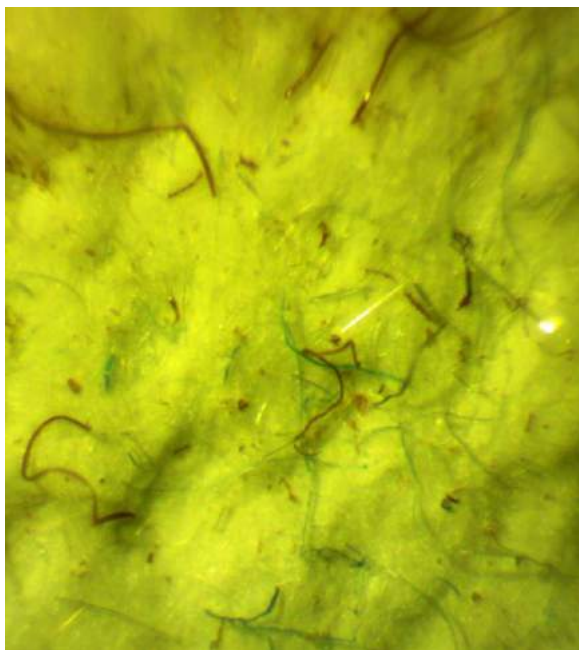


Figura 63

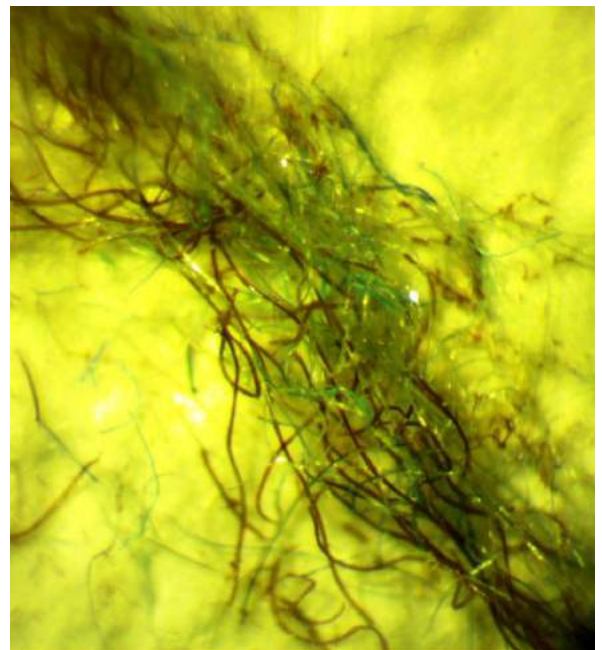


Figura 64

d. Tejido de chenilla

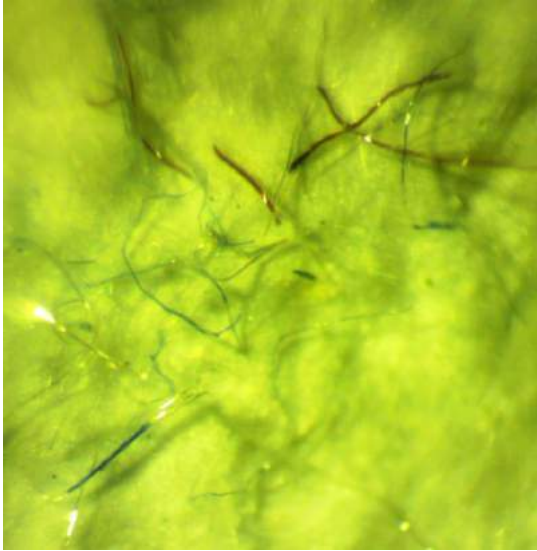


Figura 65

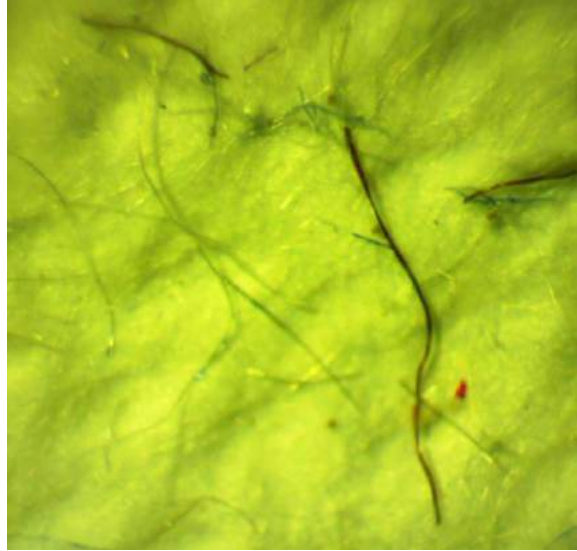


Figura 66

e. Tejido de chenilla con frote

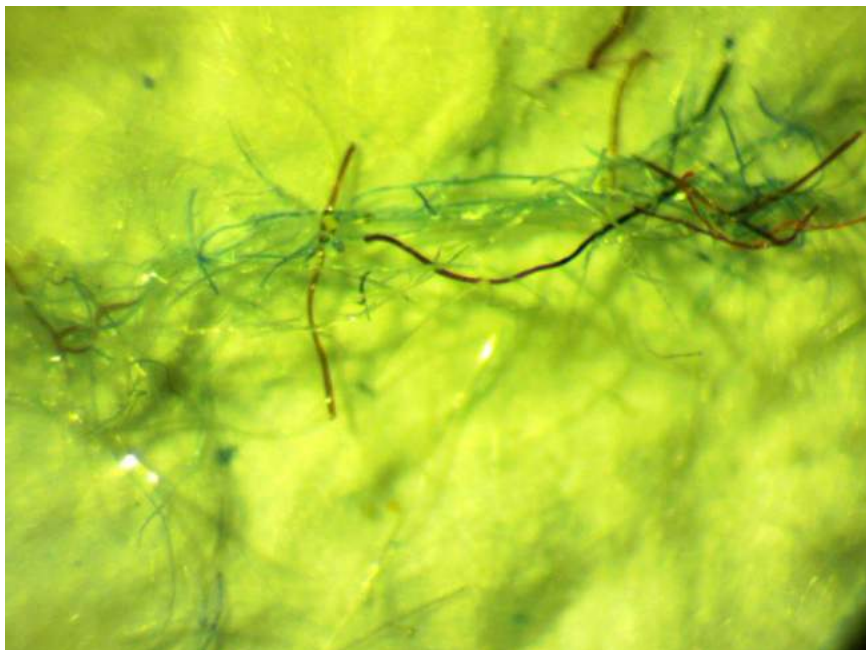


Figura 67

C. Tejidos ensayados

a. Tafetán de densidad 10

i. Lavado



Figura 68

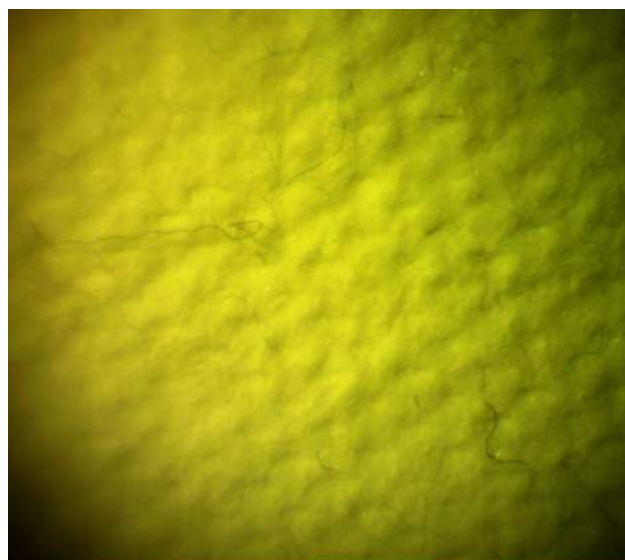


Figura 69

ii. Frote y lavado

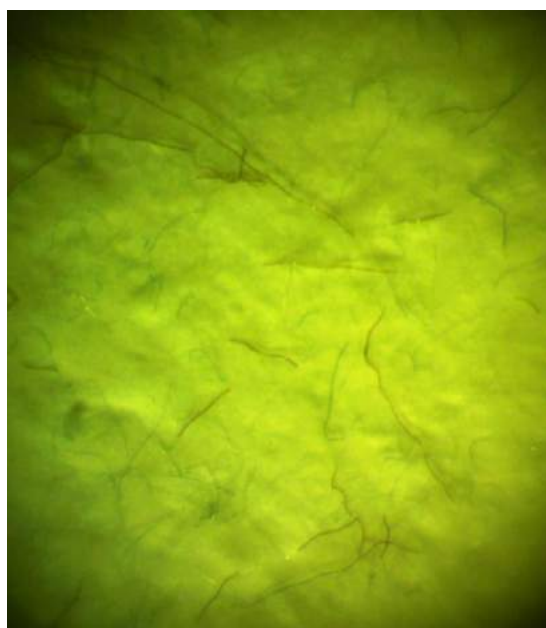


Figura 70



Figura 71

b. Tafetán de densidad 15

i. Lavado



Figura 72

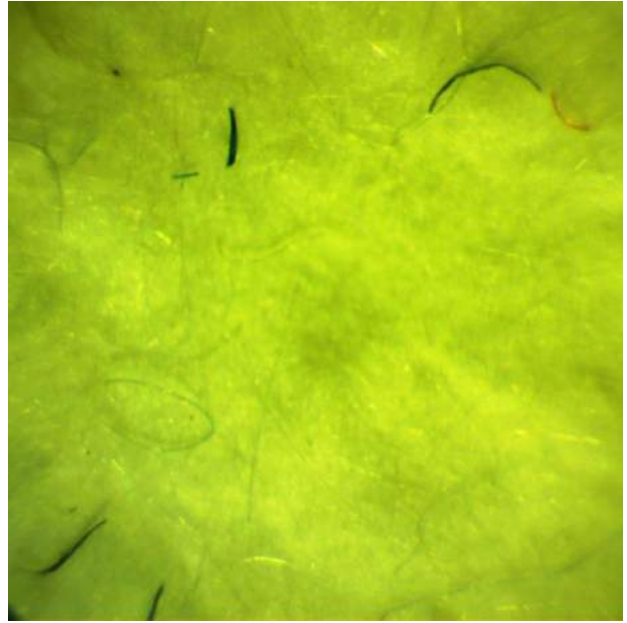


Figura 73

ii. Frote y lavado

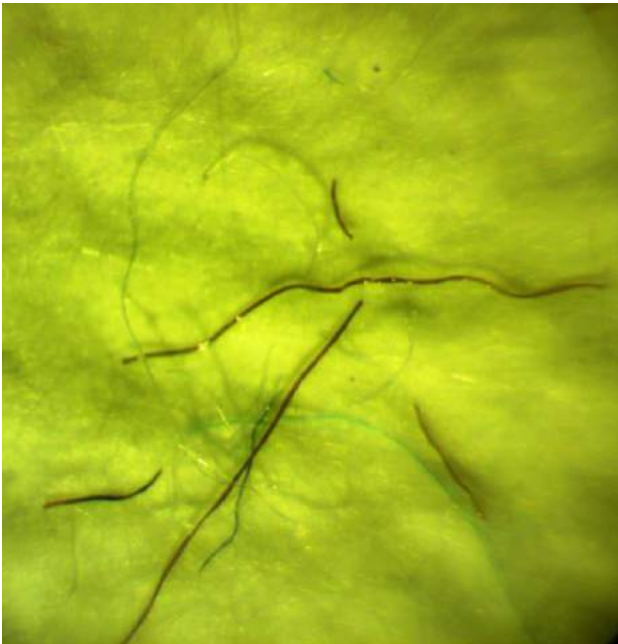


