



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

**Estudio Técnico y Económico de un Proceso de
Tintura, Respetuoso con el Medio Ambiente
ECOFINISH, sobre Productos Textiles
Confeccionados.**

Belén Hinojosa Ferri

Máster Universitario en Ingeniería Textil

Tutores:

MONTAVA SEGUÍ, Ignacio José

BOU BELDA, Eva

Convocatoria de la Defensa: Septiembre de 2017

Contenido

1.	Introducción	5
1.1.	Proceso convencional de tintura en prenda	6
1.2.	Proceso de tintura en prenda con Ecofinish	8
2.	Estado del arte	10
3.	Objetivos	13
4.	Fase experimental	13
4.1.	Materias	14
4.2.	Tintura	16
4.2.1.	Tintura Reactiva.....	16
4.2.2.	Tintura Directa.....	21
4.3.	Caracterización.....	24
4.3.1.	Valoración objetiva del color mediante espectrofotometría.....	24
4.3.2.	Solidez del color al Lavado doméstico	25
4.3.3.	Solidez del color al Frote	26
4.3.4.	Solidez del color al Planchado.....	27
4.3.5.	Solidez del color a la Transpiración.....	28
5.	Resultados.....	29
5.1.	Medida del color	29
5.2.	Solidez al lavado	30
5.3.	Solidez al frote.....	31
5.4.	Solidez al planchado.....	33
5.5.	Solidez a la transpiración	35
6.	Estudio de la viabilidad económica de los procesos	37
6.1.	Consumos.....	37
6.1.1.	Tintura Reactiva Convencional en Baño (TR1)	38
6.1.2.	Tintura Reactiva Ecofinish (TR1).....	38
6.1.3.	Tintura Reactiva Convencional en Baño (TR2)	38
6.1.4.	Tintura Reactiva Ecofinish (TR2).....	39
6.1.5.	Tintura Directa Convencional en Baño (TD)	39
6.1.6.	Tintura Directa Ecofinish (TD)	39
6.2.	Estudio comparativo de los consumos.....	40
6.2.1.	Tintura Reactiva (TR1)	40
6.2.2.	Tintura Reactiva (TR2)	41

6.2.3. Tintura Directa (TD).....	41
6.3. Resultados conclusivos del estudio de la reducción de costes.....	42
7. Conclusiones.....	43
8. Bibliografía	46

1. Introducción

El proceso de tintura es uno de los procesos más importantes en la industria textil, sin embargo en él se consumen grandes cantidades de agua y se generan grandes cantidades de aguas residuales que contaminan el medio ambiente debido a la alta utilización de químicos. A raíz de este problema, empiezan a aparecer regulaciones y legislaciones las cuales controlan los residuos que son generados. Esto conlleva a las empresas de este sector a un aumento de costes en cuanto a tratamientos de aguas de deshecho y un alto consumo de agua.

El conjunto de tratamientos químicos, físicos o mecánicos que confieren nuevas propiedades a un material se conoce como proceso de ennoblecimiento.

Estos tratamientos se pueden realizar en cualquier etapa del proceso de transformación de la materia textil, desde la formación de la fibra en etapas intermedias, hasta la prenda acabada. Del mismo modo, es aplicable a cualquier tela (tejido de calada, tejido de punto y tela no tejida).

Existen numerosas maneras de clasificar estos procesos, pero la más habitual es la basada en la operación de coloración, ya que es la más importante. En esta fase, el textil adquiere una mejora de aspecto, lo que incrementa su valor añadido. Los procesos de ennoblecimiento se clasifican tal que:

Operaciones previas: tratamientos cuyo objetivo es la eliminación de las impurezas que incorporan las fibras textiles. Con la preparación se pretende eliminar impurezas muy variadas, con la operación de blanqueo se procura eliminar el color natural que presentan determinadas fibras.

Coloración: conjunto de operaciones cuya finalidad es dotar a las materias textiles de color. Se diferencia entre tintura (coloración total) y estampación (coloración localizada). En esta fase del ennoblecimiento textil se va a centrar el presente estudio, más concretamente en la tintura de prenda ya confeccionada.

Operaciones posteriores: tratamientos químicos o mecánicos cuyo fin es aportar una mejora a las propiedades de la materia textil. Se diferencia los aprestos (tratamientos por acción química) y acabados (tratamientos por acción mecánica).

La empresa Care Applications S.L.U. con una larga experiencia en el sector de la tintura y la aplicación de aprestos y acabados textiles sobre prenda, ha desarrollado un accesorio que complementa las máquinas de baño convencionales por agotamiento y consigue, nebulizando la solución, un ahorro tanto de agua como de producto.

El presente proyecto continúa la investigación del Trabajo de Fin de Grado titulado: “Estudio Técnico para la validación de un nuevo proceso de tratamiento de tejidos” en el que mediante la aplicación de diferentes acabados sobre prenda tanto con el sistema Ecofinish como con el sistema convencional en baño, se pudo comparar y valorar los resultados a través de una serie de ensayos en los que se incluían ensayos mecánico como tracción, desgarrado y abrasión; ensayos de solidez tales como lavado doméstico y frote; y además se incluyeron los ensayos

de flexión, capacidad de desarrugado, valoración de color mediante espectrofotómetro y el ensayo Kawabata.

Tras la valoración de los resultados obtenidos, se pudo determinar que el nuevo sistema Ecofinish consigue igualar e incluso mejorar los acabados aplicados sobre prenda en comparación al método convencional de tintura sobre estos mismos, del mismo modo que se pudo cuantificar la gran cantidad de agua y producto que se ahorra.

Este estudio va a abordar el proceso de tintura con colorantes reactivos y colorantes directos mediante el proceso convencional de tintura por agotamiento y a través del sistema Ecofinish, valorando los resultados a distintos ensayos de solidez del color.

Para poder cuantificar realmente el ahorro económico que se produce al elegir el proceso Ecofinish en vez del proceso convencional de tintura en prenda por agotamiento del baño, se va a realizar un estudio económico comparativo en el que se desglosará minuciosamente tanto los productos empleados como el agua gastada, así como la energía consumida por cada proceso.

1.1. Proceso convencional de tintura en prenda

La tintura en prenda confeccionada se ha consolidado como parte integral de la cadena textil, porque tanto los confeccionistas como los almacenes de cadena pueden controlar sus propios conceptos de moda con los mínimos riesgos. Este tipo de tintura, facilita lo que se denomina como “respuesta rápida” que permite un mejor manejo de inventarios con una mínima inversión, se fabrica la cantidad necesaria en el momento necesario. Una vez conocidas las tendencias de moda y su gama de colores, se suministran en un tiempo mínimo los artículos de actualidad, siendo los colorantes directos y reactivos la base de este tipo de tintura.

La tintura en prenda permite además, una mayor flexibilidad en la definición del color que por el método de tintura convencional, pudiendo alcanzar una reposición más rápida de stock. Así se permiten producciones de pequeños lotes con alta posibilidad de lograr buena coordinación de los colores.

Para obtener una excelente tintura en prenda el proceso se orientará básicamente hacia fibras celulósicas, ya que las prendas confeccionadas en Algodón de tejidos desde livianos hasta pesados, de calada o de punto, constituyen el principal sustrato para la tintura en prenda.

La condición fundamental para obtener óptimos resultados de tintura es la utilización de tejidos bien preparados y que resistan las tensiones propias de este tipo de tintura, como por ejemplo la estabilidad dimensional que debe quedar con una apariencia aceptable después de los procesos en húmedo. Es decir, durante la tintura se presentará una subida uniforme del colorante, denominada igualación. El grado de preparación del tejido con el que se confeccionan las prendas influye no sólo en la tintura como tal, sino también en la apariencia final de la prenda teñida.

Como se ha citado anteriormente, los tejidos de punto y de calada son los más utilizados en esta clase de tintura. Este proyecto se va a centrar en la tintura en prenda de tejidos de calada

TOB (preparados para tinar). Una vez preparados los textiles, debe presentar excelentes características de humectación e hidrofiliidad y un grado de blanco aceptable. Dentro de la rutina de programación del teñido, se debe verificar el cumplimiento de estos parámetros mediante chequeos cualitativos u otros métodos de evaluación.

Además de una buena preparación, los artículos que van a ser teñidos después de la confección deben cumplir con una serie de requisitos desde el punto de vista de diseño, corte, ensamblaje y costuras:

-Dimensionamiento correcto: se debe anticipar el corte al encogimiento que se presentará durante el proceso de tintura y el posterior secado.

-Diseño y ensamblaje de la prenda: debe resistir al proceso de tintura, ya que se presentan altas tensiones en los equipos de tintura.

-Corte y confección: el corte debe enumerar las capas de un mismo rollo de tela para asegurar que todas las partes de la prenda corresponden a la misma pieza de tela.

-Selección de hilos de costura: si se quiere conseguir el mismo tono, el material y la calidad del hilo de costura debe corresponder a la del tejido.

MAQUINARIA PARA LA TINTURA EN PRENDA

Los equipos para la tintura en prenda son dos esencialmente: las máquinas de paletas y las máquinas de tambor rotatorio. Ésta última será la empleada para la realización del proceso convencional de prenda en el presente proyecto, puesto que este tipo de máquinas son las más extendidas en el mundo de la tintorería en prenda textil.

El principio de funcionamiento de estas máquinas lavadoras es el de permitir cierta exposición homogénea o contacto de las prendas con el baño de tintura, lo cual facilita el agotamiento de los colorantes y su distribución uniforme sobre los tejidos. Generalmente, las máquinas para teñido en prenda poseen movimiento simultáneo tanto del baño como del material.

Máquinas de tambor rotatorio

Como ya se ha apuntado, estas son las más utilizadas en las lavanderías. Geométricamente son cilíndricas y consisten en una carcasa que contiene un tambor perforado de dimensiones ligeramente menores, el cual contiene el material a teñir y gira a través del baño contenido en la carcasa.

Fundamentalmente existen dos tipos de máquinas de tambor rotatorio: las de carga frontal o verticales, donde la puerta de carga de la máquina está en una de las bases del tambor y las de carga lateral donde la puerta de carga del material a tinar se encuentra, como su propio nombre indica, en un lateral, en la parte cilíndrica del tambor.

La máquina lavadora empleada en este proyecto es de carga frontal en la que se permite un mejor aprovechamiento del espacio así como una rápida homogenización de los productos químicos adicionados.

1.2. Proceso de tintura en prenda con Ecofinish

La tintura en prenda permite una producción rápida y ajustada a las tendencias de moda. Desde hace tiempo ya, no se trata simplemente de obtener tinturas brillantes y uniformes con buenas solidez sino que ha crecido en importancia el uso de procesos y productos amigables con los recursos naturales.

El Sistema Ecofinish es un equipo de aplicación de productos químicos y colorantes con un alto valor ecológico, que logra obtener nuevos efectos sobre prenda ya confeccionada. Se trata de un accesorio que se instala en máquinas lavadoras verticales de baño convencional o tintura en prenda, convirtiendo máquinas básicas en máquinas más funcionales, más ecológicas y aumentando sus prestaciones.

