



Boletín de
**VIGILANCIA
TECNOLÓGICA**
N° 1

**INDUSTRIA TEXTIL Y
CONFECCIONES**



Introducción

En el dinámico escenario del sector de la industria textil y confecciones, donde la ciencia, tecnología e innovación son motores impulsores de cambio, surge nuestro boletín de vigilancia tecnológica.

Este recurso de información es presentado como una herramienta de apoyo informativa para los actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Sinacti), entre ellos estudiantes, profesionales y empresarios de la industria.

El propósito fundamental de este boletín es proporcionar información sobre artículos científicos, patentes y proyectos relacionados al presente sector.



Índice

Introducción.....	2
El sector textil en el mundo	6
El sector textil en el Perú	7
1. Artículos científicos	8
1.1. Producción científica a nivel global	10
1.1.1. Red de coocurrencia	12
1.1.2. Nube de palabras	14
1.1.3. Países líderes	14
1.1.4. Artículos científicos	16
1.2. Producción científica a nivel de Perú	34
1.2.1. Red de concurrencia	34
1.2.2. Nube de palabras	36
1.2.3. Artículos científicos	36
2. Patentes	46
2.1. Tabla de agrupación de patentes	48
2.2. Descripción de patentes.....	49
3. Proyectos	60
3.1. Proyectos de investigación científica	61
3.2. Proyectos STEPI	62
Conclusiones.....	65
Bibliografía	67



Glosario	73
----------------	----

Índice de figuras

Figura 1. PBI Nacional vs PBI Textil y Confecciones, 2011-2020	7
Figura 2. Gráfico circular de Carrot2 inicial.....	9
Figura 3. Gráfico circular de Carrot2 final	11
Figura 4. Red de coocurrencia de términos de los artículos de Scopus.....	13
Figura 5. Nube de palabras	14
Figura 6. Países líderes de investigación y producción de documentos	16
Figura 7. Capas autoorganizadas de nanotubos de TiO ₂ como fotocatalizadores de alta eficacia.....	19
Figura 8. Procesamiento en la industria textil, generación de aguas residuales, toxicidad y diversos enfoques de tratamiento.....	21
Figura 9. La Evolución de las Fibras: Desde la antigüedad hasta la era moderna ..	23
Figura 10. Grado de sostenibilidad para cada I4.0T a lo largo de las tres dimensiones de sostenibilidad.....	25
Figura 11. Ilustración esquemática del textil	27
Figura 12. Archivo importado al software de la impresora ideaMaker© 4.2.0	28
Figura 13. Contenedor de recolección de ropa con sensores, sensor de distancia láser y un servidor local.....	30
Figura 14. Cinco tipos de gobernanza de la cadena de valor global	31
Figura 15. Modelo basado en Modelado Estructural Interpretativo (ISM).....	33
Figura 16. Red de coocurrencia de términos en la producción científica relacionados a Perú	35



Figura 17. Nube de palabras 15 elementos de VOSviewer	36
Figura 18. Colorante Red-G.....	40
Figura 19. Instrumento medidor de fibras acoplado a un ordenador portátil para evaluar fibras de lana, mohair, alpaca y vicuña	41
Figura 20. Diagrama de caja de pH, OD, DQO, turbidez y color en función de nueve tratamientos y el control (cuadro rojo)	42
Figura 21. Diagrama del equipo de cavitación hidrodinámica	44
Figura 22. Modelo de investigación e hipótesis.....	45
Figura 23. Keywords de búsqueda de patentes en Lens.....	47
Figura 24. Rodamiento sin aro interior	50
Figura 25. Aditivo antimicrobiano.....	51
Figura 26. Diagrama que ilustra las limitaciones de la visión por computadora y/o Machine Learning	52
Figura 27. Vista en alzado frontal de una realización.....	54
Figura 28. Fuente de alto voltaje, aguja hipodérmica y esponja conductora	56
Figura 29. Método para ignifugar y teñir un tejido	59
Figura 30. Proyectos de investigación científica de Prociencia en Cifras.....	61

Índice de tablas

Tabla 1. Construcción de palabras claves.....	10
Tabla 2. Agrupación de artículos científicos	17
Tabla 3. Agrupación de artículos científicos relacionados al Perú.....	37
Tabla 4. Agrupación de patentes.....	48



El sector textil en el mundo

En el mundo, en el periodo comprendido entre 2016 y 2020, según el Ministerio de Producción (2022) hubo un aumento anual del 3% en el valor de la producción global del sector, alcanzando los \$66,061 millones en 2020. En primer lugar, China destaca como el principal país productor/exportador de textiles y confecciones, representando por sí solo el 23% de la producción mundial, sigue Bangladesh con un 14%, Hong Kong, Turquía, Vietnam y la India figuran en los primeros lugares del ranking mundial.