Figura 74

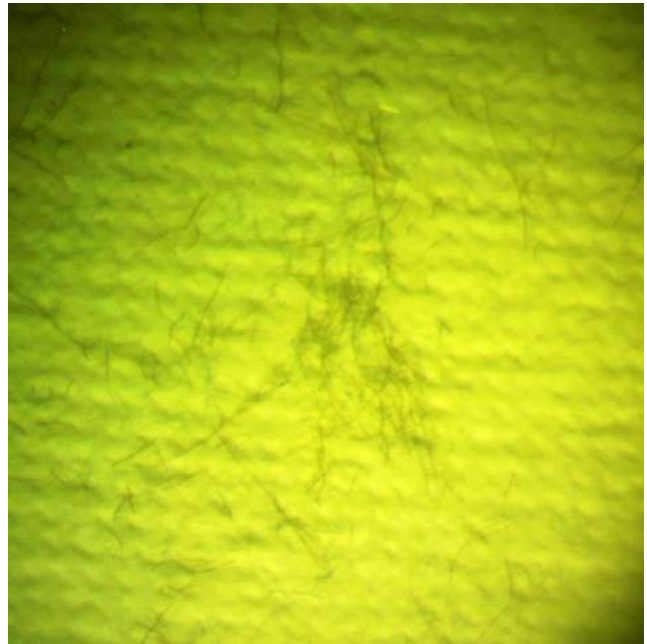


Figura 75

c. Sarga 4x4 de densidad 10

iii. Lavado

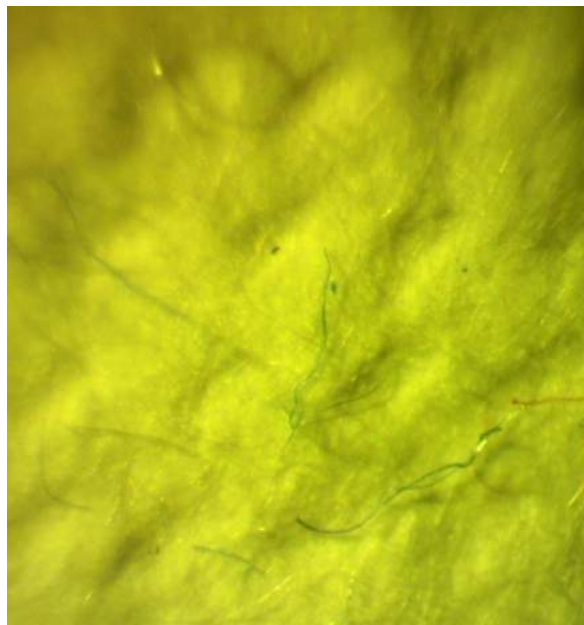


Figura 76

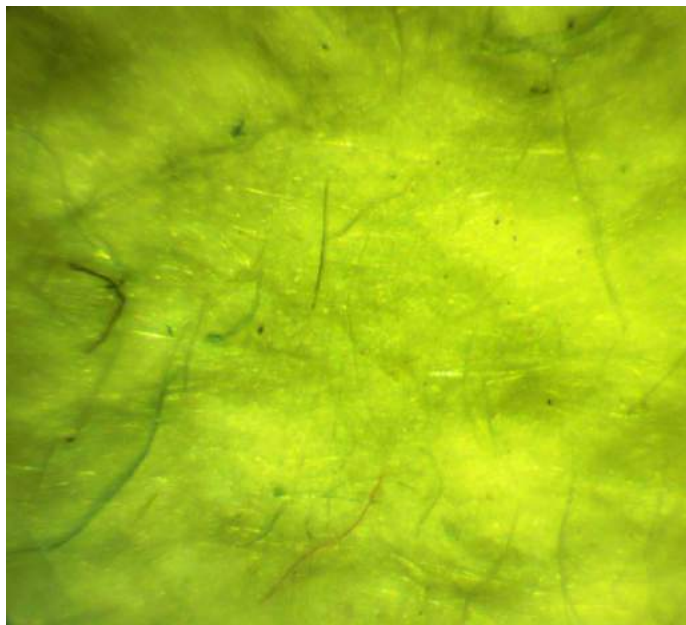


Figura 77

iv. Frote y lavado

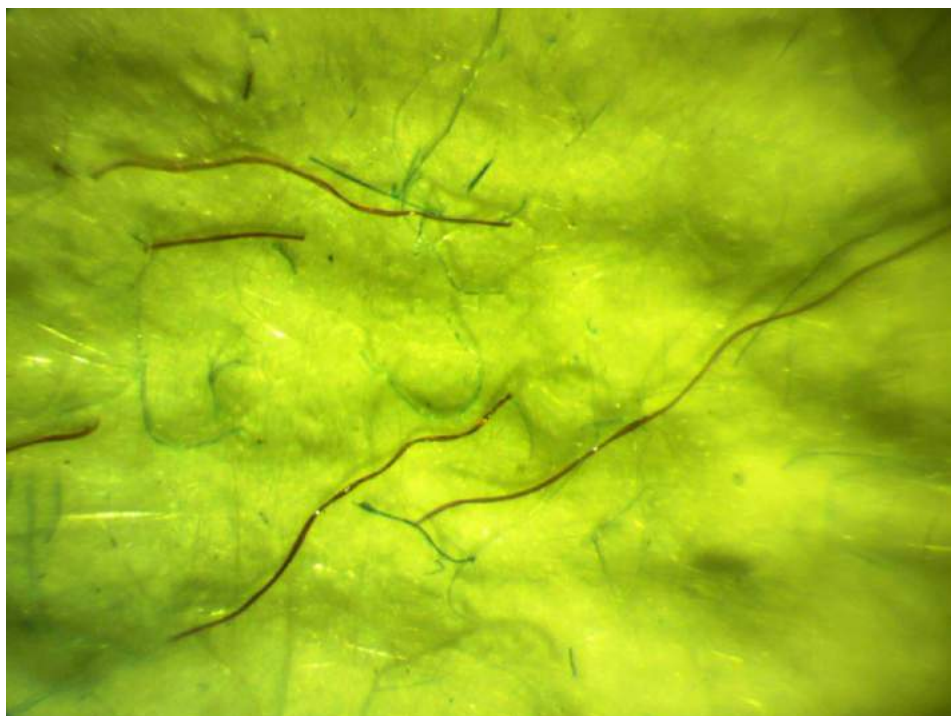


Figura 78

d. Sarga 4x4 de densidad 15

i. Lavado

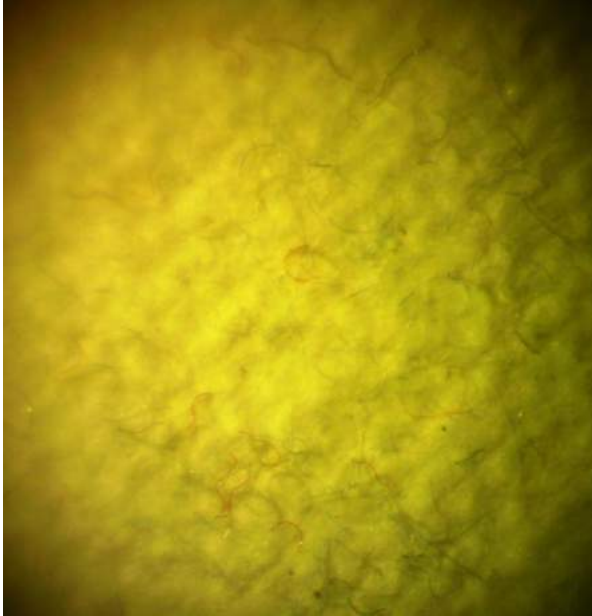


Figura 79

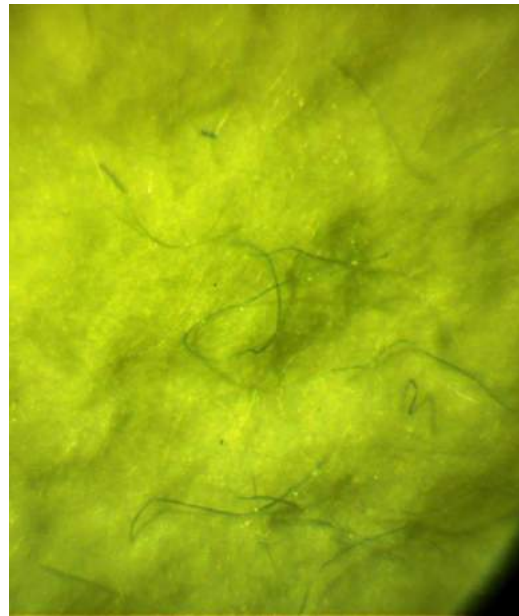


Figura 80

ii. Frote y lavado

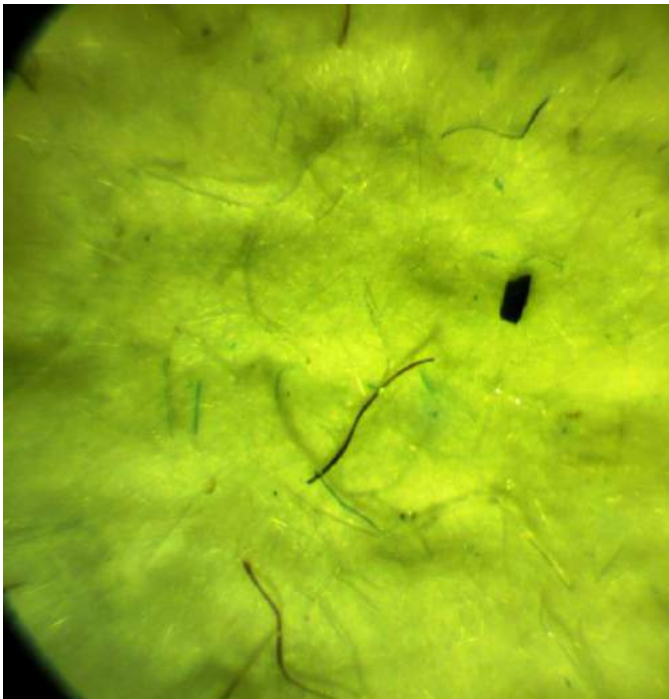


Figura 81

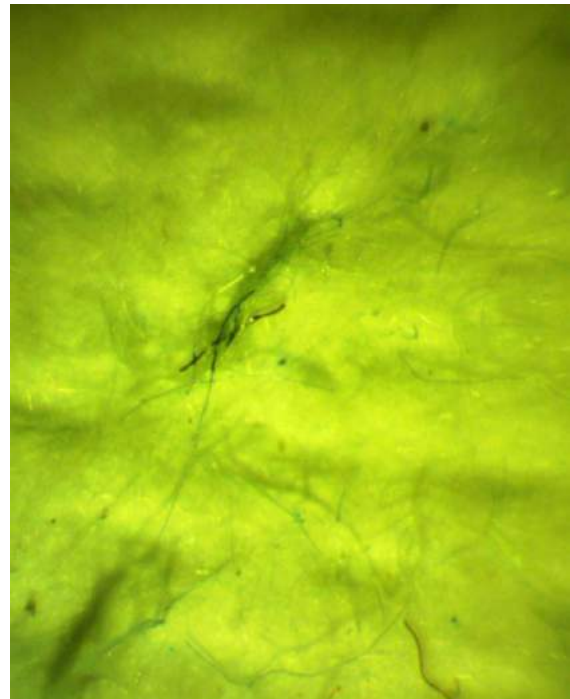


Figura 82

e. Sarga 5x5 de densidad 10

i. Lavado



Figura 83

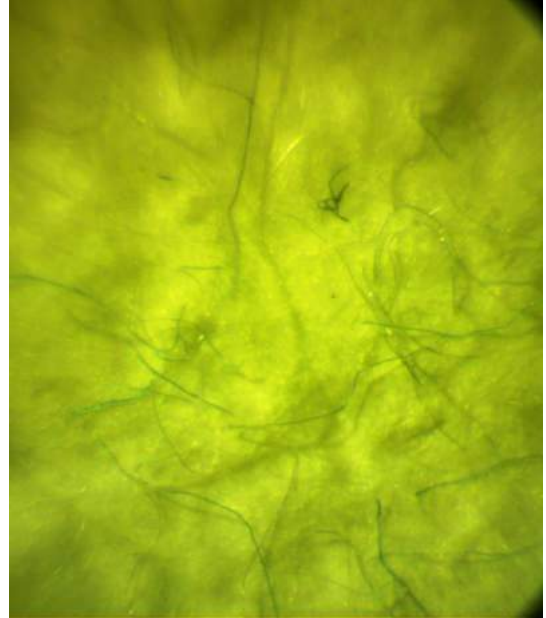


Figura 84

ii. Frote y lavado