Este sistema de aplicación está dotado de un sistema que microniza las gotas de agua mezcladas con el producto hasta llegar a dimensiones semejantes a la niebla, permitiendo así, la difusión del producto sobre el material de forma controlada. Para instalar el accesorio Ecofinish, se coloca una boquilla en el vidrio de la ventana de muestras de las máquinas lavadoras verticales. Ésta es, mediante esprayado de producto, la que aplica la dispersión sobre la prenda en el interior de la máquina lavadora. La totalidad del producto que se aplica, es absorbido por el material, de esta manera, se genera un gran ahorro en la cantidad de producto y de agua, ya que es aplicada sólo la cantidad que las prendas son capaces de absorber.

Para que un producto pueda ser nebulizado por el sistema Ecofinish debe poseer las siguientes propiedades:

- Productos solubles o emulsionables en agua.
- Productos estables a ser esprayados.
- Productos con viscosidad cercana al agua.

El sistema Ecofinish posee dos tanques por equipo para poder separar las resinas y los suavizantes del resto de productos. Asimismo, se incluye un sistema de limpieza automático que incorpora además de los tanques, todo el circuito que recorren los productos, para de esta forma evitar posibles obstrucciones. Este procedimiento se efectúa después de cada uso.

Una de sus principales características es la sostenibilidad, los productos se aplican exclusivamente en el interior de la lavadora sin necesidad de ser manipulados y de esta forma se asegura la calidad del ambiente de trabajo.

Como ya se ha comentado anteriormente, otra de sus propiedades más notables es la alta optimización de productos químicos dependiendo del apresto o acabado que se vaya a realizar, así como el gran ahorro de agua que se produce debido al hecho de nebulizar el producto.

El sistema Ecofinish, gracias a su software especialmente diseñado por y para este equipo, garantiza la reproducibilidad de la aplicación de los acabados, permitiendo así, el control del

proceso mediante programación automática. Este equipo también permite la aplicación de productos a alta temperatura sin que se vea afectado el sistema.

Ecofinish posee la capacidad de industrialización, ya que el sistema se ha desarrollado tanto para maquinaria de muestra como para máquinas industriales. Además, este equipo ofrece la posibilidad de conectar un único sistema a dos lavadoras independientes y alimentarlas de modo simultáneo sin tiempos muertos.

El sistema Ecofinish consigue realizar tres tipos de aplicaciones:

- Acabados funcionales:

Para llevar a cabo este tipo de aplicación se emplea una difusión homogénea de suavizantes, resinas y enzimas. Los productos se distribuyen de forma uniforme en la totalidad de la prenda.

Los acabados funcionales aplicados uniformemente confieren a la prenda una función extra como un buen tacto, antimancha, inarrugable, etc.:

- Suavizados con microemulsiones de silicona o catiónicos.
- Resinas para acabados 3D.
- Resinas para acabados Antimancha o Repelentes al agua (Oil Release, Waterproof).
- Acabados Anti-UV o Bactericidas.
- Enzimas.
- Acabados con productos para el cuidado para la piel como Aloe Vera o Vitamina E.

- Acabados con efectos especiales:

Se aplican colorantes y oxidantes de forma irregular pero controlada para realizar acabados especiales, obteniendo efectos más o menos contrastados utilizando:

- Oxidantes para efecto Marmoleado en el Denim o Fade (decolorado) en tintura en prenda.
- Colorantes para efectos manchados.

El acabado será más o menos marcado dependiendo de qué porcentaje de solución se aplique. Con un 100% de producto y agua calculado sobre el peso de prenda, el efecto será uniforme y cubrirá por completo toda la superficie del tejido, no obstante, si se quiere un efecto desigual o irregular con manchas, se disminuirá el porcentaje de producto que se va a nebulizar.

- Tintura:

El proceso de tintura en prenda con el sistema Ecofinish no es un proceso por agotamiento, si no por contacto del color sobre la fibra por medio de un nebulizado o esprayado, realizado de forma controlada e industrializada (calidad y tamaño de la gota y cantidad de solución esprayada en un tiempo de esprayado determinado).

Sus principales características son las siguientes:

- Relación de baño muy baja (1:1).
- Aplicación de productos en frío.
- Optimización de productos químicos y colorantes.
- Tiempos de tintura más cortos que mediante el proceso en baño.
- Alrededor de 0% de descargas en depuradoras ya que prácticamente la totalidad de la solución es absorbida por el tejido, aumentando así su sostenibilidad.

El presente proyecto se va a centrar en este último punto, el estudio comparativo de la tintura mediante el sistema Ecofinish y el sistema convencional de baño, así como el estudio de viabilidad económica de ambos procesos.

2. Estado del arte

Debido a las grandes cantidades de agua que se consumen en la industria textil y más concretamente en los procesos de tintura, generando grandes cantidades de aguas residuales, se ha analizado las tendencias de las investigaciones a través de los datos extraídos de Google Académico, los procesos de tintura textil han generado grandes líneas de investigación en los diez últimos años.

Desde el año 2000 hasta el presente, se aprecia el interés de los estudios por los procesos de tintura sobre materia textil, aumentando progresivamente las publicaciones anuales.

Entre la etapa de los 2000 y el 2010, como se puede observar en la gráfica 1, se producía un incremento de 1.000 artículos anuales aproximadamente, siendo un tema cada vez más investigado. El gran salto se produce en el 2011, aumentando de 14.500 a 17.700 publicaciones de artículos científicos en un solo año.

En referencia al tema tratado en estos artículos, todos siguen la misma tendencia, buscar procesos más sostenibles con el medio ambiente, reducir las aguas residuales, lograr productos menos contaminantes, en general, buscar métodos y productos que reduzcan el impacto ambiental que genera esta industria.

Año	Nº Publicaciones
2000	4.760
2001	5.400
2002	6.190
2003	6.920
2004	8.270
2005	8.800
2006	10.200
2007	11.000
2008	12.100
2009	13.000
2010	14.500
2011	17.700
2012	16.700
2013	16.300
2014	16.200
2015	16.200
2016	16.400
jul-17	9.560

Tabla 1. Datos google Académico sobre las publicaciones sobre tintura de textiles del 2000 a Julio de 2017.

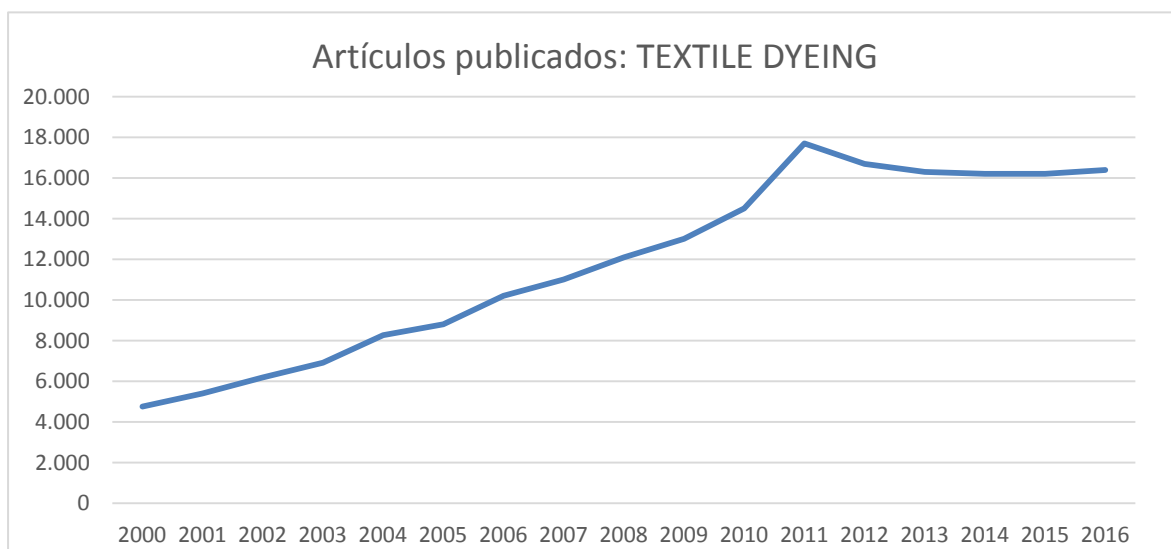


Grafico 1. Curva que muestra las publicaciones con respecto a los años.

A partir de este momento, se puede observar, que el interés no ha decrecido, pues desde el 2011 en adelante, la publicación de artículos ha continuado de una forma lineal, sin descender de las 16.000 divulgaciones al año.

Actualmente, a julio de 2017, existe un total de 9.560 publicaciones científicas referente al tema tratado, dejando entrever que la cifra será similar a los últimos años.

Las investigaciones actuales tienen como objetivo crear un proceso tintorero más respetuoso con el medio ambiente. El ahorro de agua, la reducción de químicos, control de aguas residuales y la optimización de la producción son las principales líneas de investigación. Los nuevos desarrollos científicos en lo que a maquinaria se refieren, se basan en reducir o minimizar los consumos tanto de agua como tiempos y temperaturas, además de los costes.

Debido a las legislaciones actuales, el sector textil se ve obligado a reducir el impacto ambiental que producen las aguas residuales en el campo de la tintura. Es por ello que podemos observar en la gráfica anterior que el número de publicaciones relacionadas con el tema se incrementa con el paso de los años.

Una de las líneas de estudio referente a la reducción del consumo de agua es mediante un sistema de tintura con fluidos supercríticos. Método útil para tintura con colorantes reactivos dispersos especiales, pudiéndose aplicar en la coloración sin agua de textiles con medios de dióxido de carbono supercríticos en lugar de los colorantes químicos convencionales húmedos [1].

Estudios proponen combinar métodos de ahorro de agua y aprovechamiento de los residuos mediante sistemas de programación, controlando y separando la descarga de aguas residuales. Se desarrolla un algoritmo genético para la optimización de la tintura, reduciendo la cantidad de agua dulce utilizada [2]. Separación y reutilización de aguas residuales de regeneración para reutilizarse en procesos de limpieza de instalaciones y según de su procedencia, con alto o bajo contenido de sal para reutilizarse en procesos de tintura y/o acabados [3].

Nuevos sistemas con ultrasonidos para conseguir un aumento de la productividad del proceso de tintura y la reducción de los elementos químicos empleados para disminuir el impacto ambiental [4].

Para reducir el impacto de las aguas residuales, en este estudio se desarrolla un catalizador para el sistema de ozonización catálica aumentando la degradación del colorante, pudiendo ser potencialmente utilizado en el tratamiento de aguas residuales [5]. También se plantea la combinación de los procesos de oxidación biológica y fotoquímica para cumplir con los límites de descarga impuestos por la legislación [6].

También se llevan a cabo estudios para el desarrollo de tinturas más respetuosas con el medio ambiente:

- Utilización de colorantes naturales supliendo a los sintéticos tradicionales [7,8].
- Reutilización de residuos provenientes de otros sectores para emplearse como colorante de fibras naturales [9,10].

