



**aitex**<sup>®</sup>  
textile research institute

## **E-COLOUR**

APLICACIÓN DE  
TECNOLOGÍA DE  
CAMPO ELÉCTRICO  
EN PROCESOS DE  
TINTURA Y  
ACABADOS TEXTILES





## Contenido

1. Ficha técnica del proyecto .....	3
2. Antecedentes y motivaciones .....	4
3. Objetivos del proyecto .....	5
4. Plan de trabajo .....	6
5. Resultados obtenidos .....	7
6. Impacto empresarial .....	20
7. Colaboradores externos destacados .....	21



# 1. Ficha técnica del proyecto

Nº EXPEDIENTE	IMAMCA/2023/6 - 2023
TÍTULO COMPLETO	Aplicación de tecnología de campo eléctrico en procesos de tintura y acabados textiles
PROGRAMA	Plan de Actividades de Carácter no Económico 2023
ANUALIDAD	2023
PARTICIPANTES	(SI PROCEDE)
COORDINADOR	(SI PROCEDE)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL <a href="http://www.ivace.es">www.ivace.es</a>
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



**GENERALITAT  
VALENCIANA**



Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)



## 2. Antecedentes y motivaciones

En el ámbito de la tintura de hilos, los métodos convencionales han generado un impacto adverso en el medio ambiente, dado que la industria textil ha estado históricamente vinculada a procesos intensivos en el uso de agua y energía, resultando en una huella ambiental considerable y, al mismo tiempo, en costos operativos elevados.

La tintura tradicional lleva años tratando de mejorar su impacto ambiental, mejorando sus procesos para reducir su impacto, pero ha demostrado ser insuficiente en términos de consumo de recursos, ya que el agua es cada vez más escasa y genera residuos significativos, a pesar de los grandes esfuerzos de depuración que se hacen. Ante este panorama, la necesidad de una solución sostenible y económicamente viable se ha vuelto imperativa para la supervivencia y la evolución de la industria textil.

Es por eso por lo que se necesita encontrar una solución que pueda abordar de manera integral estos desafíos. Reconociendo la urgencia de un enfoque más sostenible, se precisaba encontrar una tecnología que se distinga por su capacidad para lograr una deposición homogénea del material colorante sobre los hilos, eliminando la necesidad de utilizar agua en el proceso.

Esta necesidad responde directamente a la creciente presión para adoptar prácticas más sostenibles en la industria textil. El desarrollo de un proceso sin el uso de agua no solo mitiga el impacto ambiental al reducir drásticamente el consumo de este recurso escaso, sino que también posiciona a las empresas en línea con las demandas cambiantes de los consumidores conscientes de la sostenibilidad. La reducción de costos operativos asociada con la eliminación del uso de agua y la optimización general del proceso agrega un atractivo componente económico.

Este desarrollo de una nueva tecnología supondría tanto la mejora de la calidad de los hilos, sino que también representa una inversión estratégica en la innovación sostenible. Al proporcionar a los clientes una alternativa sostenible y eficiente, no solo se contribuye al bienestar del planeta, sino que también se otorga una ventaja competitiva distintiva en un mercado en constante transformación. Es por esto por lo que en este proyecto está motivado por la búsqueda continua de soluciones que redefinan la tintura de hilos de manera funcional, sostenible y económicamente responsable.



# 3. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto E-COLOUR es investigar el potencial de la tecnología de impregnación por campo eléctrico para la tintura y funcionalización de hilos. Se trata de optimizar un proceso de tratamiento de hilos alternativo a los procesos tradicionales, basados en el uso de agua y productos químicos, que dé lugar a la producción de un nuevo tipo de hilos tintados y funcionalizados de bajo impacto ambiental, con aplicación en el sector de la indumentaria.