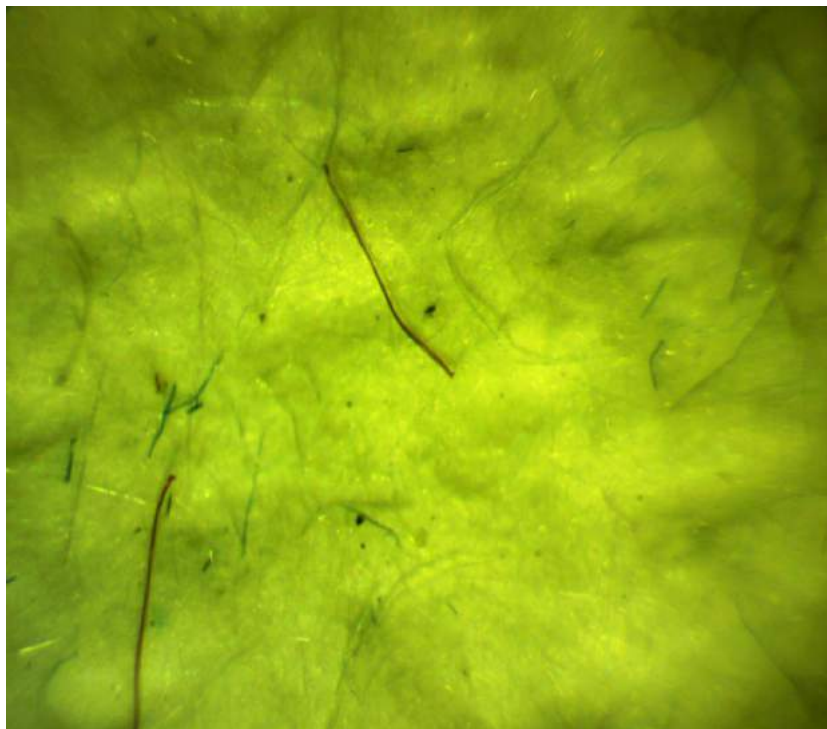


Figura 85

f. Sarga 5x5 de densidad 15

i. Lavado



Figura 86

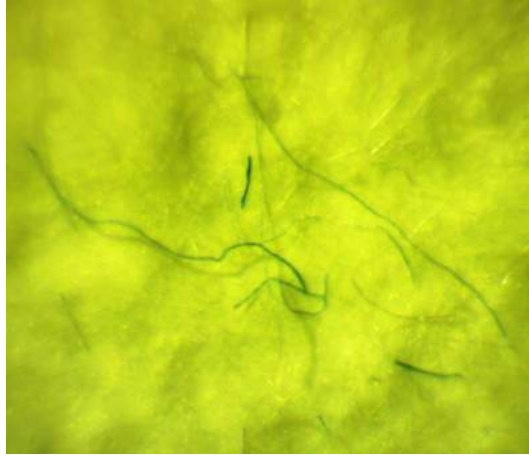


Figura 87

ii. Frote y lavado



Figura 88



Figura 89

g. Raso 5x5 de densidad 10

i. Lavado

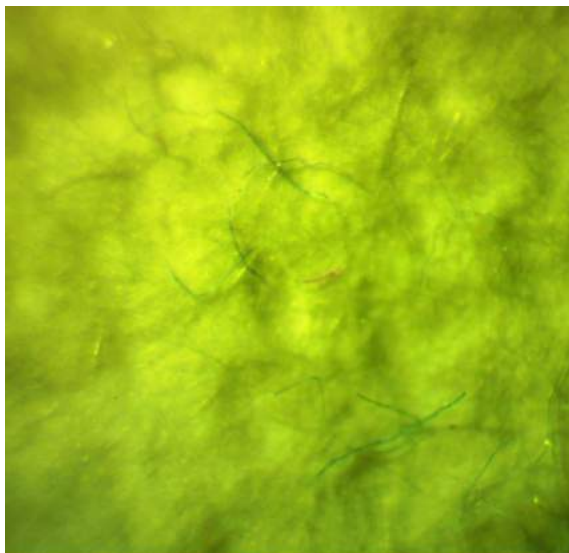


Figura 90

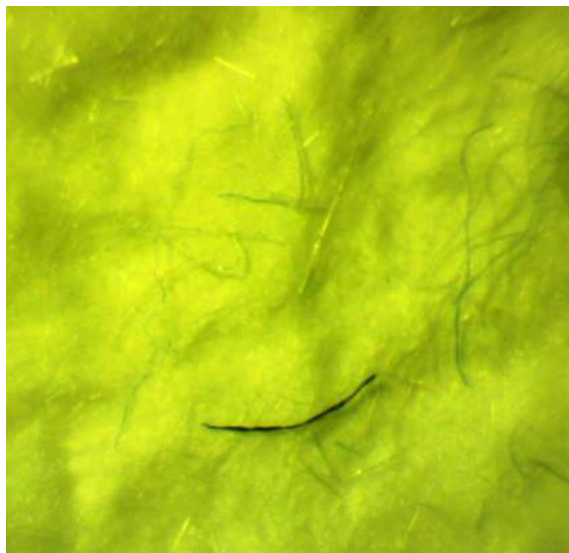


Figura 91

ii. Frote y lavado



Figura 92

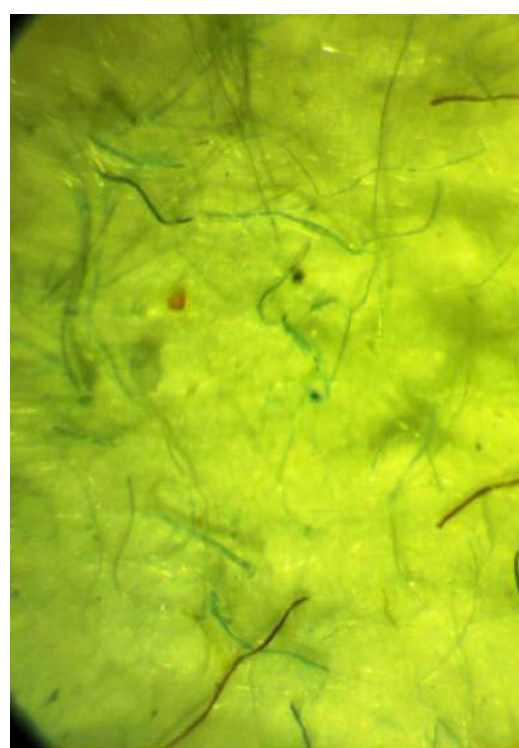


Figura 93

h. Raso 5x5 de densidad 15

i. Lavado



Figura 94

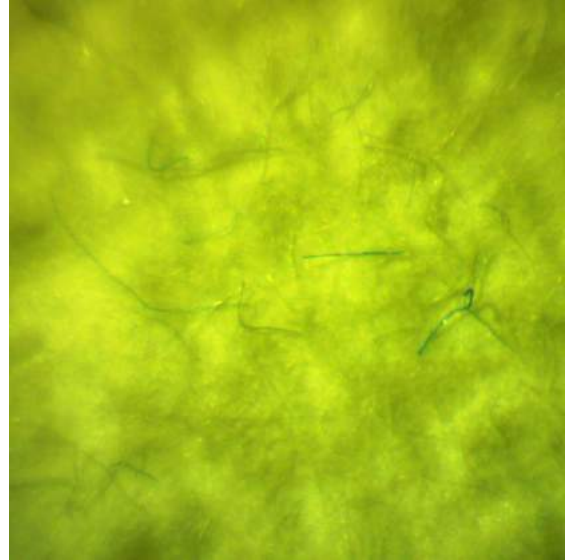


Figura 95

ii. Frote y lavado

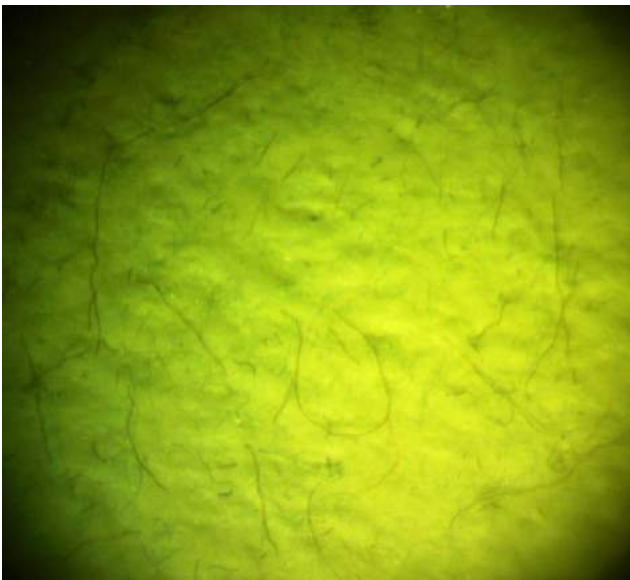


Figura 96



Figura 97

i. Raso 8x8 de densidad 10

i. Lavado



Figura 98