Finalmente, este estudio gira en torno a un nuevo sistema de aplicación de aprestos y acabados sobre prenda textil confeccionada. El nuevo sistema se ha desarrollado siguiendo las tendencias crecientes de las investigaciones sobre procesos más sostenibles. Este equipo permite mediante esprayado o nebulizado de la solución un ahorro del agua de consumo, causando así, un menor impacto en el medio ambiente.

3. Objetivos

El objetivo que se plantea en este estudio es la optimización del proceso de tintura en prenda, comparando el nuevo sistema Ecofinish con el proceso de tintura en baño convencional.

Este proyecto persigue poder mejorar los resultados obtenidos en el anterior estudio y compararlos con el sistema convencional por agotamiento. Valorar mediante ensayos de solidez la penetración de los colorantes en los tejidos y evaluar además, la viabilidad económica de ambos procesos, cuantificando de esta manera el ahorro a nivel económico del agua y los productos empleados en la fase de tintura. Se desea optimizar el proceso de tintura mediante el sistema Ecofinish para incrementar su valor ecológico y su sostenibilidad.

A través de la realización de ensayos de solidez, se determinará el índice de penetración de los colorantes tanto con el sistema convencional en baño como con Ecofinish.

Los tratamientos que se van a realizar sobre un mismo tejido son los siguientes:

- Tintura con colorantes Reactivos.
- Tintura con colorantes Directos.

Se han escogido estas dos tinturas puesto que la empresa las considera tinturas muy comunes en el sector tintorero de prenda ya confeccionada y desean conocer los resultados.

Estas tinturas se realizarán tanto en sistema convencional como con el sistema Ecofinish y para poder valorar la calidad de la tintura, se van a realizar los siguientes ensayos de solidez:

- Solidez al Lavado Doméstico.
- Solidez al Frote.
- Solidez al Planchado.
- Solidez a la Transpiración.

Por último, también se va a valorar el color en las muestras de ambos procesos de forma objetiva mediante espectrofotometría.

4. Fase experimental

Como se explicado anteriormente, la tintorería es uno de los procesos abarcados por el ennoblecimiento textil. Se entiende por tintorería al conjunto de procesos químicos que permiten al sustrato adquirir un color, de acuerdo al requerimiento final.

Dentro del proceso de tintura, se presentan tres variables principales:

-Sustrato: es el material que va a ser tintado, su presentación puede ser en fibras, cintas, hilos, tejidos o incluso prenda como es el caso.

-Insumos: son los agentes que efectúan el cambio de color (colorantes) y los que ayudan durante el proceso de tintorería a obtener resultados óptimos (productos auxiliares).

-Maquinaria: dependiendo del sistema de trabajo, pueden ser por sistema continuo, sistema discontinuo o sistema semicontinuo. Aplican los principios de temperatura, tiempo de exposición, relación de baño, pickup, presión, etc.

Una vez explicados los procesos por los cuales han sido teñidas las muestras, se van a exponer las materias utilizadas en este estudio, así como las diferentes tinturas que se han realizado. Finalmente, en este apartado se explicarán además, los ensayos que se han llevado a cabo para determinar la calidad de las tinturas.

4.1. Materias

A continuación se van a exponer los materiales que han sido empleados para la realización del presente estudio:

- Sustrato textil confeccionado:

Se ha utilizado un tejido grueso de calada debido a que, en este tipo de tinturas que se realizan sobre prenda confeccionada, suele ser aplicado sobre tejido denim. En este caso, al tratarse de tintura y no de un acabado especial, el tejido inicial es un tejido preparado y blanco TOB (preparado para tinter en sus siglas francesas).

Las características del tejido de muestra vienen detalladas en la tabla 2:

Referencia	Composición	Estructura	Densidad		Gramaje
			Urdimbre	Trama	
Tejido calada TOB	98% Co 2% EA	Sarga 4 P. Spiga DX	32,2 hilos/cm 09,5/1 Ne	21 pasadas/cm 10,0/1 Ne	360 g/m ²

Tabla 2. Propiedades del sustrato textil utilizado.

- Colorantes

Debido a que se han realizado dos tipos de tintura, reactiva y directa, se han empleado dos clases de colorantes diferente:

-Colorante Reactivo:

Se ha decidido realizar una tricromía emulando el proceso industrial, puesto que así es como se realizan la mayoría de colores en el sector tintorero. Además, se han escogido dos tricromías distintas (TR1 y TR2) para poder valorar sus resultados.

Sus características se representan en las tablas 3 y 4:

COLORANTES REACTIVOS TR1

Colorante	Nº CI
Amarillo Reactivo LG	CI: 145
Rojo Reactivo VR	CI: 199
Azul Sumifix Supra BRF 150%	CI: 221

Tabla 3. Colorantes Reactivos para la tricromía TR1.

COLORANTES REACTIVOS TR2

Colorante	Nº CI
Amarillo Reactivo TER	no codificado
Rojo Reactivo TE3B	no codificado
Azul Sumifix Supra BRF 150%	CI: 221

Tabla 4. Colorantes Reactivos para la tricromía TR2.

-Colorante Directo:

Como se ha apuntado con anterioridad, la tintura con colorantes reactivos y la tintura con directos, son las más comunes en los procesos de tintura en prenda confeccionada, por este motivo se decide incluir una tintura con colorantes directos. En este caso, también se va a hacer uso de una tricromía (TD).

Los datos de estos colorantes se reflejan en la siguiente tabla:

COLORANTES DIRECTOS TD

Colorante	Nº CI
Naranja Directo 2GL	no codificado
Rojo Directo BWS	no codificado
Azul marino Directo LV/N	no codificado

Tabla 5. Colorantes Directos para la tricromía TD.

- Productos auxiliares

Dentro de la industria tintórea textil, los productos auxiliares son necesarios, puesto que facilitan en gran medida la aplicación, la penetración y la igualación de los colorantes y su fijación.

Los productos auxiliares que han sido utilizados en este estudio son los citados a continuación en la tabla 6:

Productos Auxiliares	Referencia (Casa comercial)
Detergente	ZETESAL SK (ZETA ESSE TI s.r.l)
Desaireante	DISAERANTE T4 200% (ZAITEX Spa)
Carbonato Sódico (Na ₂ CO ₃)	(B&C prodotti chimici)
Cloruro de Sodio (NaCl)	(ITALKALI S.p.A)
Levelling agent	Zetanil OR (ZAITEX Spa)

Tabla 6. Propiedades del sustrato textil utilizado.

4.2. Tintura

En el sector tintorero textil, las tinturas llevadas a cabo con colorantes reactivos y colorantes directos son muy comunes. Cuando se habla de los procesos de tintura en prenda ya confeccionada para el teñido de fibra celulósica, cada sistema de colorantes posee unas condiciones específicas distintas de aplicación. Sin embargo, común a todos los procedimientos de tintura se hallan una serie de variables de proceso que deben controlarse apropiadamente para obtener tinturas de excelente calidad con buena reproducibilidad.

Dentro de estas variables, las más señaladas son las siguientes:

-Relación de baño: es un factor fundamental en los sistemas de tintura por agotamiento, no sólo en el aspecto de la igualación sino de la reproducibilidad de tono.

-Selección y concentración de auxiliares: Dependiendo del efecto deseado y del tipo de colorantes, se utilizarán unos auxiliares y químicos específicos en una determinada dosificación.

-Tiempos de tintura, pH y temperatura de agotamiento: Un tiempo de tintura demasiado corto o prolongado y un pH y temperaturas de trabajo inapropiados afectan los resultados de la tintura.

Se ha comparado sólo la fase de tintura, ya que la fase de preparación y posteriores enjuagados, neutralizado y jabonados son comunes en los procesos en baño y con ECOFinish

4.2.1. Tintura Reactiva

Los colorantes reactivos se encuentran en el mercado en forma de polvos solubles en agua. Estos colorantes reaccionan con el grupo OH de la celulosa en solución acuosa y en presencia de álcali, formando un enlace covalente con la celulosa.

La tintura de las fibras celulósicas con los colorantes reactivos tiene lugar en tres etapas diferenciadas:

1. Absorción del colorante en medio neutro y con adición de electrolito, seguida de una absorción en medio alcalino que es simultánea a la reacción.
2. Reacción del colorante en medio alcalino, con los grupos hidroxilo de la celulosa y del agua.
3. Eliminación del colorante hidrolizado y por lo tanto no fijado covalentemente a la fibra celulósica.

Los grupos reactivos del colorante reaccionan con los grupos hidroxilos de la celulosa. Debido a su fuerte anclaje a la fibra, posee unas excelentes solidez.

- **Proceso de tintura Reactiva en Baño Convencional**

-TINTURA REACTIVA 1 (TR1 B)

Proceso	%	g/L mL/L	Producto	g mL	Agua (L)	R:L	T.re. (°C)	Grad. (°/min)	Tiempo (min)	pH
Productos auxiliares		60	Cloruro de sodio (NaCl)	390	5	10	Frío			
			Calentamiento indirecto				40			
	0,5		Desaireante	2,5						
Tricromía	1		Amarillo Reactivo LG	5	1					
	1		Rojo Reactivo VR	5						
	1		Azul Sumifix Supra BRF 150%	5					10	
Fijación del color			Calentamiento indirecto				60	3		
			Mantener condiciones				60		5	
Fijación del color		20	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	170	2				30	10,7
			Mantener condiciones				60		40	

Tabla 7. Receta de la Tintura Reactiva 1 en Baño.

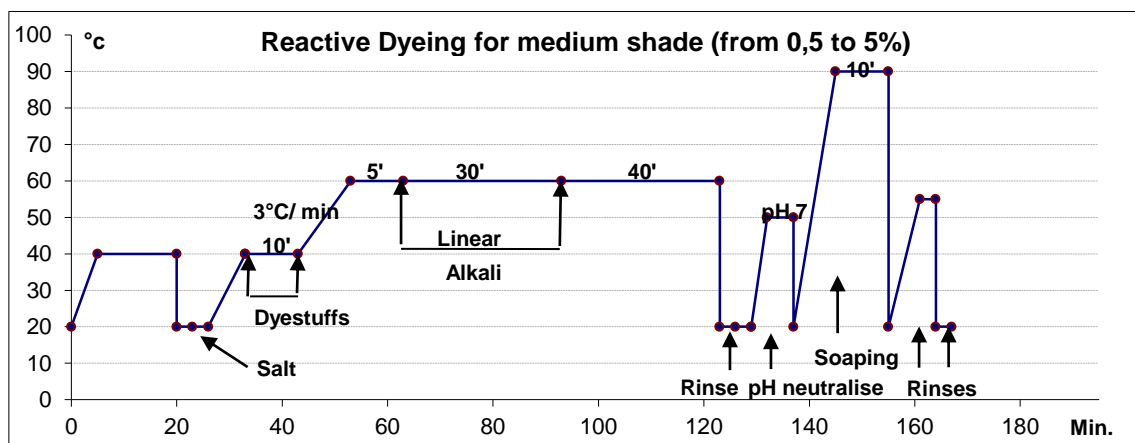


Gráfico 2. Gráfico del proceso de Tintura Reactiva 1.