## **Objetivos específicos**

En el marco de actuación del proyecto y con el fin de alcanzar el objetivo principal, se tiene como objetivos técnicos específicos los siguientes:

- Identificación y selección de materias colorantes de interés y susceptibles de ser empleadas en el marco del proyecto.
- Identificación y selección de materias funcionalizadoras de interés y susceptibles de ser empleadas en el marco del proyecto.
- Identificación y selección de materias textiles de interés y susceptibles de ser empleadas en el marco del proyecto, teniendo en cuenta el mercado objetivo.
- Identificación de soluciones sostenibles aplicadas a la industria de la indumentaria.
- Desarrollo de prototipos de hilados tintados mediante tecnología de tintura convencional y mediante tecnología de tintura de campo eléctrico.
- Desarrollo de prototipos de hilados funcionalizados mediante tecnología de tratamiento convencional y mediante tecnología de tratamiento por campo eléctrico.
- Caracterización de las propiedades de interés de los diferentes hilos tintados y funcionalizados. Comparación de los resultados de los hilos tratados atendiendo a las diferentes tecnologías empleadas.
- Implementación de los hilos resultantes en tecnología de tejeduría de punto para el desarrollo de prototipos.



# 4. Plan de trabajo

En el proyecto del E-Colour se siguió el cronograma revisado que se presenta a continuación:

Paquetes de trabajo	2023											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>PT0. GESTION Y SEGUIMIENTO</b>												
ACTIVIDAD 0.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.												
<b>PT1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA</b>												
ACTIVIDAD 1.1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN.												
<b>PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA</b>												
ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR.												•
ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL.												△
ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN.												
ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN.												
<b>PT3. DIAGNÓSTICO DE MERCADO, TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN</b>												
ACTIVIDAD 3.1. DIAGNÓSTICO DE MERCADO Y TRASFERENCIA.												⊕
ACTIVIDAD 3.2. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS.												☆
<b>PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO</b>												
ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.												



# 5. Resultados obtenidos

El proyecto se desarrolla en términos de coloración y funcionalización de hilos mediante la tecnología de impregnación por campo eléctrico. Para investigar la influencia del proceso en el comportamiento de los hilos primero se realizaron pruebas de coloración y de funcionalización de forma independiente para posteriormente integrar las dos líneas de forma simultánea.

Se han estudiado distintas composiciones de hilos y se marcaron cuatro tonalidades: los colores básicos amarillo, rojo y azul y un cuarto formando una tricomía mezclando los tres colores de forma proporcional, para simular la metodología empleada en la tintura convencional.

Una vez obtenidos los prototipos, se han realizado análisis de cómo afecta este proceso de coloración a las propiedades de los hilos tales como resistencia y título y la resistencia del color obtenido, evaluando las solidesces.

Los detalles del análisis sobre las propiedades mecánicas de los hilos tratados se pueden ver a continuación:

Ref.	Hilo empleado	Color empleado	Original		Tratado		% cambio	
			FM*	AR**	FM	AR	FM	AR
			(cN)	(%)	(cN)	(%)	(%)	(%)
09HU03	COTTON	Tiger Red	410	8	380	5	-7%	-38%
09HU07		Tiger Blue	410	8	360	5	-12%	-38%
09HU08		Tiger Yellow	410	8	354	6	-14%	-25%
09HU09		Tiger Trichromy	410	8	351	6	-14%	-25%
09HU18	Wool + acrylic	Tiger Red	416	22	471	20	13%	-9%
09HU19		Tiger Blue	416	22	422	20	1%	-9%
09HU20		Tiger Yellow	416	22	381	18	-8%	-18%
09HU20		Tiger Trichromy	416	22	415	18	0%	-18%

\* Fuerza máxima

\*\* Alargamiento a la rotura

Tal y como se aprecia los resultados son diferentes según la fibra tratada, aunque en general se observa que las fibras se vuelven algo más rígidas.

Con respecto a la tensión que soportan hay diferentes casos: el algodón se ve algo reducido, mientras que en la lana los datos son menos concluyentes hay prototipos en los que la tensión se incrementa mientras que en otras pruebas se ve disminuida levemente.

Con esto se puede concluir que el método de funcionalizado influye en la rigidez y levemente en la resistencia de los hilos se podrían emplear igualmente en máquinas de hilatura industriales sin generar problemas adicionales.



A continuación, se reflejan los resultados de las solideces al lavado que ha tenido la implementación de dicha tecnología en los hilos comparado su resultado con los obtenidos mediante tecnología de tintura convencional.