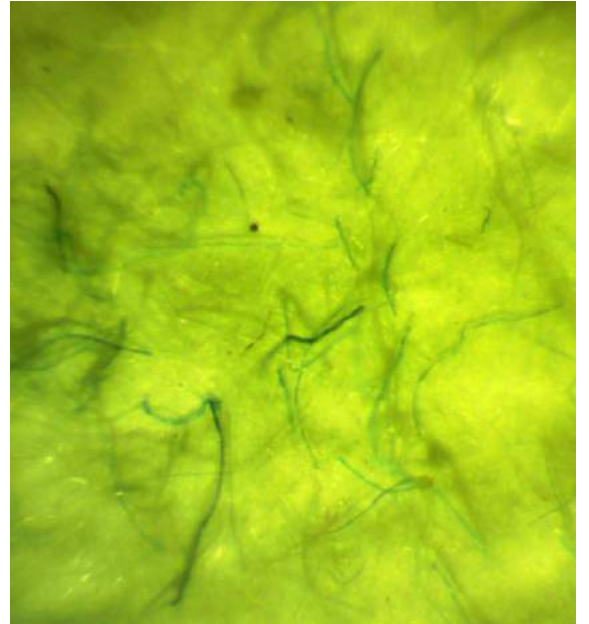


Figura 99

ii. Frote y lavado

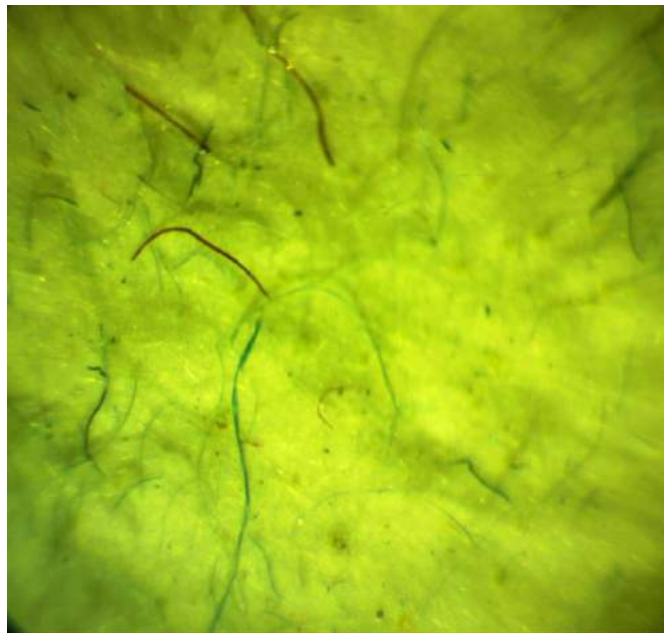


Figura 100

j. Raso 8x8 de densidad 15

i. Lavado

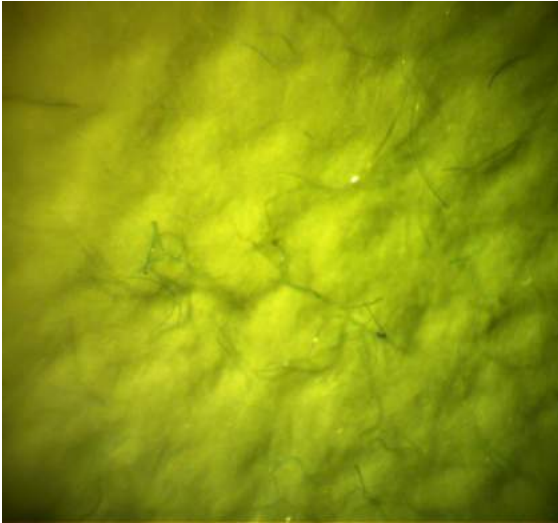


Figura 101

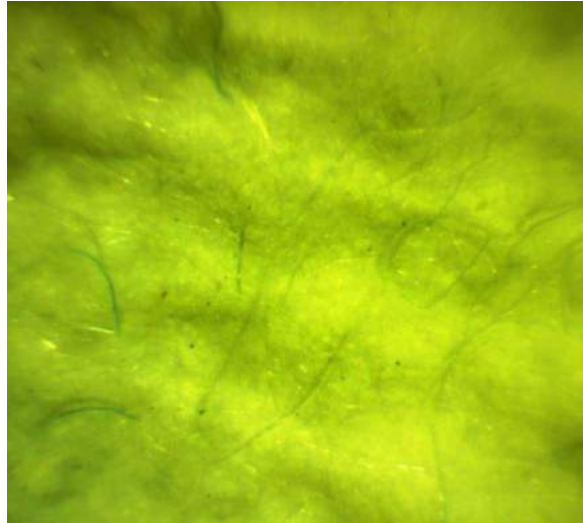


Figura 102

ii. Frote y lavado

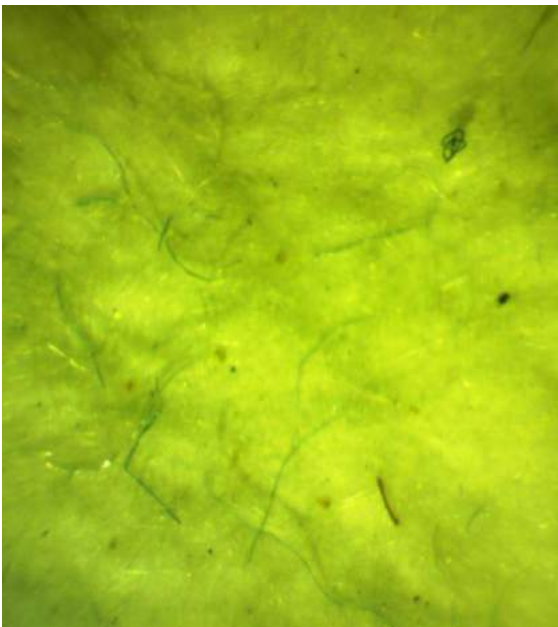


Figura 103



Figura 104

D. Fotos del microscópio electrónico de barrido.



Figura 105

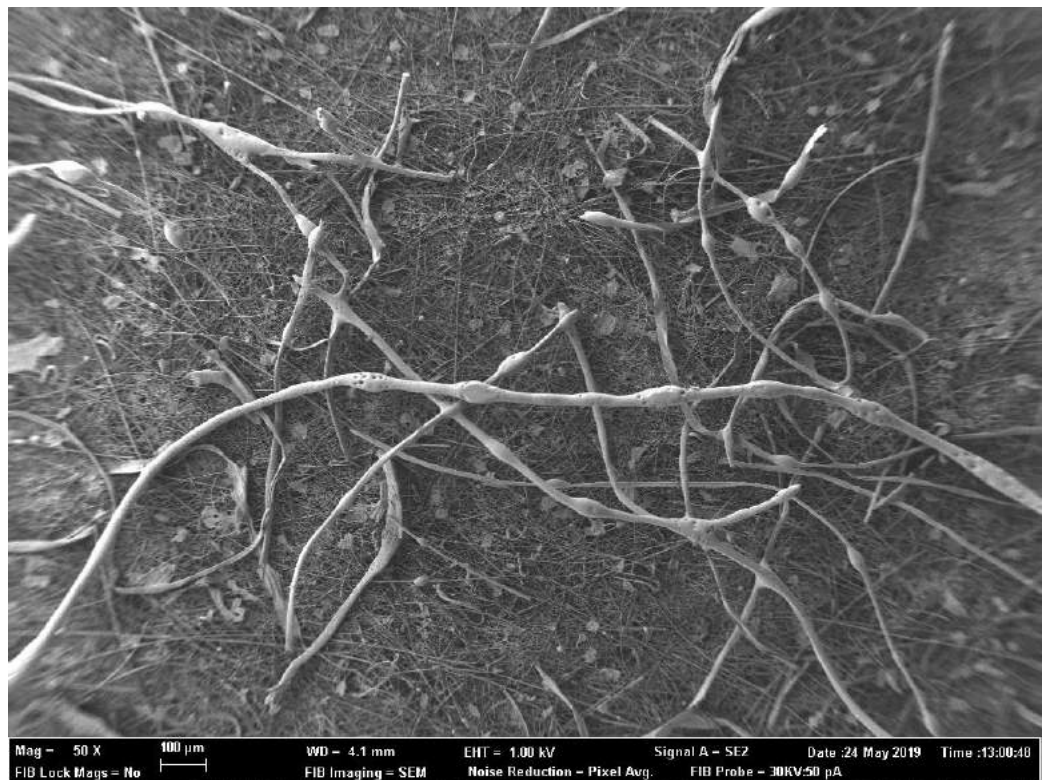


Figura 106

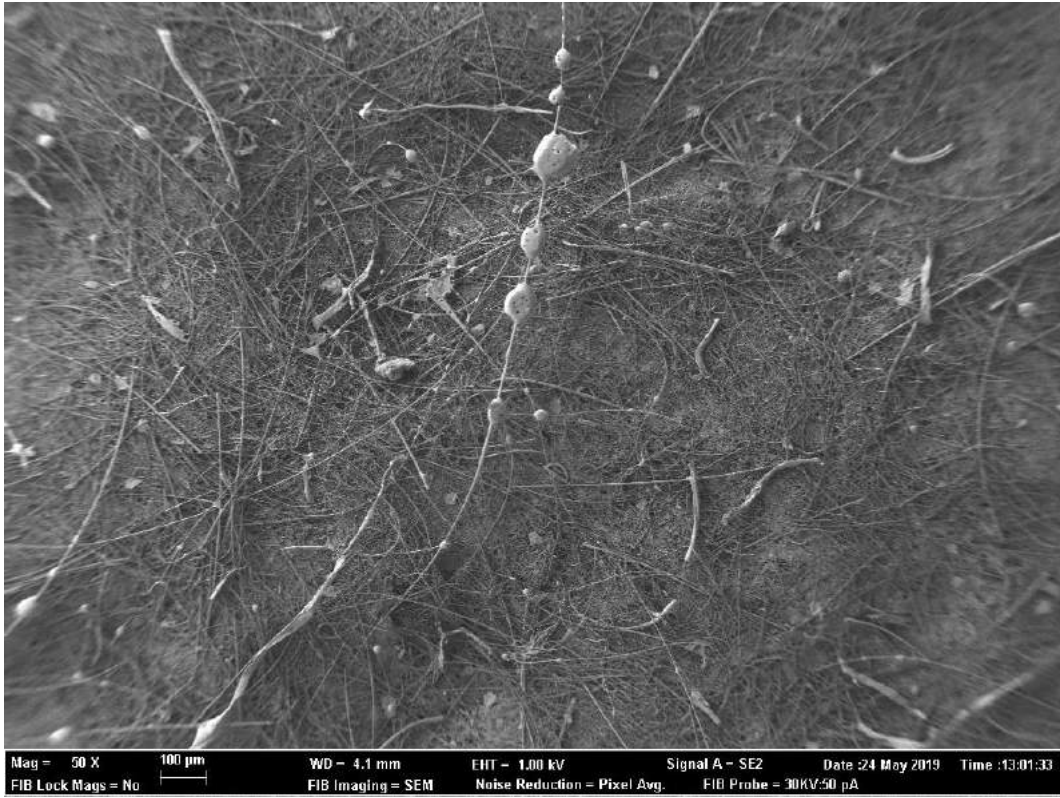


Figura 107



Figura 108

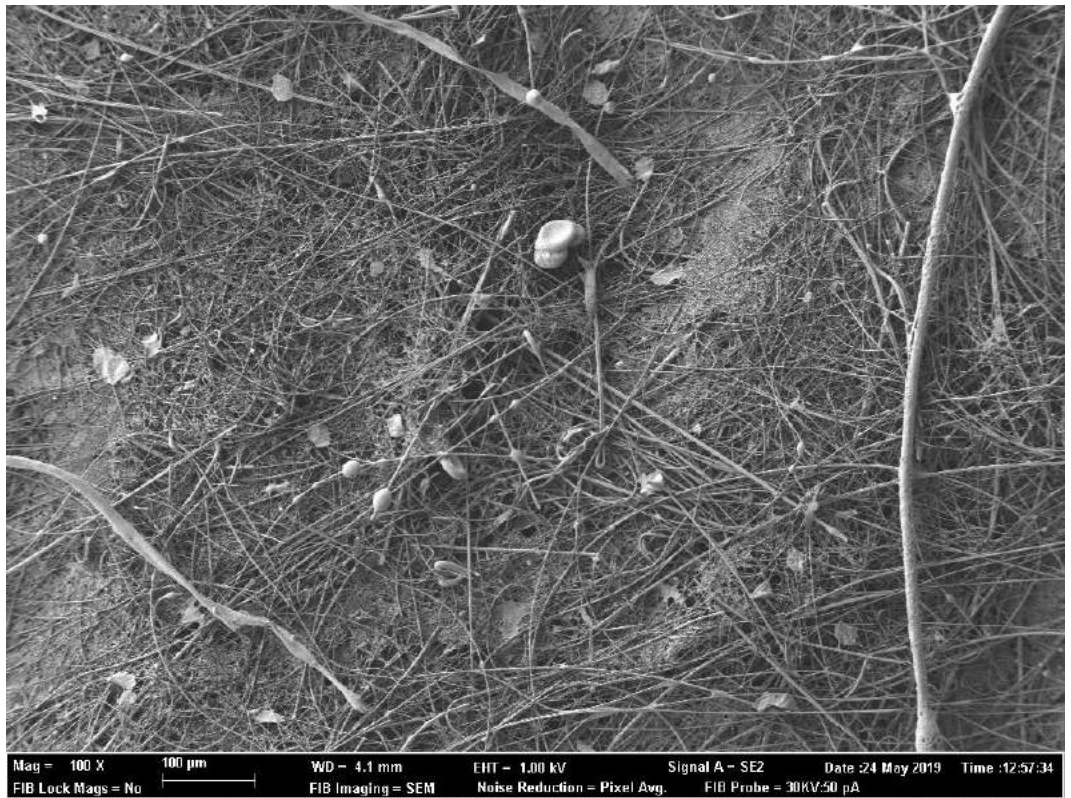


Figura 109



Figura 110

ANEXO III. Muestras físicas.



Hilos

1. Azul

64 tex Z 880
Poliéster + Algodón



2. Verde