Por otro lado, los tres países exportadores de textiles y prendas de vestir que representaron una parte considerable del comercio global, respecto al Atlas de Complejidad Económica de Harvard (2024) en el año 2020, en Asia fueron China, Vietnam y Bangladesh. Asimismo, en Europa fueron: Alemania, Italia y Polonia. Por otro lado, en América fueron: Estados Unidos, México y Canadá. Por otro lado, respecto a importaciones de textiles y prendas de vestir, las tres naciones en el comercio global en el contexto europeo, fueron Alemania, Reino Unido y Francia. En la región de Asia, Japón, China y Vietnam destacaron como los principales importadores de productos textiles. Mientras tanto, en América, Estados Unidos, Canadá y México ocuparon posiciones destacadas como importadores de productos textiles.



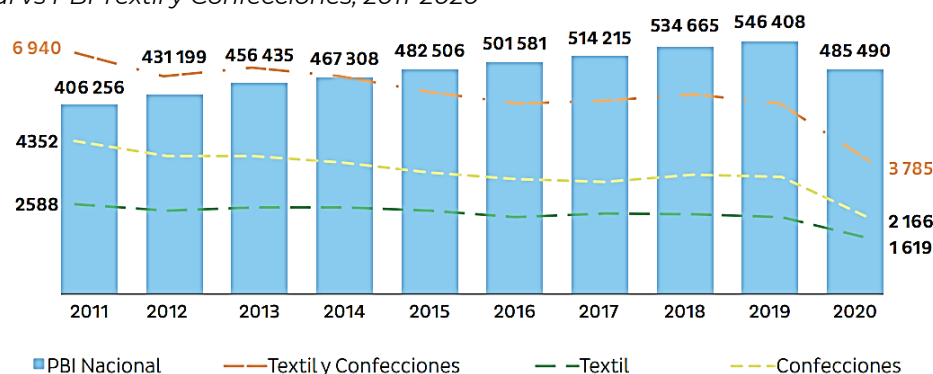
El sector textil en el Perú

En Perú, el sector Textil y de Confecciones juega un papel importante en la economía, evidenciándose en diversos aspectos como en la distribución de empresas legalmente constituidas y en la creación de empleo formal; por lo tanto, dichos aspectos convierten al sector en un actor central para la generación de nuevos emprendimientos y creación de puestos de trabajo. En particular, las empresas formales del sector pertenecen en su mayoría a la industria de Confecciones (66%) y en menor proporción a la industria Textil (34%), dicho sector genera alrededor de 317 mil empleos formales, aunque el empleo informal asciende a 76% en el 2020. En cuanto a la última década, el aporte del sector Textil y Confecciones en el Perú ha caído significativamente, especialmente en el año 2020 lo cual se puede apreciar en la figura 1. Así, de lo que en 2011 llegó a significar el 1.7% del PBI Nacional y el 10.9% del PBI Manufacturero, para el 2020 solo representaba el 0.8% del PBI Nacional y el 6.3% del PBI Manufacturero. (Ministerio de la Producción, 2022)

7

Figura 1

PBI Nacional vs PBI Textil y Confecciones, 2011-2020



Nota. El gráfico representa el Producto Bruto Interno (PBI), del sector Textil y Confecciones en millones de soles. Tomado del Ministerio de la Producción (p. 28), 2022, (<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/1065-estudio-de-investigacion-sectorial-sector-textil-y-confecciones-2020>).