Ref.	Hilo empleado	Color empleado	Índice de solidez	Ref. tintada con colorantes	Índice de solideces
09HU03	COTTON	Tiger Red	4-5	T.ECOT.R.TC.1	4
09HU07		Tiger Blue	4-5	T.ECOT.B.TC.1	4-5
09HU08		Tiger Yellow	4-5	T.ECOT.Y.TC.1	4
09HU09		Tiger Trichromy	4-5	T.ECOT.T.TC.1	4-5
09HU18	Wool + acrylic	Tiger Red	4-5	T.WA.R.TC.1	4-5
09HU19		Tiger Blue	4-5	T.WA.B.TC.1	4
09HU20		Tiger Yellow	4-5	T.WA.Y.TC.1	4-5
09HU20		Tiger Trichromy	4-5	T.WA.T.TC.1	4-5

En este caso con respecto a las solideces al lavado se consiguen solideces igual de buenas que con los colorantes empleados habitualmente en la industria textil.

Con lo que respecta a la solidez frente a luz también se obtuvieron buenos resultados como se puede ver en la siguiente tabla:

Referencia	Hilo empleado	Color empleado	Índice de Solidez
09HU03	COTTON	Tiger Red	7-8
09HU07		Tiger Blue	7-8
09HU08		Tiger Yellow	7-8
09HU09		Tiger Trichromy	7-8
09HU18	Wool + acrylic	Tiger Red	7-8
09HU19		Tiger Blue	7-8
09HU20		Tiger Yellow	7-8
09HU20		Tiger Trichromy	7-8

Se puede apreciar que los valores de solidez frente a la luz son muy buenos, por lo que se puede confirmar que además de un muy buen comportamiento frente al lavado, las coloraciones mediante la tecnología de impregnación por campo eléctrico con los productos empelados es más que buena.

Esto hace que se pueda asegurar que el color obtenido en el hilo se mantenga después de los lavados del tejido producido. Lo cual da la seguridad de que es un tejido que puede durar durante mucho tiempo, aumentando así su carácter sostenible.

A continuación, se incluyen una serie de imágenes del microscopio óptico donde se pueden apreciar la distribución del color como resultado de la impregnación por campo eléctrico en hilos y en los tejidos confeccionados mediante tecnología de punto de trama.:







Además de la coloración se realizaron pruebas de funcionalizaciones de los hilos con diferentes productos. A continuación, se comenta cada uno de los aditivos que se han llegado a emplear en el proyecto y el impacto que han tenido en los hilos:

### Aditivos biocidas,

Para evaluar la actividad biocida de los hilos funcionalizados con los compuestos antimicrobianos se midió su actividad frente a bacterias y hongos.

Por lo que respecta a la actividad bactericida esta se evaluó a través de la norma ISO 20743:2021 en la que se emplearon las bacterias *Staphylococcus aureus* y la *Klebsiella pneumoniae*. Los hilos funcionalizados mostraron una gran actividad biocida tal y como se puede ver en las siguientes tablas:

Muestra		Staphylococcus aureus			Klebsiella pneumoniae		
		F	G	A	F	G	A
Cotton	Biocida 1	2,75	-1,33	4,08	2,91	-1,17	4,08
	Biocida 2	2,75	-1,47	4,22	2,91	-1,34	4,25
Polycotton	Biocida 1	2,75	-1,44	4,19	2,91	-1,49	4,40
	Biocida 2	2,75	-1,29	4,04	2,91	-1,32	4,23
WoAC	Biocida 1	2,75	-1,84	4,59	2,91	-1,6	4,51
	Biocida 2	2,75	-1,52	4,27	2,91	-1,4	4,31
PA	Biocida 1	2,75	-1,38	4,13	2,91	-1,11	4,02
	Biocida 2	2,75	-1,44	4,19	2,91	-1,25	4,16

Donde:

- F = Valor de crecimiento en la muestra de control
- G = Valor de crecimiento en la muestra a ensayar
- A = el valor de la actividad bacteriana ->  $A = F - G$