-TINTURA REACTIVA 2 (TR2_B)

Proceso	%	g/L mL /L	Producto	g mL	Agua (L)	R:L	T.re. (°C)	Grad. (°/min)	Tiempo (min)	pH
Productos auxiliares		70	Cloruro de sodio (NaCl)	420	5	10	Frío			
	0,5		Desaireante	2,5						
			Calentamiento indirecto				40			
	0,95		Amarillo Reactivo TER	4,8	1					
	4,5		Rojo Reactivo TE3B	22,5						
	0,2		Azul Sumifix Supra BRF 150%	1					10	
			Calentamiento indirecto				60	3		
			Mantener condiciones				60		5	
		20	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	160	2				30	10,7
			Mantener condiciones				60		40	

Tabla 8. Receta de la Tintura Reactiva 2.

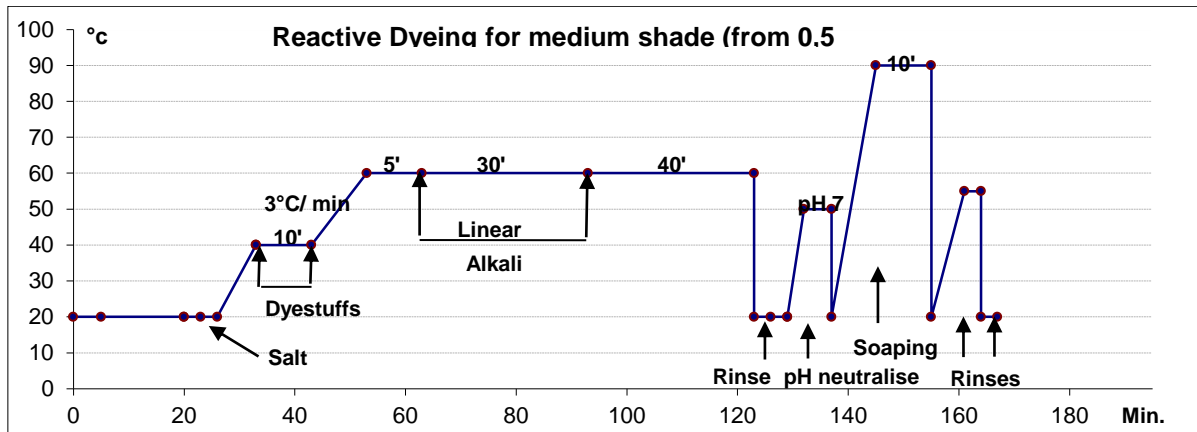


Gráfico 3. Gráfico del proceso de Tintura Reactiva 2.

- **Proceso de Tintura Reactiva con Ecofinish**

Se procede a realizar una serie de ensayos mediante el accesorio Ecofinish para llegar a una receta de tintura reactiva estándar igualada y con buena fijación del color, donde se pretende alcanzar los resultados obtenidos con la tintura reactiva estándar por agotamiento en baño y utilizando una relación de baño 1:1 en vez de 1:10 que se corresponde con el baño convencional.

TINTURA REACTIVA Prueba1

Se realiza la tintura con 20 g/L de Carbonato sódico y ningún auxiliar de tintura, observando que la tintura está igualada pero con falta de penetración y una intensidad mucho menor en comparación a la muestra tintada por el proceso convencional en baño. Esta valoración se realiza de manera subjetiva.

TINTURA REACTIVA Prueba2

Se decide utilizar un desiereante que ayude a penetrar el colorante, se le añade a la receta un 0,5 %. El resultado es una tintura igualada y se obtiene un poco más de penetración que en la prueba anterior, pero con una intensidad de color menor que la obtenida con la tintura reactiva a baño. Esta valoración se realiza de nuevo subjetivamente, ya que el color es significativamente diferente.

TINTURA REACTIVA Prueba3

Se decide reducir la cantidad de álcali esperando que mejore más la penetración del colorante y aumente del mismo modo la intensidad al evitar que se fije el colorante demasiado rápido. Por este motivo, se reduce de 20 g/L a 10 g/L de carbonato sódico. Esto da como resultado una buena penetración pero la intensidad de color ha disminuido considerablemente.

Tras esta prueba se decide aumentar el contenido de carbonato cálcico a 15g/L obteniendo unos resultados muy parecidos a la tintura realizada con el proceso de baño convencional. Esta prueba llamada Prueba4 es la seleccionada para ser sometida a los ensayos de solidez y diferencia de color para posteriormente ser comparada con la realizada a través del proceso en baño. Esta prueba 4, pasa a denominarse "Tintura Reactiva 1 por Ecofinish(TR1_E)":

-TINTURA REACTIVA 1 (TR1 E)

Proceso	%	g/L mL/L	Producto	g mL	Agua (L)	T.re. (°C)	Tiempo (min)
Humectación	110		Grado de Humectación		0,55		
Productos auxiliares	0,5		Desaireante	2,5			
		15	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	8			
Tricromía	1		Amarillo Reactivo LG	5			
	1		Rojo Reactivo VR	5			
	1		Azul Sumifix Supra BRF 150%	5			
Fijación del color			Termofijación			90	30

Tabla 9. Receta de la Tintura Reactiva 1 con Ecofinish.

Se decide realizar la misma receta con otra tricotomía para verificar la influencia de los colorantes en el proceso Ecofinish. Se ha empleado la misma receta pero en este caso se ha añadido 20g/L de carbonato sódico puesto que el porcentaje de colorante empleado en esta tintura es mayor que en la tintura reactiva 1.

Los resultados valorados subjetivamente, a priori nos muestran una buena igualación así como una buena penetración e intensidad de color, la receta viene dada en la tabla número 10:

-TINTURA REACTIVA 2 (TR E)

Proceso	%	g/L mL /L	Producto	g mL	Agua (L)	T.re. (°C)	Tiempo (min)
Humectación	110		Grado de Humectación		0,55		
Productos auxiliares	0,5		Desaireante	2,5			
		20	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	11			
Tricromía	0,95		Amarillo Reactivo LG	4,8			
	4,5		Rojo Reactivo VR	22,5			
	0,2		Azul Sumifix Supra BRF 150%	1			
Fijación del color			Termofijación			90	30

Tabla 10. Receta de la Tintura Reactiva 2 con Ecofinish.

Tras la realización de diferentes pruebas de tinturas a través del sistema Ecofinish modificando parámetros para optimizar la receta y lograr unos resultados que puedan ser comparados al sistema convencional de agotamiento en baño, se ha dado con unas cantidades de producto que a priori, y de manera subjetiva, han resultado semejantes a las características de las muestras del proceso convencional, pero utilizando una relación de baño 10 veces menor.

A través de los ensayos de solidez se podrá valorar realmente la eficacia de estas recetas.

- **Tablas comparativas de ambos procesos.**

-TINTURA REACTIVA 1 (TR1)

Comparación de consumo para 0,5kg de prenda entre ambos procesos en la fase de Tintura:

Proceso	Agua (L)	Desaireante (g)	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃) (g)	Cloruro de Sodio (NaCl) (g)	Colorante (g)
Baño	5	2,5	170	390	15
Ecofinish	0,55	2,5	8	0	15
Ahorro con Ecofinish (%)	89%	-	95,3%	100%	-

Tabla11. Tabla comparativa de Consumos con la Tintura Reactiva 1.

-TINTURA REACTIVA 2 (TR2)

La comparación de consumo para 0,5kg de prenda entre ambos procesos viene dado en la tabla 12:

Proceso	Agua (L)	Desaireante (g)	Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃) (g)	Cloruro de Sodio (NaCl) (g)	Colorante (g)
Baño	5	2,5	160	420	28,3
Ecofinish	0,55	2,5	11	0	28,3
Ahorro con Ecofinish (%)	89%	-	93,13%	100%	-

Tabla 12. Tabla comparativa de Consumos con la Tintura Reactiva 2.

4.2.2. Tintura Directa

Los colorantes directos son solubles en agua y se unen al algodón por atracción química (puentes de Hidrógeno o fuerzas de Van der Waals). Existe afinidad del hidrógeno de la molécula del colorante a los grupos hidroxilo de la celulosa. Después de que el colorante se disuelve en agua se añade sal para controlar el porcentaje de absorción del colorante por la fibra. No son tan caros y están disponibles en una gran variedad de tonos.

Existe una clasificación según la SDC (Society of Dyers and Colorists)

-Clase A: Colorantes autoigualables a causa de una buena migración del colorante a la fibra.

-Clase B: Colorantes que no son autoigualables. Tienen escaso poder migratorio y deben ser aplicados con cuidado, pues es difícil la mala igualación inicial.

-Clase C: Colorantes de muy escaso poder migratorio.

Como regla general, al realizar bicromías y tricromías, deben trabajarse colorantes de la misma clase, y a lo sumo, de clases contiguas.

Las características más notables de los colorantes directos son las siguientes:

Muy fácil aplicación, bajos costos de producción, colores brillantes, alta afinidad tintórea por la fibra, amplio rango de solidez y baja solidez a los tratamientos en húmedo.

- **Proceso de tintura Directa en Baño Convencional**

-TINTURA DIRECTA (TD B)

Proceso	%	g/L mL /L	Producto	g mL	Agua (L)	R:L	T.re. (°C)	Grad. (°/min)	Tiempo (min)
Auxiliar de tintura	0,5		Desaireante	2,5	5	10	Frío		
	0,5		Igualador	2,5					
			Calentamiento indirecto				40		
Tricromía	0,4		Naranja Directo 2GL	2,1	1				
	0,8		Rojo Directo BWS	3,8					
	1,1		Azul marino Directo LV/N	5,7					
			Calentamiento indirecto				95	4	
			Mantener condiciones				95		10
		20	Cloruro de sodio (NaCl)	160	2				20
			Mantener condiciones				95		30
			Enfriado indirecto				80	3	5

Tabla 13. Receta de la Tintura Directa en Baño.

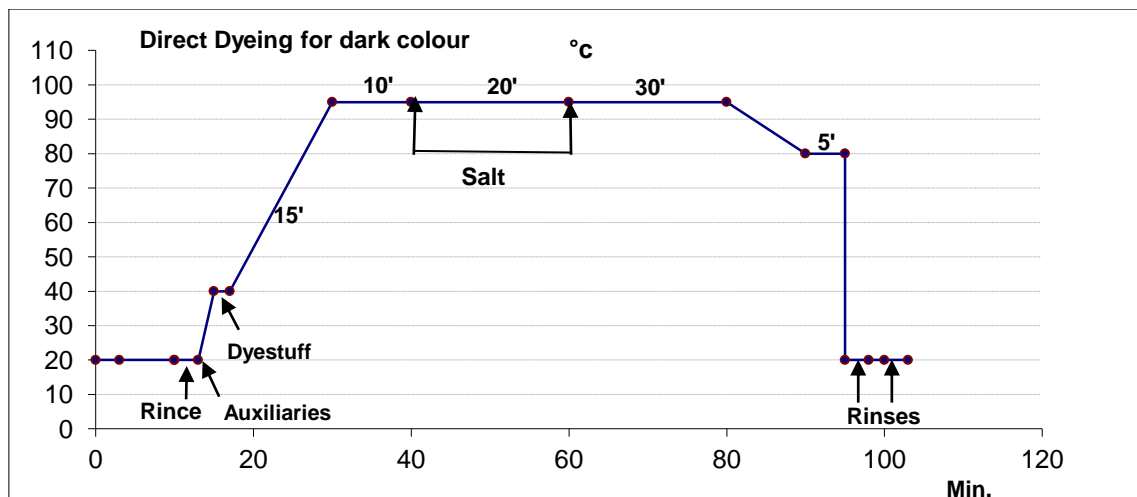


Gráfico 4. Gráfico del proceso de Tintura Directa.