67 tex Z 880
Poliéster + Algodón



3. Rojo

67 tex Z 1300
Poliéster + Algodón



4. Gris

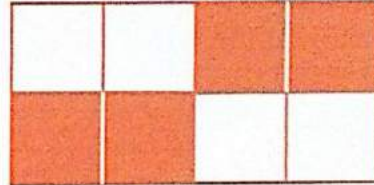
66 tex Z 1100
Poliéster + Algodón



Telas iniciales

1. Tejido densidad baja (densidad 8)
2. Tejido densidad alta (densidad 15)
3. Tejido de chenilla (trama de chenilla)

Ligamento teletón. $\left\{ \begin{array}{l} \text{burd} = 1,1 \\ \text{btr} = 2,2 \end{array} \right.$



Tafetán 10

Ligamento.

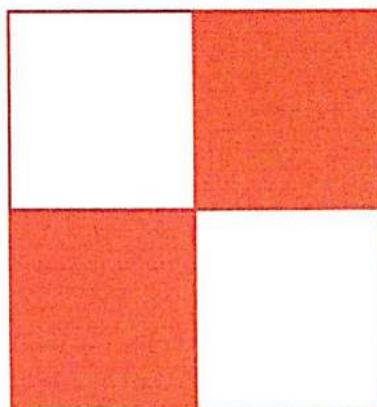
Tafetán
Enunciado 1e1

Densidades.

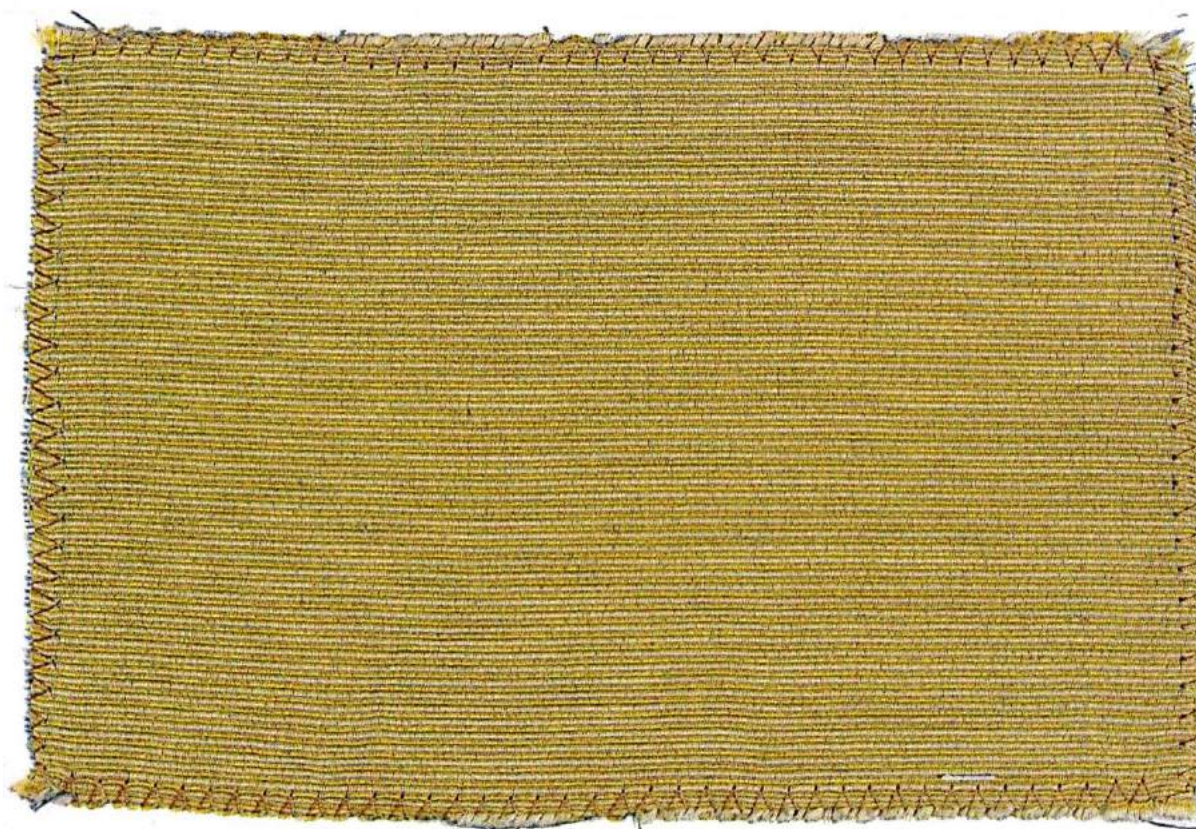
Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 10 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1



Trama: Azul



Tafetán 15

Ligamento.