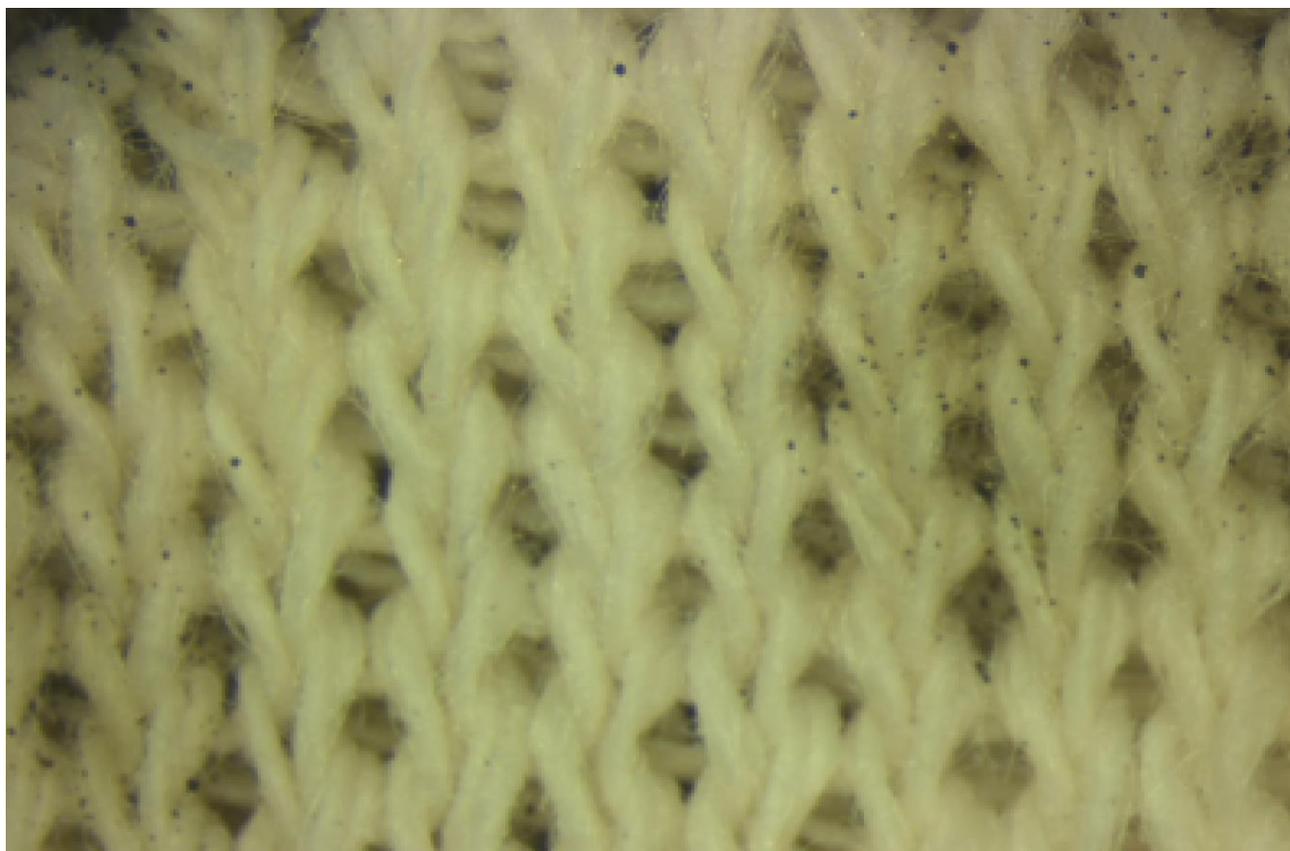
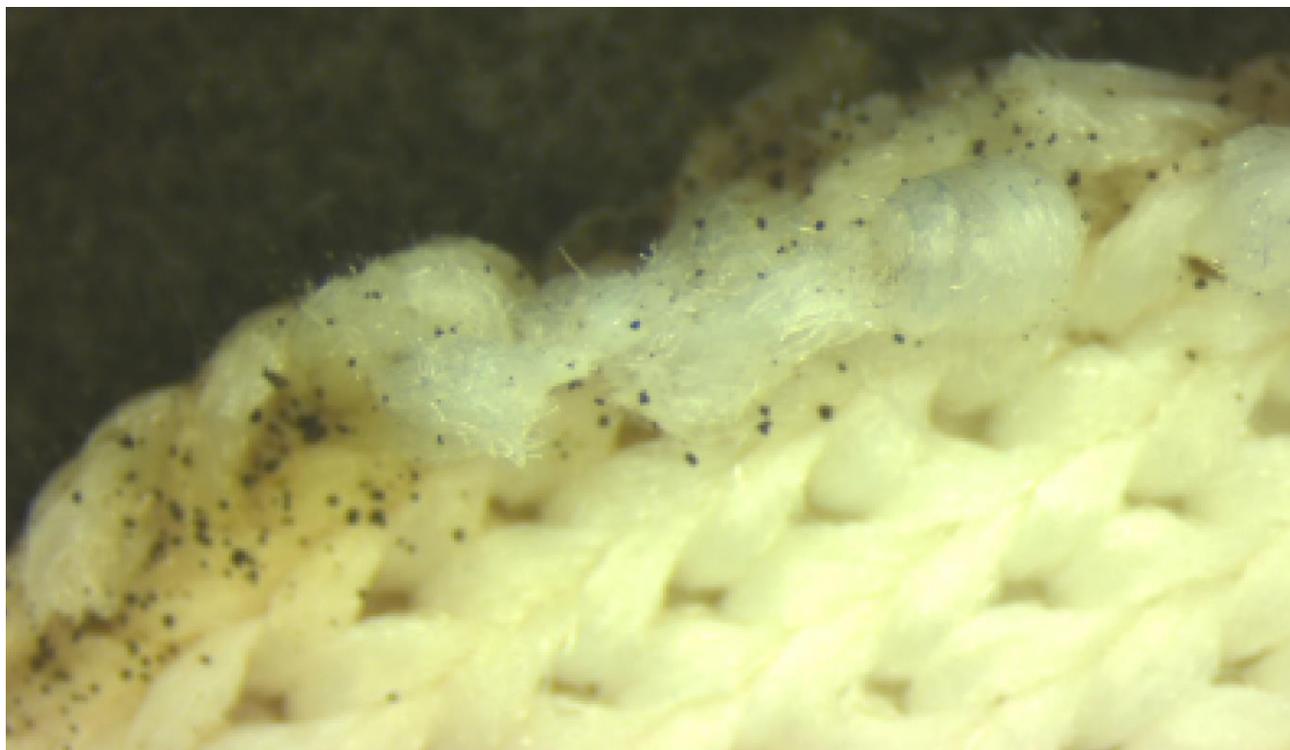
Y sabiendo que la actividad bacteriana es fuerte siempre que el valor de A es mayor que 3, se puede considerar que todos los tejidos tienen un muy buen comportamiento bactericida frente a las bacterias estudiadas.