- **Proceso de Tintura Directa con Ecofinish**

-TINTURA DIRECTA (TD_E)

Proceso	%	g/L mL/L	Producto	g mL	Agua (L)	T.re. (°C)	Tiempo (min)
Humectación	110		Grado de Humectación		0,55		
Productos auxiliares	0,5		Desaireante	2,5			
		20	Cloruro de sodio (NaCl)	11			
Tricromía	0,4		Naranja Directo 2GL	2,1			
	0,8		Rojo Directo BWS	3,8			
	1,1		Azul marino Directo LV/N	5,7			
Fijación del color			Termofijación			90	30

Tabla 14. Receta de la Tintura Directa con Ecofinish.

- **Tablas comparativas de ambos procesos.**

-TINTURA DIRECTA

Comparación de consumo para 0,5kg de prenda entre ambos procesos en la fase de Tintura:

Proceso	Agua (L)	Desaireante (g)	Igualador	Cloruro de sodio (NaCl) (g)	Colorante (g)
Baño	5	2,5	2,5	160	11,6
Ecofinish	0,55	2,5	0	11	11,6
Ahorro con Ecofinish (%)	89%	-	100%	93,13%	-

Tabla 15. Tabla comparativa de Consumos con la Tintura Directa.

4.3. Caracterización

Tras realizar las tinturas al tejido de calada inicial, se realiza la medición del color mediante espectrofotómetro de reflexión de cada una de las muestras obtenidas.

Además, con tal de valorar la calidad de la tintura obtenida por ambos procesos y según las condiciones utilizadas, se valora la fijación de los colorantes en el tejido. Para poder valorar estos datos, se procede a la realización de una serie de ensayos normalizados de solidez al color.

4.3.1. Valoración objetiva del color mediante espectrofotometría

Con el fin de poder valorar objetivamente la diferencia de color que se alcanza con ambos sistemas y las diferentes tinturas, se analizan los tejidos con el espectrofotómetro de reflexión. Con este equipo se obtienen las coordenadas cromáticas en el espacio de color CIELAB, y así se pueden definir los colores alcanzados mediante ambos procesos de tintura.

Para obtener las coordenadas cromáticas (L^* , a^* , b^*) del espacio de color CIELAB se utilizó el espectrofotómetro de reflectancia MINOLTA S.A, modelo CM-3600d, donde se usó el observador 10º estándar y el iluminante D65.

Con el objetivo de valorar de forma cuantitativa y de este modo poder comparar tanto los procesos de tintura como los sistemas utilizados para el teñido, se ha seguido la norma UNE-EN ISO 11664 parte 4 colorimetría, Espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976 donde, empleando la siguiente ecuación, se obtiene la diferencia de color:

$$\text{Diferencia de color } (\Delta E) = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2}$$

Donde $\Delta L = L^*$ sin tinter – L^* tintada; $\Delta a^* = a^*$ sin tinter – a^* tintada; $\Delta b^* = b^*$ sin tinter – b^* tintada; “ L^* ” describe la luminosidad, “ a^* ” medida de matices rojo-verde, “ b^* ” medida de matices azul-amarillo.



Imagen 1. Equipo de ensayo MINOLTA S.A.

4.3.2. Solidez del color al Lavado doméstico

Los tejidos tintados tanto con colorantes reactivos como con colorantes directos han sido sometidos al ensayo regido bajo la norma UNE-EN ISO 105-C06. Solidez del color al lavado doméstico y comercial, con el fin de evaluar la degradación y la descarga de las muestras tintadas sobre unos textiles testigo.

La solidez al lavado valora la mayor o menor resistencia que presenta el colorante a salir del textil cuando es sometido a este proceso.

Los lavados han sido realizados a través del equipo Linistest (Hannau) siguiendo el procedimiento A1S que viene indicada en la norma.

La valoración de la solidez del color al lavado de las muestras textiles que han sido sometidos a dicho ensayo, se ha realizado con la escala de grises descritas en las Normas ISO 105-A02:1993 denominada “Escala de grises para evaluar la degradación” e ISO 105 A03:1993 denominada “Escala de grises para evaluar la descarga”.

Para evaluar la descarga y la degradación de las muestras tintadas, se compara el tejido teñido con el sistema Ecofinish y el teñido con el sistema convencional en baño de cada una de las tinturas nombradas con anterioridad. Estas son comparadas con el tejido original que no ha sido lavado, si no existe diferencia entre el tejido original y el lavado, se asigna el valor de 5, de lo contrario, si existe alguna diferencia de color, se busca en la escala de grises el par que presenta el mismo salto o diferencia de color asignando su valor como índice de solidez. De igual modo se valora el índice de descarga con los textiles testigo, por si ha habido descarga de la prenda teñida.



Imagen 2. Equipo de ensayo Linistest.

4.3.3. Solidez del color al Frote

Los tejidos que han sido tintados se han sometido al ensayo de solidez del color al frote, seguido por la norma UNE-EN ISO 105-X12, tanto en seco como en húmedo y para ello se ha utilizado el crockmeter.

Para valorar el índice de degradación y de descarga, se ha seguido las Normas ISO 105-A02:1993 “Escala de grises para evaluar la degradación” y la ISO 105-A03:1993 denominada “Escala de grises para evaluar la descarga”.

El índice de degradación se evalúa comparando el tejido ensayado con el tejido de partida y se valora si ha perdido color tras el frote, tanto en seco como en húmedo. Para el índice de descarga, se valorará el tejido testigo con el que se frota la probeta, mediante la escala de grises de descarga.

Para la realización del ensayo, se han empleado 4 probetas por cada referencia, 2 probetas para el ensayo en seco (una en sentido de la trama y la otra en el sentido de la urdimbre) y 2 probetas para evaluar la solidez en húmedo (una en trama y una en urdimbre).



Imagen 3. Equipo de ensayo Crockmeter.

4.3.4. Solidez del color al Planchado

Una vez tintados los tejidos, se procede a realizar el ensayo de solidez de dichas tinturas al planchado, siguiendo la norma UNE-EN ISO 105-X11.

Para llevar a cabo este ensayo, se utiliza la cantidad de 9 probetas por referencia: planchado en seco, en húmedo y en mojado, y en cada uno de estos procedimientos tres probetas planchadas a tres temperaturas distintas:

- $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- $150^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- $200^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$

A cada una de las probetas se le coloca un textil testigo mediante el cual se valorará el índice de descarga del textil teñido siguiendo la Normas ISO 105-A02:1993 “Escala de grises para evaluar la degradación”. Para evaluar la degradación de la probeta, se seguirá la Norma ISO 105-A03:1993 denominada “Escala de grises para evaluar la descarga”.



Imagen 4. Plancha normalizada para realizar el ensayo.

4.3.5. Solidez del color a la Transpiración.

Para determinar la resistencia de las tinturas a la transpiración ácida y la transpiración alcalina se realiza el ensayo que rige la norma UNE-EN ISO 105-E04 "Solidez del color a la transpiración". Para la realización de este ensayo se necesitan simplemente dos probetas por referencia, una para el procedimiento ácido y la otra para el alcalino.

Se deben preparar dos disoluciones que vienen indicadas en la norma, una solución con un determinado pH alcalino, y la otra con un pH determinado ácido.

Una vez finalizado el ensayo que dura un total de 4 horas, se evalúa el índice de descarga sobre el tejido testigo y el índice de degradación de la probeta en comparación con el tejido inicial siguiendo la Normas ISO 105-A03:1993 "Escala de grises para evaluar la descarga" y la ISO 105-A02:1993 "Escala de grises para evaluar la degradación" respectivamente.



Imagen 5. Solución Alcalina (izquierda); Solución Ácida (derecha).

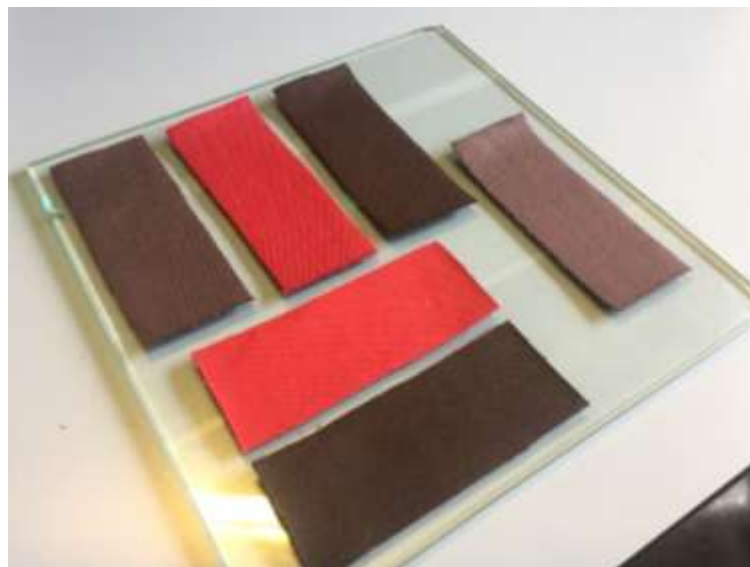


Imagen 6. Probetas sobre el vidrio de ensayo.

5. Resultados

En este apartado, se van a detallar los resultados obtenidos de los ensayos realizados en la fase experimental.

5.1. Medida del color

Con el fin de cuantificar y valorar los resultados de las tinturas realizadas en cuanto al color obtenido, se analizan las muestras con el espectrofotómetro de reflexión, mostrándose en la tabla 16 las coordenadas cromáticas en el espacio de color CIELAB de cada una de las muestras obtenidas.

Referencia	L*	a*	b*	DE*ab respecto al Blanco	DE*ab respecto el Blanco
Blanco	91,2574	-0,3129	3,9286		
TR1 Baño	28,8181	5,8178	0,1676	62,8522	
TR1 Ecofinish	32,7145	7,0918	-1,1187	59,2248	4,291
TR2 Baño	29,5661	41,1636	10,3885	74,618	
TR2 Ecofinish	31,786	42,5969	11,4145	73,7166	2,834
TD Baño	22,3571	6,0083	0,7218	69,2639	
TD Ecofinish	21,9214	4,5674	0,0656	69,6148	1,642

Tabla 16. Resultados de la medida de color mediante Espectrofotometría.