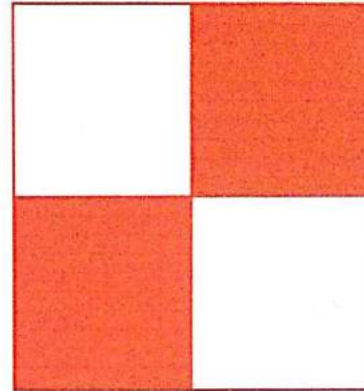
Tafetán
Enunciado 1e1

Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 15 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1



Trama: Azul



Sarga 4 10

Ligamento.

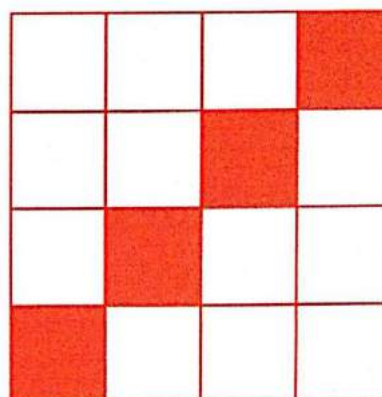
Sarga 4x4
Enunciado 3e1

Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 10 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1



Trama: Azul



Sarga 4 15

Ligamento.

Sarga 4x4
Enunciado 3e1

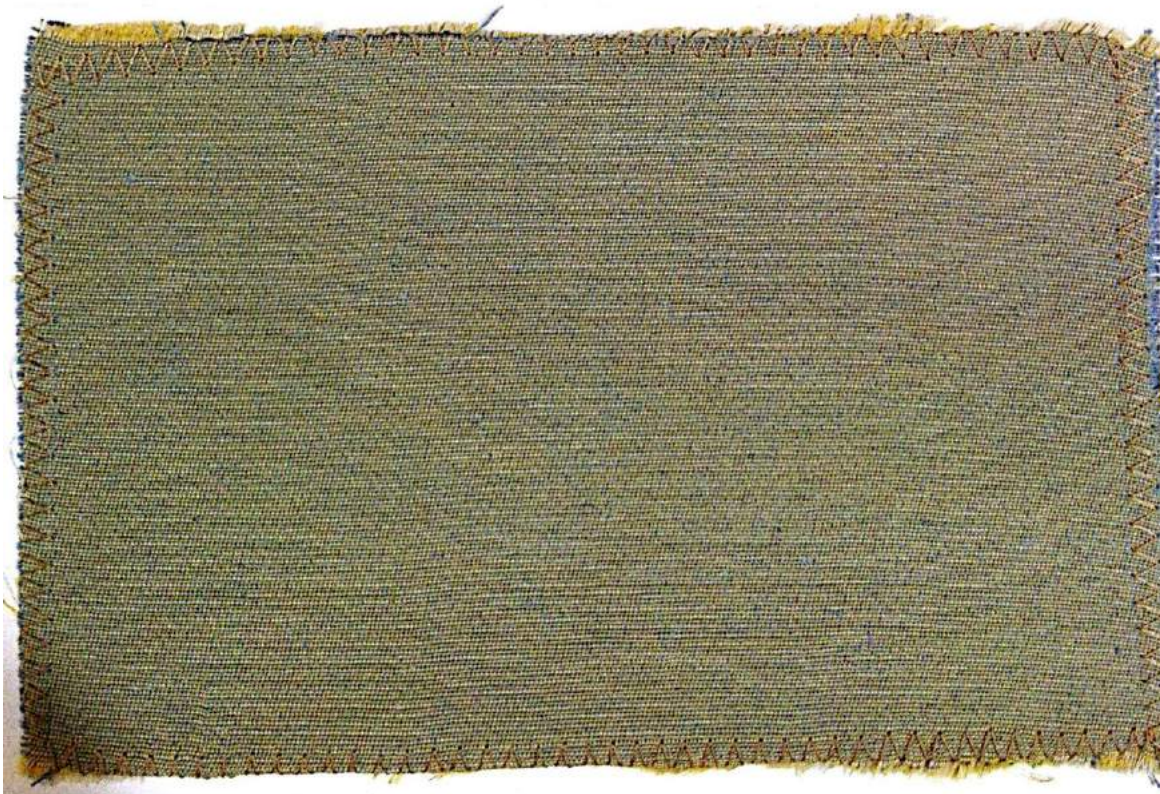
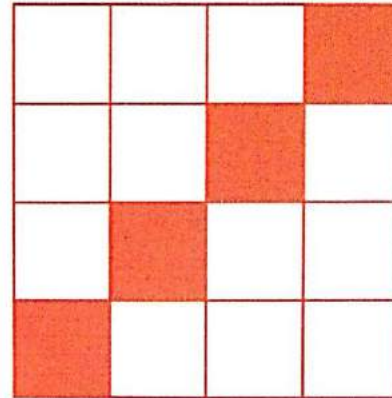
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 15 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Sarga 5 10

Ligamento.

Sarga 5x5
Enunciado 4e1

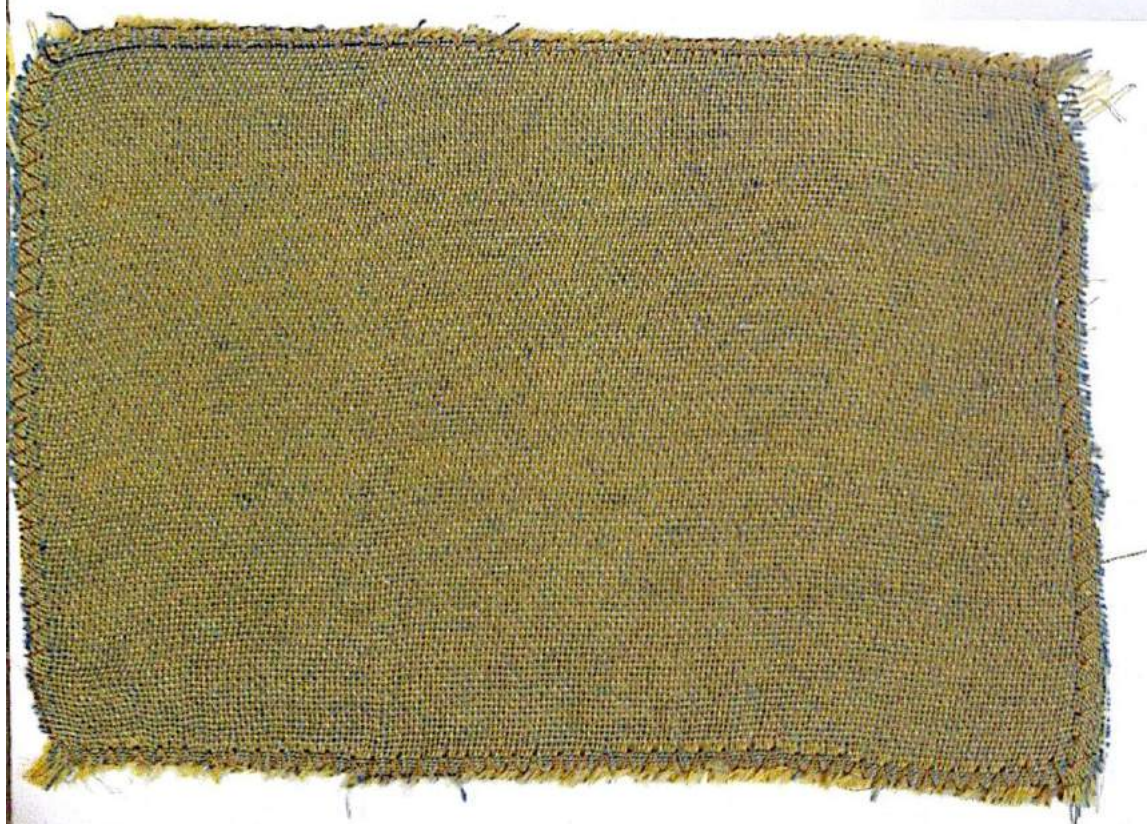
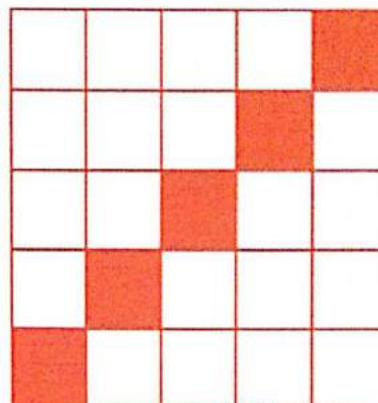
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 10 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Sarga 5 15

Ligamento.