Por otro lado, también se estudió el comportamiento antifúngico de los tejidos funcionalizados. Para ello se realizó el ensayo AATCC Test Method 30-2017 con el microorganismo *Aspergillus niger*. En este caso los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Muestra		Rango de crecimiento
Cotton	Biocida 1	3
	Biocida 2	3
Polycotton	Biocida 1	3
	Biocida 2	2
WoAC	Biocida 1	4
	Biocida 2	4
PA	Biocida 1	2
	Biocida 2	3



Cabe comentar que ninguna de las muestras obtenidas tuvo un comportamiento ideal referenciado como valor 0 en el que se indique que no hay crecimiento. Es por eso por lo que los aditivos biocidas empleados no tienen propiedades antifúngicas relevantes. Por lo que se necesitara el estudio de una aplicación conjunta de diversos compuestos biocidas que pudieran realizar una acción conjunta frente a los diferentes tipos de microorganismos. A continuación, se pueden ver imágenes de los tejidos ensayados:





## **Retardantes de llama.**

En este caso se emplearon retardantes de llama para ver el impacto que podría tener en los tejidos el impregnar los hilos directamente con el aditivo retardante de llama que los fabricantes recomendaran para cada uno de los casos. Para ello se puede ver la siguiente matriz de experimentos que se realizó con respecto a dichos aditivos:

<b>Ref.</b>	<b>Fibra</b>	<b>Aditivo</b>	<b>% polvo</b>	<b>MAHRE</b>	<b>S1+S2</b>
-	COTTON	NA	-	146,02	263,08
09HU13	COTTON	FR Ex. 950	9%	56,68	331
09HU14	COTTON	DOPO 11	11%	72	200
-	COTTON + PET	NA	-	157,19	394,42
09HU22	COTTON + PET	FR Ex.950	9%	59,67	57,5
09HU15	COTTON + PET	DOPO 11	9%	54,21	100,5
-	PA	NA	-	236,47	190,42
09HU16	PA	DOPO 11	6%	61,27	292
10HU09	PA	FR Ex.1230	7%	74,45	311
-	Wool + acrylic	NA	-	312,10	181,17
09HU21	Wool + acrylic	FR Ex. 950	9%	64,22	81
09HU17	Wool + acrylic	DOPO 11	12%	62,78	93,5

En la mayoría de los casos, se logra una impregnación del polvo de alrededor del 10% mediante la aplicación de tecnología de impregnación de campo eléctrico. Este proceso resulta en una significativa disminución del MAHRE, que representa la cantidad máxima de calor generada. Como consecuencia, la llama resultante se vuelve considerablemente menos violenta.

En cuanto a la emisión de humos durante la combustión, se observa una reducción en la mayoría de los casos, aunque la magnitud de esta disminución puede variar. Es importante destacar que la implementación de aditivos de retardancia de llama en hilos a través de esta tecnología ha brindado una primera aproximación alentadora.

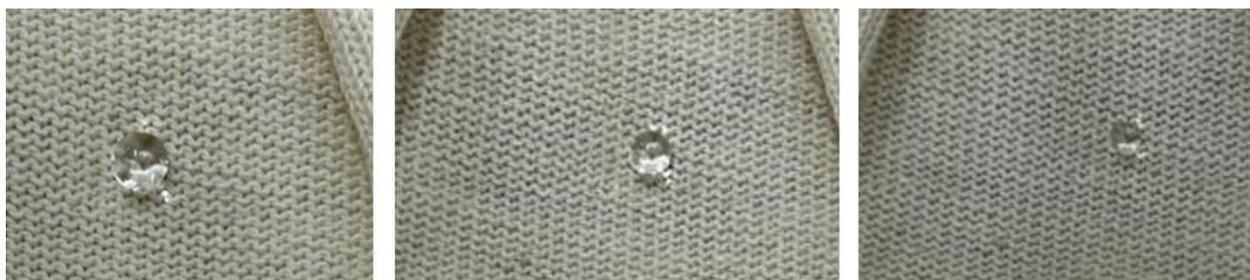
Después de un análisis más detenido y continuo, existe la posibilidad de que esta propiedad pueda ser aplicada de manera más amplia mediante esta tecnología. En términos generales, se ha evidenciado una mejora significativa en comparación con los tejidos no tratados, lo que abre perspectivas prometedoras para futuras investigaciones en este campo.

## **Aditivos hidrófugos**

Durante el proyecto se evaluó las propiedades hidrófugas que podía tener los textiles con la aplicación de métodos tradicionales de impregnación de productos hidrófugos comerciales. Esto vio que como cabía esperar se obtenía un resultado satisfactorio tal y como se puede ver en las siguientes imágenes:



**Evolución de la gota en tejido Cotton con tratamiento hidrófugo ( 0h -1h - 2.5h)**



**Evolución de la gota en tejido PolyCot con tratamiento hidrófugo ( 0h -1h - 2.5h)**

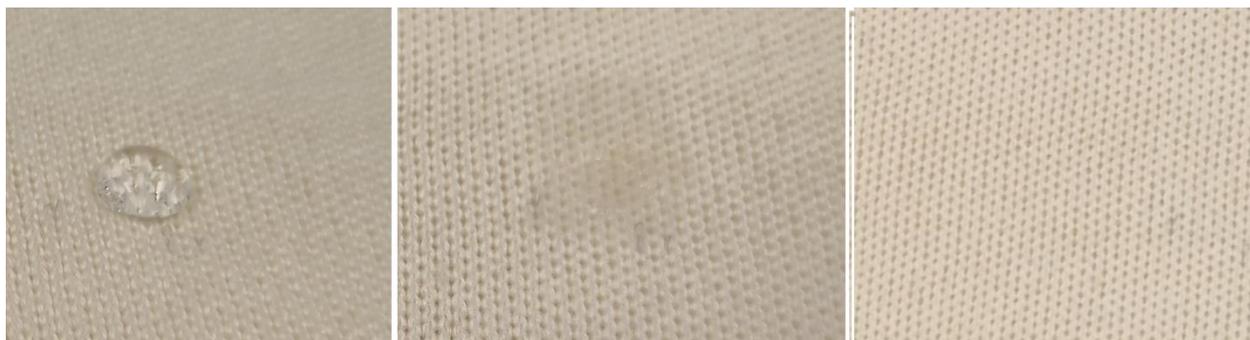


**Evolución de la gota en tejido PA con tratamiento hidrófugo ( 0h -1h - 2.5h)**



**Evolución de la gota en tejido Wo/Ac con tratamiento hidrófugo ( 0h -1h - 2.5h)**

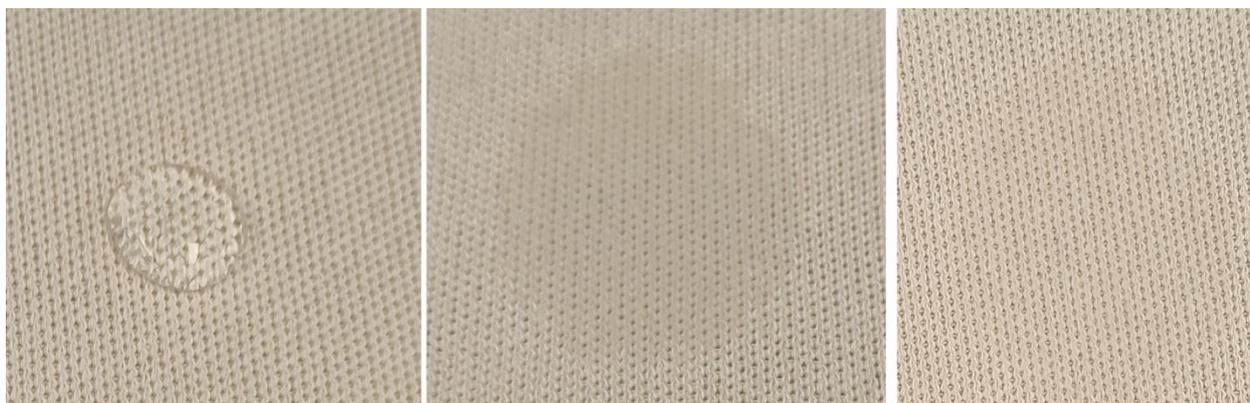
Como se ve con el tratamiento comercial se consiguen buenos resultados, mientras que con los empleados en el estudio se obtienen los resultados siguientes:



**Evolución de la gota en tejido Wo/AC de la referencia 10HU15 ( 0h - 30min - 1.5h)**



**Evolución de la gota en tejido Cotton de la referencia 10HU16 ( 0h - 30min - 1.5h)**



**Evolución de la gota en tejido PolyCot de la referencia 10HU17 ( 0h - 30min - 1.5h)**



**Evolución de la gota en hilo de PA de la referencia 10HU18 ( 0h - 30min - 1.5h)**



Como se evidencia en el caso de los tejidos funcionalizados mediante la tecnología de impregnación por campo eléctrico, se observa la formación inicial de una gota en el instante en que el líquido es depositado sobre el tejido. Sin embargo, en un breve lapso de tiempo, dicha gota penetra en la estructura del tejido. En consecuencia, los resultados obtenidos sugieren la necesidad de investigar en otros productos que efectivamente puedan contribuir a mejorar el comportamiento hidrófugo de dichas fibras.