Teniendo en cuenta que “L*” describe la luminosidad, “a*” medida de matices rojo-verde, “b*” medida de matices azul-amarillo, se observa que en ambas tinturas reactivas, tanto la TR1 como la TR2 el mayor valor de luminosidad pertenece a las muestras tintadas a través del sistema Ecofinish. En cambio, la muestra tintada con colorantes directos que más valor de luminosidad posee es la realizada mediante baño convencional. En cualquier caso, con respecto a la luminosidad, la diferencia de valores es mínima.

Con respecto a la medida de matices rojo-verde (a*), los valores más altos pertenecen a la tintura reactiva 2 (TR2) puesto que el color de esta tintura es rojizo. De nuevo, los valores más altos de las tinturas reactivas bajo este parámetro, pertenecen a las muestras tintadas a través de Ecofinish, y en referencia a la tintura directa (TD), el valor más alto vuelve a ser la muestra de baño convencional. El parámetro b* que muestra los matices azul-amarillo, presentan el valor más alto con el sistema Ecofinish, mientras que en la TR1 y la TD, el valor más alto se logra mediante baño.

Finalmente, en el parámetro DE*ab se puede observar que en cada tintura, los valores entre ambos procesos son muy similares, mostrando así, que las muestras por proceso de tintura, poseen colores semejantes. Al calcular la diferencia de color respecto la muestra sin tinter, mostrando así, mostrando valores de diferencia de color altos en todos los casos, lo que muestra que el color obtenido en todas las tinturas es intenso.

Al calcular la diferencia de color obtenida entre las muestras tintadas empleando sistemas de tratamiento distintos, se observa que el color de las muestras son muy parecidas al realizar la tintura con la formulación con colorantes directos, presentado una diferencia significativa las muestras tintadas con la formulación con colorantes reactivos TR1.

5.2. Solidez al lavado

Como resultados de la solidez al lavado de cada uno de los tejidos tintados, empleando distintos colorantes y sistemas de tintura, se muestran en las tablas 16, 17 y 18 los índices de degradación y descarga sobre el tejido testigo de algodón y lana utilizados.

TINTURA REACTIVA 1 (TR1)

Referencia	Índice de descarga		Índice de degradación
	Wo	Co	
TR1 Baño	4-5	5	5
TR1 Ecofinish	4-5	5	5

Tabla 17. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR1.

TINTURA REACTIVA 2 (TR2)

Referencia	Índice de descarga		Índice de degradación
	Wo	Co	
TR2 Baño	4-5	4-5	5
TR2 Ecofinish	5	5	5

Tabla 18. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR2.

TINTURA DIRECTA (TD)

Referencia	Índice de descarga		Índice de degradación
	Wo	Co	
TD Baño	3	2	4-5
TD Ecofinish	2-3	2	4-5

Tabla 19. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TD.

Tras haber realizado el ensayo de solidez al lavado sobre las tres tinturas diferentes realizadas mediante el sistema Ecofinish y a través del proceso convencional de baño, se puede observar en las tablas de resultados 17 y 18, que ambas tinturas reactivas poseen buena solidez al lavado. La referencia que posee mejor valoración es la Tintura reactiva 2 mediante el sistema Ecofinish.

Con respecto a la Tintura Directa, en comparación a las tinturas reactivas, posee valores más bajos de solidez, como se puede observar en la tabla 19. El índice de degradación de los tejidos ensayados tras realizar esta tintura alcanza un buen valor de solidez, un 4-5. Sin embargo, el índice de descarga presenta valores muy bajos en ambos procesos, la descarga sobre algodón (Co) tanto en baño como en Ecofinish se ha valorado con un 2 en la escala de grises. Para la descarga sobre lana (Wo), se ha valorado con un 2-3 el sistema Ecofinish y con un 3 el proceso en baño.

5.3. Solidez al frote

Una vez realizado el ensayo de solidez al frote de las diferentes tinturas realizadas tanto con el sistema Ecofinish como por el proceso convencional en baño. En las siguientes tablas se pueden observar los resultados de dicho ensayo, en seco, en húmedo y en ambos sentidos del tejido, en sentido trama y en sentido urdimbre, tal y como especifica la norma.

TINTURA REACTIVA 1

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
<i>Urdimbre</i>				
TR1 Baño	5	4	4	3
TR1 Ecofinish	5	4-5	4	3-4

Tabla 20. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR1 por urdimbre.

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
<i>Trama</i>				
TR1 Baño	5	4	5	5
TR1 Ecofinish	4-5	4	5	5

Tabla 21. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR1 por trama.

TINTURA REACTIVA 2

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
<i>Urdimbre</i>				
TR2 Baño	4-5	2	4	3-4
TR2 Ecofinish	4-5	3	4-5	4

Tabla 22. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR2 por urdimbre.

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	Seco	Húmedo	Seco	Húmedo
<i>Trama</i>				
TR2 Baño	5	4	5	5
TR2 Ecofinish	4-5	3	5	5

Tabla 23. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TR2 por trama.

TINTURA DIRECTA

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>
<i>Urdimbre</i>				
TD Baño	5	2-3	4	2
TD Ecofinish	5	2-3	4	3

Tabla 24. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TD por urdimbre.

	Índice de descarga		Índice de degradación	
	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>	<i>Seco</i>	<i>Húmedo</i>
<i>Trama</i>				
TD Baño	5	2-3	5	4-5
TD Ecofinish	5	2-3	5	5

Tabla 25. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de TD por trama.

Tras realizar el ensayo de solidez al frote a las muestras tintadas, se puede comprobar que la tintura reactiva 1 (TR1) presenta buenas solidez en general, tanto en baño como con Ecofinish, el mejor valor está igualado por ambos procesos en el índice de descarga en seco con valor 5, el mejor valor (tabla 20), seguido por el valor 4-5 que corresponde al índice de descarga en húmedo mediante el proceso Ecofinish. El valor más bajo lo tiene el índice de degradación en húmedo del proceso en baño, un 3.

Para la segunda tintura reactiva (TR2) que se muestran en las tablas 22 y 23, el proceso en baño presenta una solidez más baja en comparación con el sistema Ecofinish en el índice de descarga en húmedo con un valor de 2 frente a 3 del Ecofinish (tabla 22) y unos valores de 4 y 3-4 en el índice de degradación en seco y húmedo respectivamente en comparación de los valores 4-5 y 4 del Ecofinish (tabla 22).

Con respecto a la tintura directa, las solidez en general son bastante bajas en los ensayos en húmedo como muestran la tabla 24 y la tabla 25, el peor dato lo da el índice de degradación del proceso en baño por urdimbre (tabla 24), con un valor de 2 en húmedo frente a un 3 con el sistema Ecofinish. El resto de valores para esta tintura están igualados exceptuando el índice de degradación en húmedo por trama (tabla 25), donde el mejor dato lo recoge el sistema Ecofinish con un valor de 5 con respecto al 4-5 del proceso en baño.

5.4. Solidez al planchado

A continuación se exponen los resultados obtenidos del ensayo de solidez al planchado. En las siguientes tablas se refleja el índice de descarga de la muestra tintada sobre el tejido testigo (tablas 26, 28 y 30) donde se encuentran las referencias ensayadas en seco, en húmedo y en mojado a las temperaturas que vienen especificadas en la norma. De igual modo, en las tablas 27, 29 y 31, se observa el índice de degradación de la muestra con respecto al tejido tintado inicial. En ambos casos, el índice de descarga y el de degradación, comparan el sistema Ecofinish con el método convencional en baño.

TINTURA REACTIVA 1

Índice de Descarga	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TR1 Baño	5	5	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5
TR1 Ecofinish	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 26. Resultados comparativos del índice de descarga de la Tintura Reactiva 1 (TR1).

Índice de Degradación	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TR1 Baño	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TR1 Ecofinish	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 27. Resultados comparativos del índice de degradación de la Tintura Reactiva 1 (TR1).

TINTURA REACTIVA 2

Índice de Descarga	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TR2 Baño	5	5	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5
TR2 Ecofinish	5	5	4-5	5	5	4-5	5	5	4-5

Tabla 28. Resultados comparativos del índice de descarga de la Tintura Reactiva 2 (TR2).

Índice de Degradación	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TR2 Baño	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TR2 Ecofinish	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 29. Resultados comparativos del índice de degradación de la Tintura Reactiva 2 (TR2).

TINTURA DIRECTA

Índice de Descarga	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TD Baño	5	5	2-3	5	5	1-2	5	5	2
TD Ecofinish	5	5	1	5	5	1-2	5	5	1-2

Tabla 30. Resultados comparativos del índice de descarga de la Tintura Directa (TD).

Índice de Degradación	110°C			150°C			200°C		
	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado	Seco	Húmedo	Mojado
TD Baño	5	5	5	5	5	5	5	5	5
TD Ecofinish	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tabla 31. Resultados comparativos del índice de degradación de la Tintura Directa (TD).

Tras realizar el ensayo de solidez al planchado para las tres referencias tintadas, se puede observar en los datos obtenidos en las tablas 27, 29 y 31 que no existe degradación del color en ninguna de las tinturas independientemente del proceso que haya sido empleado para el teñido, todas la referencias han obtenido el mejor valor, el 5.

Cuando se habla del índice de descarga, se puede apreciar, que varias probetas han descargado color en los testigos utilizados para el ensayo. Para empezar, la primera tintura reactiva (TR1) podemos comprobar en la tabla 26, que posee buena solidez al planchado tanto en baño como en Ecofinish a 110°C, a 150°C y a 200°C en seco y en húmedo. Para la referencia en mojado, existe una leve diferencia entre la tintura realizada en baño con un valor de 4-5 a todas las temperaturas, en comparación del sistema Ecofinish, que cuenta con un valor de 5 en todas sus probetas ensayadas.

Para la segunda tintura reactiva (TR2), se puede apreciar que poseen las mismas solideces a todas las temperaturas ensayadas tanto en seco, húmedo y mojado ambos procesos (tabla 28). Los valores que han sido obtenidos en seco y en húmedo es el 5, el mayor valor posible. En cuanto a las referencias ensayadas en mojado, el valor asignado al valorar los testigos es de 4-5 en ambos procesos.

Finalmente, la tintura directa, ha obtenido los valores más bajos en cuanto a solidez al planchado en húmedo. A la temperatura de 110°C, el valor más bajo lo ha recibido el proceso Ecofinish con un 1, en comparación con un 2-3 de la probeta de baño. Para la temperatura de 150°C, ambos procesos poseen el mismo valor de 1-2. Para concluir, esta tintura ensayada a 200°C, vuelve a tener mala solidez en mojado obteniendo un 2 el proceso en baño y un 1-2 el proceso con Ecofinish (tabla 30).

5.5. Solidez a la transpiración

Tras haber realizado el ensayo de transpiración a los textiles tintados para determinar la solidez que presentan tanto a la transpiración alcalina como a la ácida, se pueden observar los resultados en las siguientes tablas, donde las tablas 32, 34 y 36 muestran los resultados de la transpiración alcalina y las tablas 33, 35 y 37 presentan los resultados de las muestras ensayadas mediante la disolución ácida:

TINTURA REACTIVA 1

<i>Alcalino</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TR1 Baño	5	5
TR1 Ecofinish	5	5

Tabla 32. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Alcalina para la tintura reactiva 1 (TR1).