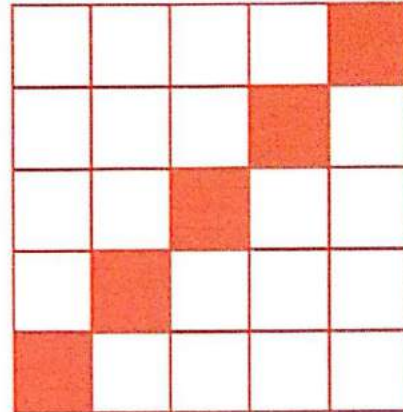
Sarga 5x5
Enunciado 4e1

Densidades.

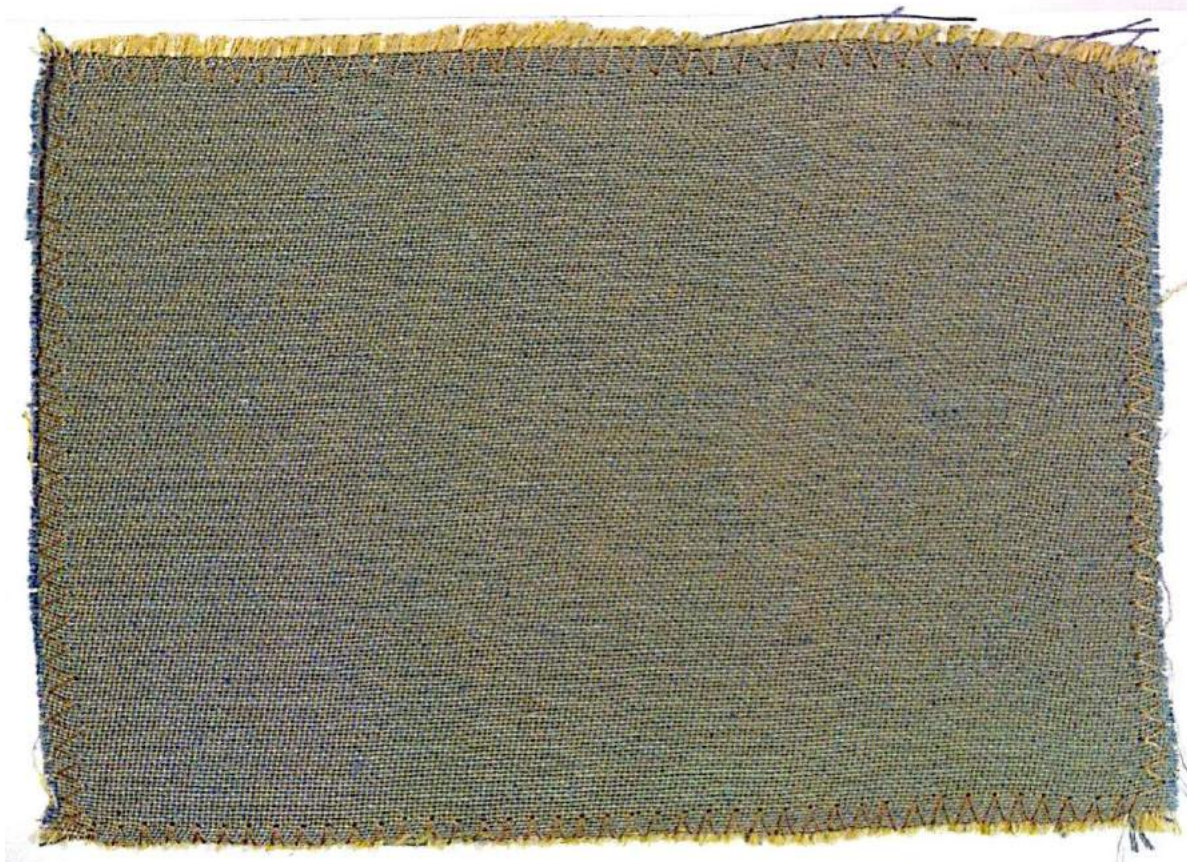
Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 15 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1



Trama: Azul



Raso 5 10

Ligamento.

Raso 5x5
Enunciado 3e2

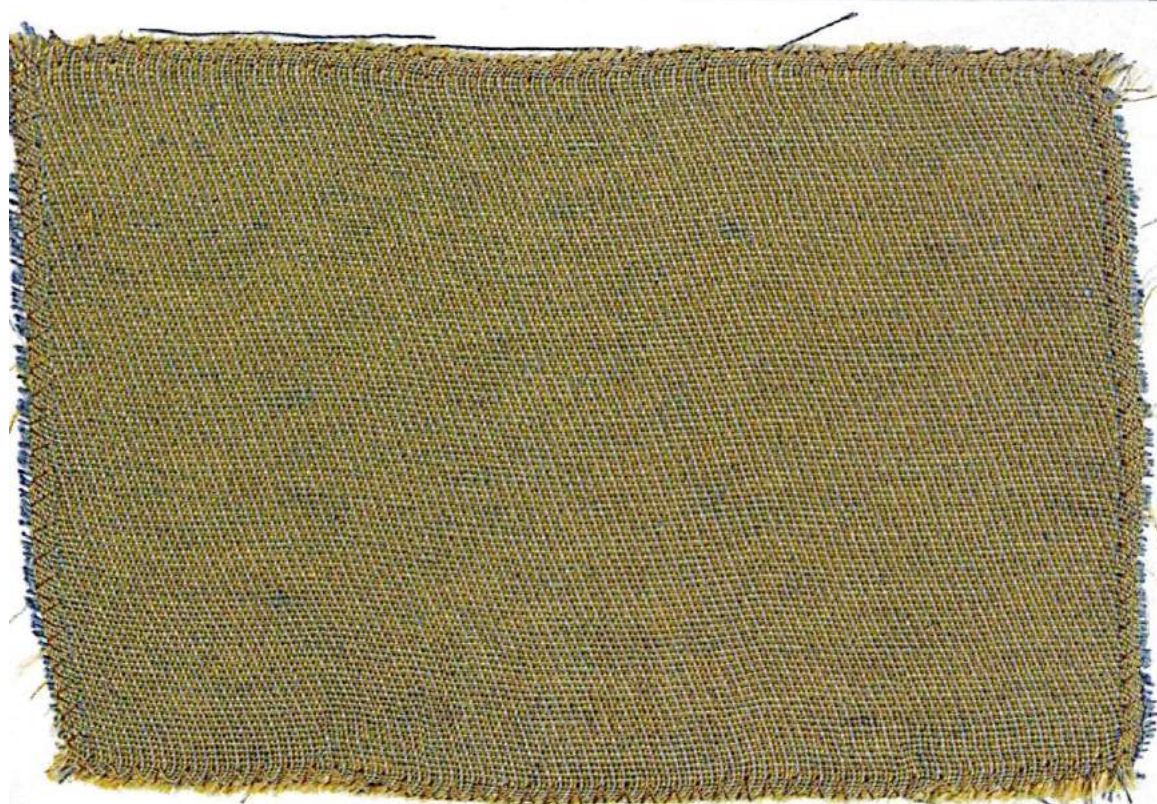
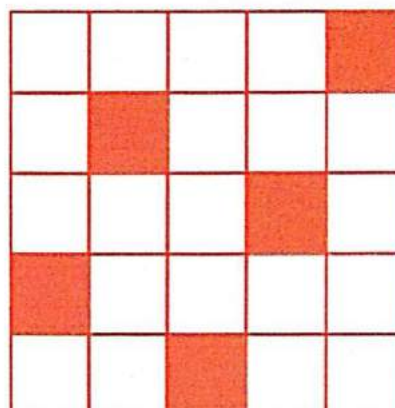
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 10 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Raso 5 15

Ligamento.

Raso 5x5
Enunciado 3e2

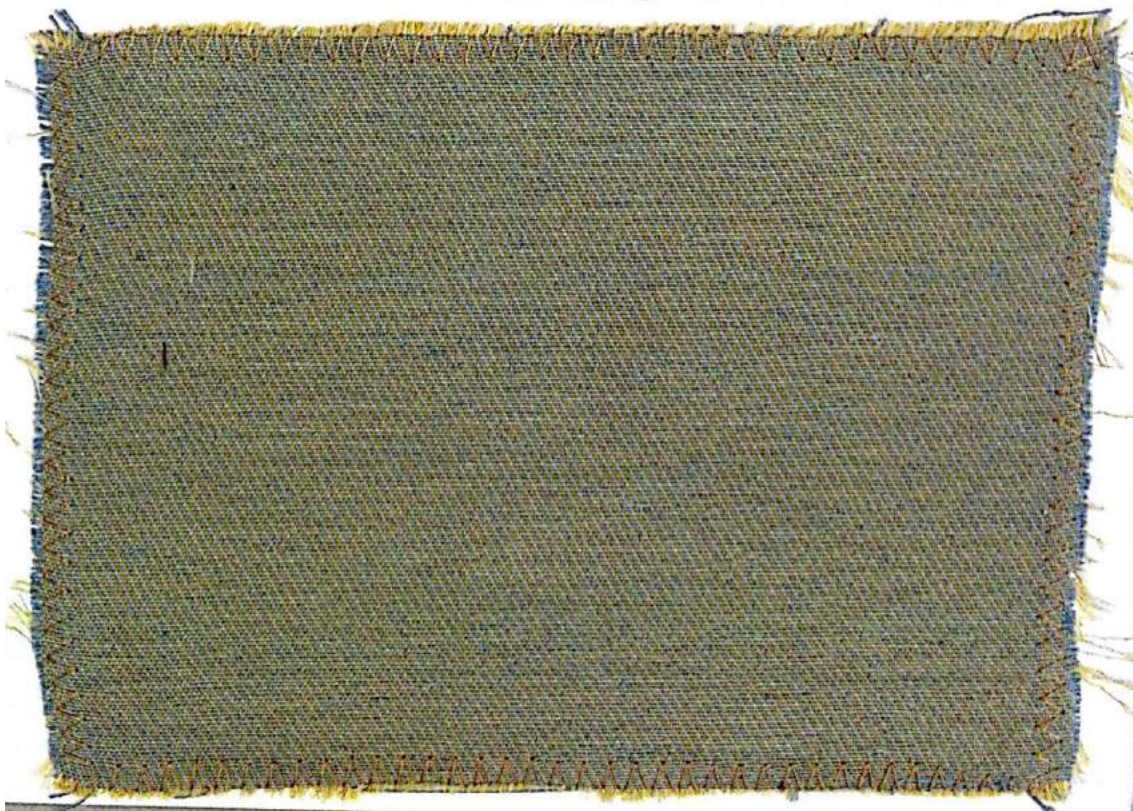
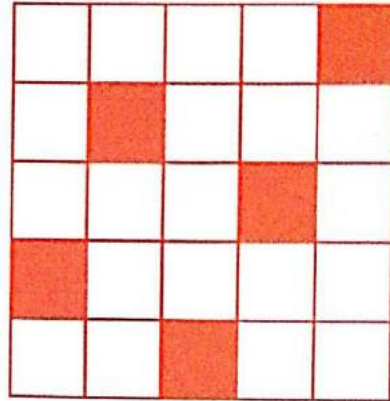
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 15 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Raso 8 10

Ligamento.