### **Generación de prototipos,**

Finalmente se confeccionaron prototipos de hilos con varias de las funcionalidades integradas con los colores empelados. Con ello se obtuvieron hilos multifuncional que han servido para realizar tejidos y prendas que se presentan en las siguientes imágenes:











# 6. Impacto empresarial

El proyecto E-Colour ha emergido como una innovación disruptiva en el ámbito de la hilatura, marcando un hito en la búsqueda de soluciones sostenibles para la industria textil. La tecnología de impregnación por campo eléctrico desarrollada, con resultados satisfactorios en la categoría de hilos finos, ha demostrado ser una alternativa ambientalmente amigable.

Los beneficios inherentes, como la reducción drástica del consumo de recursos hídricos y el impacto ambiental asociado con la tintura convencional, posicionan a esta tecnología como un catalizador para el cambio en el sector. La característica sostenible y funcional de los hilos tratados ha generado un interés significativo.

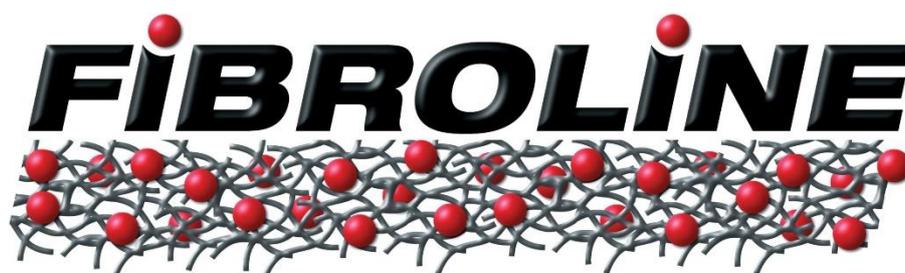
Actualmente, la tecnología se encuentra en la fase estratégica de llevarla a empresas de hilatura con un enfoque altamente sostenible. El objetivo es establecer colaboraciones sólidas con organizaciones comprometidas con la innovación y la responsabilidad medioambiental. A través de estas asociaciones, planeando liderar iniciativas conjuntas para impulsar la implantación de la tintura sostenible a nivel nacional y europeo.

Se invitará a futuros inversores a ser parte de esta transformación. La tecnología desarrollada en el proyecto E-Colour no solo representa un avance técnico, sino también una oportunidad para contribuir significativamente a la sostenibilidad y liderar la vanguardia de la innovación en la industria textil.



## 7. Colaboradores externos destacados

Dentro de los colaboradores externos destacados cabe comentar los SSEE que se han empleado durante el proyecto que se muestra a continuación



La colaboración estratégica con Fibroline, poseedora de la innovadora tecnología de impregnación por campo eléctrico, ha sido fundamental para el éxito del proyecto E-Colour. Fibroline ha demostrado su compromiso con la innovación al coordinar eficientemente las pruebas, aportando su invaluable know-how. Su labor abarcó desde la gestión del equipo hasta la ayuda en la selección de aditivos y suministro de productos de sus propias instalaciones. La colaboración ha sido integral, destacando la adaptación efectiva de diferentes productos mediante la combinación con productos auxiliares que Fibroline emplea para asegurar la adecuada impregnación de los aditivos en el material funcionalizado. Esta sinergia ha permitido cumplir con éxito la matriz de pruebas inicialmente planteada, consolidando una asociación estratégica para la innovación sostenible en la tintura de hilos.



La colaboración técnica con Layret ha sido esencial para el adecuado uso de los hilos fabricados con la tecnología de impregnación por campo eléctrico de Fibroline en la maquinaria de tejeduría Stoll. Layret, reconocida por su experiencia en la adaptación de maquinaria de hilaturas, desempeñó un papel fundamental en ajustar y adecuar la máquina Stoll para trabajar con hilos tratados mediante la innovadora tecnología de Fibroline.

La labor técnica de Layret se destacó especialmente en la modificación de parámetros de tensión y velocidad de la máquina Stoll, crucial para manejar hilos más frágiles debido a los tratamientos específicos de la impregnación. La empresa no solo gestionó eficazmente los ajustes mecánicos, sino que también proporcionó soluciones ingenieriles precisas para garantizar la integridad y calidad de los tejidos de punto resultantes. La colaboración con Layret ha sido fundamental para la implementación exitosa de la tecnología de impregnación por campo eléctrico en el proceso de tejeduría, permitiendo una producción eficiente y de alta calidad.