<i>Ácido</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TR1 Baño	5	5
TR1 Ecofinish	5	5

Tabla 33. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Ácida para la tintura reactiva 1 (TR1).

TINTURA REACTIVA 2

<i>Alcalino</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TR2 Baño	5	5
TR2 Ecofinish	5	5

Tabla 34. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Alcalina para la tintura reactiva 1 (TR1).

<i>Ácido</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TR2 Baño	5	5
TR2 Ecofinish	5	5

Tabla 35. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Ácida para la tintura reactiva 2 (TR2).

TINTURA DIRECTA

<i>Alcalino</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TD Baño	5	5
TD Ecofinish	4	5

Tabla 36. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Alcalina para la tintura directa (TD).

<i>Ácido</i>	Índice de descarga	Índice de degradación
TD Baño	5	5
TD Ecofinish	4-5	5

Tabla 37. Resultados comparativos del índice de descarga y degradación de la disolución Ácida para la tintura directa (TD).

Valorando los resultados del ensayo a la transpiración, se puede comprobar que la tintura reactiva, tanto la TR1 como la TR2, poseen muy buena solidez a la transpiración alcalina y ácida, puesto que, como se puede observar en las tablas 32 y 33 (TR1) y las tablas 34 y 35 (TR2), todas las probetas se evalúan con 5.

Para las muestras tintadas con colorantes directos, se puede observar en las tablas 36 y 37 que a través del proceso en baño convencional, se logra tanto en el índice de descarga como en el de degradación de la muestra el valor máximo 5. Para las muestras tintadas a través del sistema Ecofinish también cuentan con el máximo valor 5 en el índice de degradación, no obstante, en el índice de descarga sobre los tejidos testigos se ha valorado con un 4 para la disolución alcalina y con un 4-5 para la ácida.

6. Estudio de la viabilidad económica de los procesos

Una vez evaluada la viabilidad técnica del proceso Ecofinish, el trabajo pretende también evaluar su viabilidad económica como sistema novedoso de aplicación en tintorería textil.

Dado que el nuevo sistema de tintura es capaz de reducir los consumos de agua y producto principalmente, en este apartado se van a analizar con detenimiento qué otros parámetros se ven afectados por la reducción de consumos y como inciden económicamente en el sistema.

Haciendo uso de las técnicas y premisas utilizadas por la Contabilidad Analítica (también denominada de Costes), se realizará un análisis de en qué aspectos se ve afectado económicamente el nuevo proceso productivo utilizado en este trabajo frente al proceso convencional.

A pesar de que la reducción del tiempo de proceso pudiese afectar a factores organizativos de la empresa que disponga de esta tecnología y por lo tanto a la capacidad productiva y con ello a los recursos necesarios para desarrollarla, tanto humanos como materiales, en análisis tan solo atenderá a los costes denominados directos, es decir a aquellos costes que inequívocamente pueden ser atribuidos al producto, aun siendo conscientes de que sin necesidad de profundizar en demasía, existen otros muchos que también se verían afectados, pero que su cálculo depende de la instalación productiva, la metodología de trabajo empleada y de qué estructura de costes utiliza la empresa para su cálculo.

6.1. Consumos

Dado que las muestras realizadas para el presente proyecto son a escala de laboratorio y, como se ha comentado anteriormente, las recetas y consumos están relacionados con el peso en kg de prenda (0,5kg), se ha decidido imputar los costes a una simulación de producción a escala industrial, puesto que Ecofinish es un accesorio que está diseñado tanto para realizar pruebas piloto como para ser utilizado a escala industrial. Para emular este proceso, el presente estudio de costes se va a centrar en lo que sería un proceso de tintura en prenda común en el sector tintorero, relacionando los consumos a 100kg de prenda.

6.1.1. Tintura Reactiva Convencional en Baño (TR1)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Amarillo Reactivo LG	5g	1.000g
Rojo Reactivo VR	5g	1.000g
Azul Sumifix Supra BRF 150%	5g	1.000g
Cloruro de Sodio (NaCl)	390g	60.000g
Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	170g	20.000g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	4 kw·h*1,25h = 5 kw·h	4 kw·h*1,25h = 5 kw·h
Agua	5L	1.000L
Tiempo	85 min	85 min

Tabla 38. Consumos del proceso convencional de la tintura reactiva 1 (TR1) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.1.2. Tintura Reactiva Ecofinish (TR1)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Amarillo Reactivo LG	5g	1.000g
Rojo Reactivo VR	5g	1.000g
Azul Sumifix Supra BRF 150%	5g	1.000g
Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	8g	1.600g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h
Agua	0,55L	110L
Tiempo	30 min	30min

Tabla 39. Consumos del proceso Ecofinish de la tintura reactiva 1 (TR1) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.1.3. Tintura Reactiva Convencional en Baño (TR2)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Amarillo Reactivo TER	4,8g	950g
Rojo Reactivo TE3B	22,5g	4.500g
Azul Sumifix Supra BRF 150%	1g	200g
Cloruro de Sodio (NaCl)	420g	70.000g
Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	160g	20.000g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	4 kw·h*1,25h = 5 kw·h	4 kw·h*1,25h = 5 kw·h
Agua	5L	1.000L
Tiempo	85 min	85min

Tabla 40. Consumos del proceso convencional de la tintura reactiva 2 (TR2) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.1.4. Tintura Reactiva Ecofinish (TR2)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Amarillo Reactivo TER	4,8g	950g
Rojo Reactivo TE3B	22,5g	4.500g
Azul Sumifix Supra BRF 150%	1g	200g
Carbonato sódico (Na_2CO_3)	11g	2.200g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h
Agua	0,55L	110L
Tiempo	30 min	30min

Tabla 41. Consumos del proceso Ecofinish de la tintura reactiva 2 (TR2) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.1.5. Tintura Directa Convencional en Baño (TD)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Naranja Directo 2GL	2,1 g	420g
Rojo Directo BWS	3,8 g	750g
Azul marino Directo LV/N	5,7 g	1.140g
Cloruro de Sodio (NaCl)	160g	20.000g
Igualador	2,5g	500g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	4 kw·h*1,05h = 4,2 kw·h	4 kw·h*1,05h = 4,2 kw·h
Agua	5L	1.000L
Tiempo	65 min	65min

Tabla 42. Consumos del proceso convencional de la tintura directa (TD) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.1.6. Tintura Directa Ecofinish (TD)

Consumo	Escala laboratorio	Escala Industrial
Naranja Directo 2GL	2,1 g	420g
Rojo Directo BWS	3,8 g	750g
Azul marino Directo LV/N	5,7 g	1.140g
Cloruro de sodio (NaCl)	11g	2.200g
Desaireante T4 200%	2,5g	500g
Energía eléctrica	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h	3,32 kw·h *0,5h = 1,66 kw·h
Agua	0,55L	110L
Tiempo	30 min	30min

Tabla 43. Consumos del Ecofinish de la tintura directa (TD) a escala de laboratorio y a escala Industrial.

6.2. Estudio comparativo de los consumos

Con el fin de poder cuantificar el ahorro que se produce al realizar los distintos tipos de tintura mediante el nuevo sistema Ecofinish en comparación al proceso convencional de baño, se han realizado una serie de tablas comparativas con los consumos, el precio unitario y la diferencia final de los costes, dando como resultado el ahorro en euros que se obtiene por proceso de tintura en relación a 100kg de prenda.

6.2.1. Tintura Reactiva (TR1)

Consumo	Proceso Industrial Convencional	Proceso Industrial Ecofinish	Diferencia (C-E)	Coste Unitario	Diferencia de coste (€)
<i>Amarillo Reactivo LG</i>	1 kg	1 kg	0 kg	8,00 €/kg	0,00
<i>Rojo Reactivo VR</i>	1 kg	1 kg	0 kg	9,00 €/kg	0,00
<i>Azul Sumifix Supra BRF 150%</i>	1 kg	1 kg	0 kg	25,00 €/kg	0,00
<i>Cloruro de Sodio (NaCl)</i>	60 kg	0 kg	60 kg	0,23 €/kg	13,8
<i>Carbonato sódico (Na₂CO₃)</i>	20 kg	1,65 kg	18,35 kg	0,35 €/kg	6,42
<i>Desaireante T4 200%</i>	0,5 kg	0,5 kg	0 kg	7,70 €/kg	0,00
<i>Energía eléctrica</i>	5 kW·h	1,66 kW·h	3,34 kW·h	0,121925 €/kW·h	0,41
<i>Agua</i>	1 m ³	0,11 m ³	0,89 m ³	2,55 €/m ³	2,27
<i>Tiempo</i>	85 min	30 min	55 min		
TOTAL					22,9€

Tabla 44. Resultados comparativos de los costes de la tintura reactiva 1 (TR1).

6.2.2. Tintura Reactiva (TR2)

Consumo	Proceso Industrial Convencional	Proceso Industrial Ecofinish	Diferencia (C-E)	Coste Unitario	Diferencia de coste (€)
Amarillo Reactivo TER	0,95 kg	0,95 kg	0 kg	9,00 €/kg	0,00
Rojo Reactivo TER3B	4,5 kg	4,5 kg	0 kg	10,00 €/kg	0,00
Azul Sumifix Supra BRF 150%	0,2 kg	0,2 kg	0 kg	25,00 €/kg	0,00
Cloruro de Sodio (NaCl)	70 kg	0 kg	70 kg	0,23 €/kg	16,10
Carbonato sódico (Na ₂ CO ₃)	20 kg	2,2 kg	17,8 kg	0,35 €/kg	6,23
Desaireante T4 200%	0,5 kg	0,5 kg	0 kg	7,70 €/kg	0,00
Energía eléctrica	5 kW·h	1,66 kW·h	3,34 kW·h	0,121925 €/kW·h	0,41
Agua	1 m ³	0,11 m ³	0,89 m ³	2,55 €/m ³	2,27
Tiempo	85 min	30 min	55 min		
TOTAL					25,01€

Tabla 45. Resultados comparativos de los costes de la tintura reactiva 2 (TR2).

6.2.3. Tintura Directa (TD)

Consumo	Proceso Industrial Convencional	Proceso Industrial Ecofinish	Diferencia (C-E)	Coste Unitario	Diferencia de coste (€)
Naranja Directo 2GL	0,42 kg	0,42 kg	0 kg	10 €/kg	0
Rojo Directo BWS	0,75 kg	0,75 kg	0 kg	30 €/kg	0
Azul marino Directo LV/N	1,14 kg	1,14 kg	0 kg	22 €/kg	0
Cloruro de Sodio (NaCl)	20 kg	2,2 kg	17,8 kg	0,23 €/kg	4,09
Igualador	0,5 kg	0 kg	0,5 kg	1,7 €/kg	0,85
Desaireante T4 200%	0,5 kg	0,5 kg	0 kg	7,7 €/kg	0
Energía eléctrica	4,2 kW·h	1,66 kW·h	2,54 kW·h	0,121925 €/kW·h	0,31
Agua	1 m ³	0,11 m ³	0,89 m ³	2,55 €/m ³	2,27
Tiempo	65 min	30 min	35 min		
TOTAL					7,52€

Tabla 46. Resultados comparativos de los costes de la tintura directa (TD).