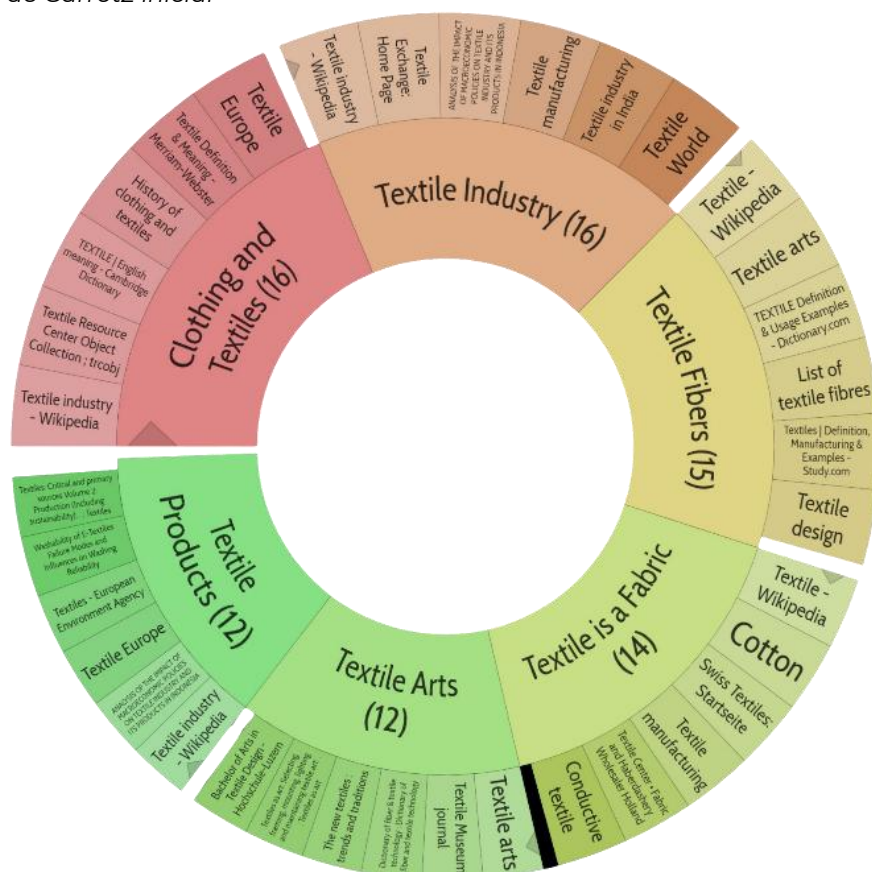


1. Artículos científicos



Contar con un gráfico que coadyuve a la formulación de ecuación es esencial para ello empleamos el motor de búsqueda denominado *Carrot2*, el motor de búsqueda está basado en un conjunto de máquinas desarrollado a partir del proyecto de código abierto de Stanisław Osiński y Dawid Weiss, la palabra clave empleada al inicio fue "textile", los temas destacados fueron: "*Clothing and textiles* (16)", "*Textile industry* (16)", "*Textile fibers* (15)", "*Textile is a fabric* (14)", "*Textile arts* (12)" y "*Textile products* (12)", según la figura 2. Cada uno de estos números, refleja la cantidad de resultados asociados a cada tema.

Figura 2
Gráfico circular de Carrot2 inicial



Nota. El gráfico muestra la búsqueda realizada de la palabra clave "Textil". Tomado de Carrot2, 2023, (<https://search.carrot2.org>).



Las palabras identificadas y seleccionadas para llevar a cabo la investigación, por tener la mayor cantidad de resultados en *Carrot2*, pueden visualizarse en la tabla 1. Asimismo, se añadió sus traducciones al inglés y sus sinónimos correspondientes:

Tabla 1

Construcción de palabras claves

Término en español	Término en inglés	Sinónimo
Textil	<i>Textile</i>	<i>Apparel</i>
Industria	<i>Industry</i>	<i>Production</i>
Ropa	<i>Clothes</i>	<i>Garment</i>

Nota. Adaptado de búsqueda realizada de la palabra clave "Textil", 2023, (<https://search.carrot2.org>).

Finalmente, a partir de la búsqueda en *Carrot2* ha permitido mejorar la ecuación de búsqueda, la ecuación examinada es la siguiente: ***"(Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno**"***. Esto consiste en la unión de las palabras clave mediante operadores booleanos. Las palabras "*Cloth*" y "*Techno*" tienen el atributo especial de asterisco (*) para buscar la raíz de la palabra clave.