Raso 8x8
Enunciado 5e3

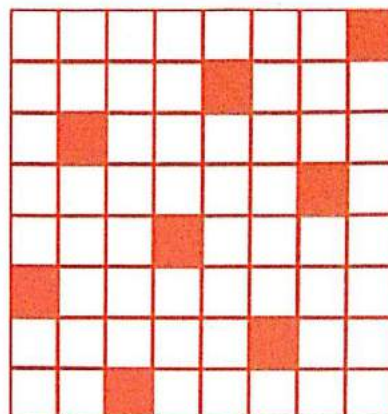
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 10 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Raso 8 15

Ligamento.

Raso 8x8
Enunciado 5e3

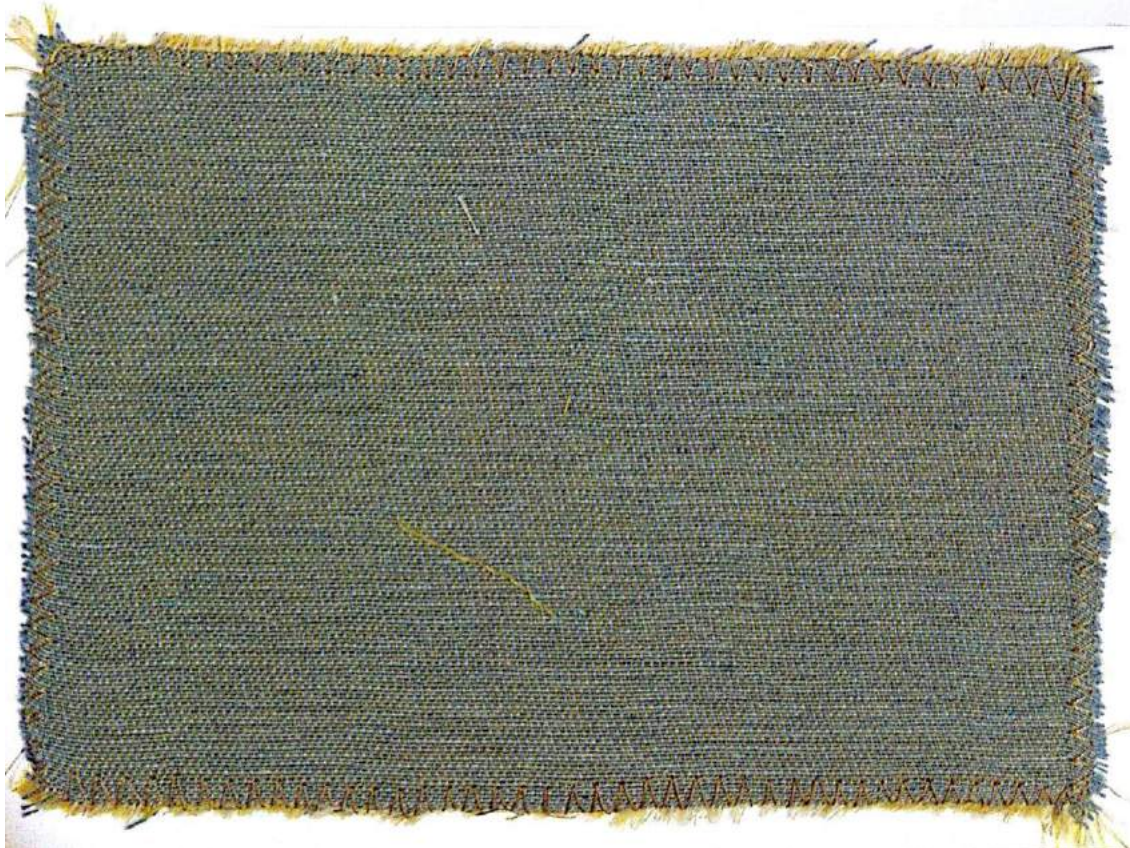
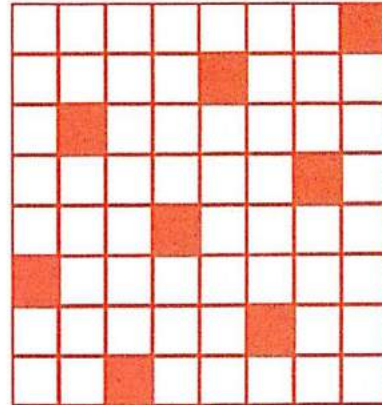
Densidades.

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 15 pdas/cm

Disposición de color.

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Azul



Diseño A

Con mayor impacto medioambiental

Disposición de color

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Rojo
Verde
Blanco

Ligamentos y colores

Color 1 verde oscuro	
Color 2 granate	
Color 3 rosa	
Color 4 amarillo	
Color 5 gris	



Densidades

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 45 pdas/cm

Dimensiones de Raport

Hilos y pasadas carta

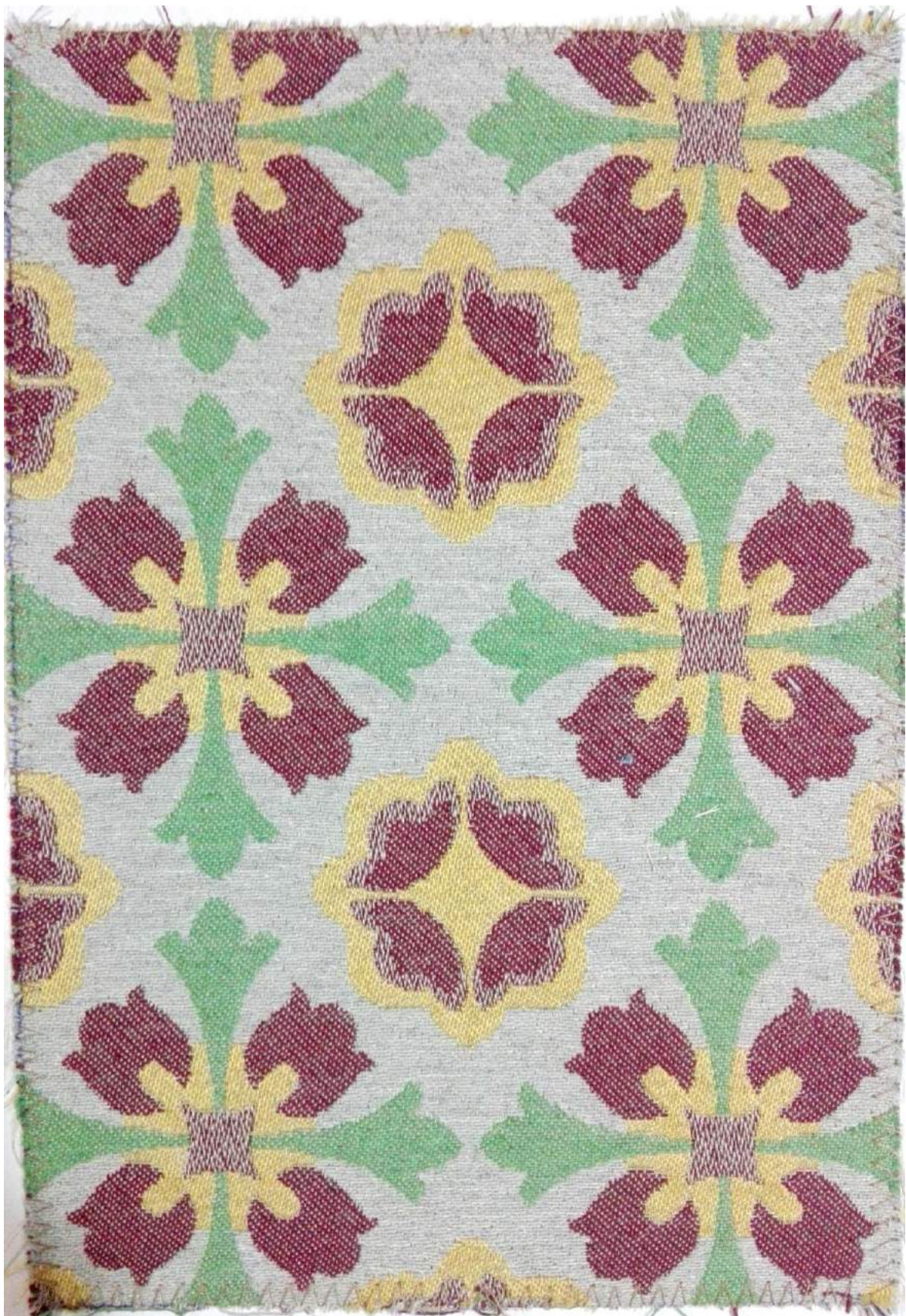
300 hilos
150 pdas

Hilos y pasadas reales

600 hilos
450 pdas

Centímetros

Urd.: 10 cm
Trama: 10 cm



Diseño B

Con menor impacto medioambiental

Disposición de color

Urdimbre: Blanco
Amarillo
Relación 1/1

Trama: Rojo
Verde
Blanco

Ligamentos y colores:

Color 1 verde oscura	
Color 2 granate	
Color 3 rosa	
Color 4 amarillo	
Color 5 gris	



Densidades

Dn urdimbre = 60 h/cm
Dn trama = 45 pdas/cm

Dimensiones de Raport

Hilos y pasadas corta

300 hilos
150 pdas

Hilos y pasadas reales

600 hilos
450 pdas

Centímetros

Urd.: 10 cm
Trama: 10 cm