6.3. Resultados conclusivos del estudio de la reducción de costes.

Como se puede observar en la tabla número 47, en los tres casos estudiados se presenta un ahorro económico de los productos o energías utilizadas, pero también se produce una reducción del tiempo invertido en el proceso de tintura.

Proceso de tintura Ecofinish	Ahorro Costes	Ahorro Tiempo
Tintura Reactiva 1 (TR1)	22,9€	55 min
Tintura Reactiva 2 (TR2)	25,01€	55 min
Tintura Directa (TD)	7,52€	35 min

Tabla 47. Resultados del ahorro de costes y tiempo que se produce al realizar dichas tinturas mediante el sistema Ecofinish.

Puede observarse que la reducción de los consumos es más interesante en la tintura reactiva, donde se alcanzan porcentajes de ahorro en consumos de hasta el 32,8% en la TR1, del 29,5% en la TR2 y menos espectaculares, pero no por ello menos interesantes en la tintura directa, donde el valor se sitúa en un 11,7% de ahorro en consumos.

Estas serían las reducciones conseguidas en productos y energías atendiendo a un proceso con la máquina productiva llena (100 kg). Considerando que una prenda tipo presenta los siguientes gramajes aproximados, la reducción en costes por prenda se establecería en:

Prenda	Peso promedio (g)	Reducción del coste con tintura reactiva (TR1) Ecofinish (€/prenda)	Reducción del coste con tintura reactiva (TR2) Ecofinish (€/prenda)	Reducción del coste con tintura directa (TD) Ecofinish (€/prenda)
Camiseta m/c	100	0,023	0,025	0,007
Camisa m/l	200	0,046	0,050	0,015
Denim	700	0,160	0,176	0,053
Pantalón	400	0,092	0,100	0,030

Tabla 48. Reducción de costes por prenda y tintura mediante el proceso Ecofinish en comparación con la tintura por agotamiento.

También la reducción de los tiempos invertidos es notable, ya que con Ecofinish se consigue una reducción del tiempo invertido en el proceso de: 58,8% en las dos tinturas reactivas y un 53,8% en la tintura con colorantes directos.

Esta reducción en tiempo supondría una reducción también de los costes productivos, ya que incidiría en la posibilidad de ver incrementada la producción y con lo cual los costes indirectos de la empresa correspondientes a amortizaciones de los inmovilizados, de la maquinaria, los impuestos y tributos, así como otros muchos gastos de funcionamiento de la empresa se verían diluidos en una mayor cantidad de producto fabricado.

Con este estudio se demuestra que económicamente el sistema Ecofinish presenta ventajas competitivas frente a los procesos convencionales de tintura en prenda.

7. Conclusiones

El nuevo sistema a comparar nace con el objetivo de reducir los consumos de agua que genera esta industria en el proceso tintorero. En este estudio, la comparación de ambos sistemas ha permitido cuantificar las cantidades de productos, los costes que se generan con cada proceso y los resultados de tintura obtenidos.

Se parte de un estudio práctico en el que se han realizado dos tinturas con colorantes reactivos (TR1 y TR2) y una tintura con colorantes directos:

- TINTURA REACTIVA 1 (TR1)

La Tintura Reactiva TR1 presenta buenas solidez en general, tanto con el sistema Ecofinish como con el proceso en baño, siendo que prácticamente en la mayoría de ensayos los resultados sean similares.

- Es el caso del ensayo de solidez al lavado, en el índice de descarga como en el índice de degradación han obtenido los mismos resultados.
- En el ensayo de solidez al frote, el sistema Ecofinish iguala los resultados en seco e incluso mejora los resultados de las pruebas de frote en húmedo.
- Los resultados de la solidez al planchado muestran una mejora del sistema Ecofinish con respecto al ensayo en húmedo e iguala los resultados del baño en seco.
- En el ensayo de solidez del color a la transpiración tanto en solución alcalina como ácida, las probetas muestran el nivel más alto de solidez en ambos procesos.

Tras este estudio, podemos concluir que las mejores solidez en húmedo vienen dadas por las muestras que han sido teñidas a través del sistema Ecofinish. En cuanto a las solidez en seco, ambos procesos alcanzan un nivel muy alto de solidez del color.

- TINTURA REACTIVA 2 (TR2)

Tras realizar la Tintura Reactiva 2:

- En el ensayo de medida del color se puede observar que se ha llegado a alcanzar un color muy semejante entre ambos procesos.
- En la solidez al lavado, se ha comprobado una mejoría de la solidez a través del sistema Ecofinish puesto que no ha descargado colorante sobre los tejidos testigo y no ha sufrido degradación.
- La muestra en baño no ha sufrido degradación pero sí que ha descargado algo de colorante sobre los textiles testigo.
- En cuanto a la solidez al frote, los resultados se aprecian igualados, se aprecia una leve mejora del proceso en baño en sentido de la trama, y una mejora en urdimbre mediante el Ecofinish, que posee mejor solidez tanto de degradación como de descarga.

- En los ensayos de solidez al planchado y la transpiración se han obtenido los mismos resultados a través de los dos sistemas de teñido.

Por tanto se puede concluir que tanto la tintura realizada mediante Ecofinish y la tintura realizada a través de baño poseen buenas solideces en seco y en húmedo.

- TINTURA DIRECTA (TD)

Una vez realizada la tintura directa, se concluye que:

- La valoración del color por espectrofotometría determina que es la tintura de las tres realizadas donde el color ha sido más semejante.
- La tintura directa presenta malas solideces a los procesos en húmedo.
- Con respecto a la solidez al lavado, ambos procesos presentan mala solidez, descargando colorante en los tejidos testigos, sin embargo, presenta buena solidez de degradación.
- En el ensayo de solidez al frote, los procesos están muy igualados, siendo el Ecofinish mejor tanto en trama como en urdimbre en el índice de degradación.
- En el ensayo de transpiración, el proceso en baño es ligeramente mejor tanto en resistencia al álcali como a los ácidos.
- La solidez al planchado nos muestra de nuevo mala solidez al proceso en mojado, dando valores muy bajos en la descarga de colorantes.

Por tanto se puede concluir que esta tintura presenta problemas a la hora de ser sometida a procesos en húmedo en ambos procesos.

Se puede de este modo determinar, que partiendo del estudio técnico de las tinturas y la valoración de estas en ambos procesos, el Ecofinish logra igualar e incluso mejorar los resultados del sistema convencional en la calidad de la tintura obtenida.

Bajo el punto de vista de la viabilidad económica, se ha valorado numéricamente los costes directos del proceso Ecofinish, y cabe destacar:

- El nuevo proceso productivo presenta siempre una reducción de los costes de fabricación comparativamente al de los procesos de tintura en prenda convencionales.
- Se denota que esta reducción de costes es más acusada en la tintura reactiva.
- En todos los procesos se obtiene una reducción importante de los tiempos de procesado que, aunque no han sido valorados económicamente, supondrán también una reducción de los costes indirectos.

Desde el punto de vista ecológico el nuevo sistema permite:

- Reducción del consumo del agua, objetivo principal buscado en este sistema.
- Reducción de la emisión de aguas residuales, que es diez veces menor que las emitidas en el sistema por agotamiento.
- El consumo de cloruro sódico también se ve reducido en gran cantidad, ya que este auxiliar de tintura es un potencial contaminante.

El aspecto más notable a valorar es el ahorro de agua y de productos auxiliares que se ahorran, no generando un alto impacto económico si no generando un alto impacto en la reducción de emisiones de productos químicos y de consumo de agua.

8. Bibliografía

- [1] Zhang, Y. Q., Wei, X. C., & Long, J. J. (2016). Ecofriendly synthesis and application of special disperse reactive dyes in waterless coloration of wool with supercritical carbon dioxide. *Journal of Cleaner Production*, 133, 746-756.
- [2] Zhou, L., Xu, K., Cheng, X., Xu, Y., & Jia, Q. (2017). Study on optimizing production scheduling for water-saving in textile dyeing industry. *Journal of Cleaner Production*, 141, 721-727.
- [3] Ozturk, E., Koseoglu, H., Karaboyacı, M., Yigit, N. O., Yetis, U., & Kitis, M. (2016). Minimization of water and chemical use in a cotton/polyester fabric dyeing textile mill. *Journal of Cleaner Production*, 130, 92-102.
- [4] Babar, A. A., Peerzada, M. H., & Jhatial, A. K. (2017). Pad ultrasonic batch dyeing of causticized lyocell fabric with reactive dyes. *Ultrasonics sonochemistry*, 34, 993-999.
- [5] Hu, E., Wu, X., Shang, S., Tao, X. M., Jiang, S. X., & Gan, L. (2016). Catalytic ozonation of simulated textile dyeing wastewater using mesoporous carbon aerogel supported copper oxide catalyst. *Journal of Cleaner Production*, 112, 4710-4718.
- [6] Soares, P. A., Souza, R., Soler, J., Silva, T. F., Souza, S. M. G. U., Boaventura, R. A., & Vilar, V. J. (2017). Remediation of a synthetic textile wastewater from polyester-cotton dyeing combining biological and photochemical oxidation processes. *Separation and Purification Technology*, 172, 450-462.
- [7] Arora, J., Agarwal, P., & Gupta, G. (2017). Rainbow of Natural Dyes on Textiles Using Plants Extracts: Sustainable and Eco-Friendly Processes. *Green and Sustainable Chemistry*, 7(01), 35.
- [8] Yusuf, M., Mohammad, F., & Shabbir, M. (2017). Eco-friendly and effective dyeing of wool with anthraquinone colorants extracted from *Rubia cordifolia* roots: Optimization, colorimetric and fastness assay. *Journal of King Saud University-Science*, 29(2), 137-144.
- [9] Rossi, T., Silva, P. M. S., De Moura, L. F., Araújo, M. C., Brito, J. O., & Freeman, H. S. (2017). Waste from eucalyptus wood steaming as a natural dye source for textile fibers. *Journal of Cleaner Production*, 143, 303-310.
- [10] Kumar, C. S., & Dhinakaran, M. (2017). EXTRACTION AND APPLICATION OF NATURAL DYES FROM ORANGE PEEL AND LEMON PEEL ON COTTON FABRICS. *Textile Research Journal*, 80, 2117-2123.

Información proporcionada por la empresa Care Applications S.L.U.

Normativa:

UNE-EN ISO 11664-4. Espacio cromático L*a*b* CIE 1976.

UNE-EN ISO 105-C06. Solidez del color al lavado doméstico y comercial.

UNE-EN ISO 105-X12. Solidez del color al frote.

ISO 105-A02:1993. Escala de grises para evaluar la degradación.

ISO 105-A03:1993. Escala de grises para evaluar la descarga.

UNE-EN ISO 105-X11. Solidez del color al planchado.

UNE-EN ISO 105-E04. Solidez del color a la transpiración.