1.1. Producción científica a nivel global

Al utilizar el motor de búsqueda *Carrot2* y realizar una búsqueda con la ecuación clave ***"(Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno**"***, destacaron los siguientes temas: "*Clothing Technology* (12)", "*Clothing Industry* (11)", "*Techno* (11)", "*Sector* (10)", "*Technical Textile* (8)" y "*Apparel Manufacturing* (7)". Cada número mencionado refleja la cantidad de resultados vinculados a cada tema, según la figura 3.



Figura 3

Gráfico circular de Carrot2 final



Nota. El gráfico muestra la búsqueda realizada de las palabras claves utilizadas en la ecuación ("Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno*"). Tomado de Carrot2, 2023, (<https://search.carrot2.org>).



1.1.1. Red de coocurrencia

La red de coocurrencia elaborada en VOSviewer mediante el análisis de 71 items el 02 de julio de 2024, de 6,673 artículos de la fuente *Scopus* comprendidos entre los años 2003 y 2023. Este proceso condujo a la formación de 3 clústeres temáticos, según la figura 4. Para dar una visión detallada de estos clústeres, enumeramos elementos importantes de cada uno. El primer clúster identificado por el color rojo refleja procesos textiles e impacto ambiental, está compuesto por 36 elementos, abarca áreas como resistencia a la abrasión, teñido, consumo de energía, medio ambiente, lo cual es crucial para el desarrollo sostenible y la eficiencia operativa. La importancia radica en que abarca todo el ciclo de producción, desde la selección de materiales y el teñido hasta el control de calidad y el control de la contaminación. La sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental son temas centrales en la industria moderna.

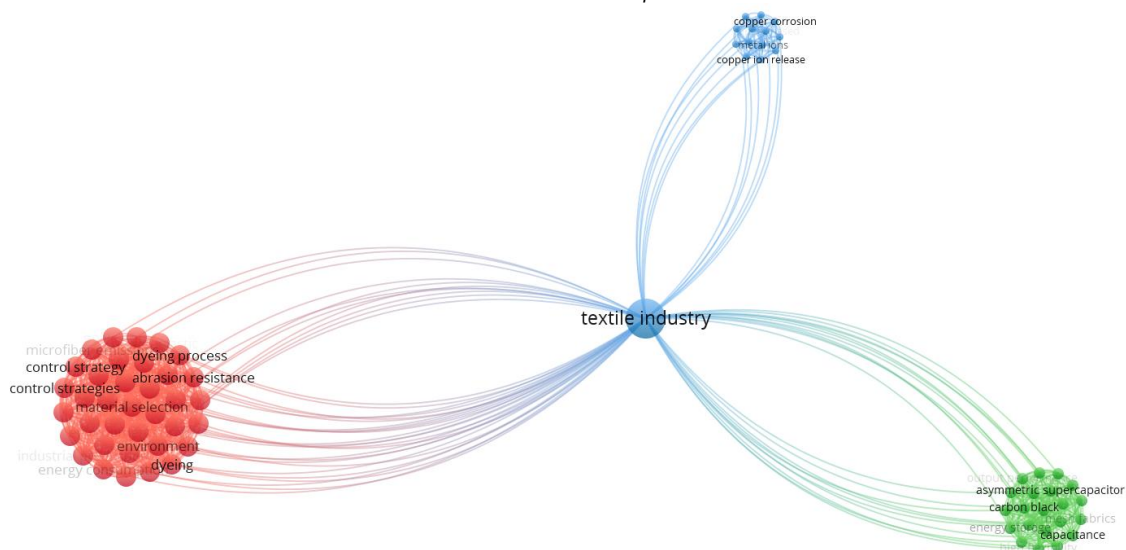
El clúster de color verde, con 21 elementos, aborda principalmente cuestiones de textiles avanzados y tecnologías inteligentes. Incluye términos como supercapacitor, malla de acero inoxidable y textil inteligente. La relevancia de este clúster radica en su potencial para revolucionar la industria textil mediante la incorporación de tecnología de vanguardia, lo cual abre nuevas oportunidades de mercado en áreas como la tecnología portátil y los textiles inteligentes.



El clúster de color azul y con 18 elementos, aborda temas como corrosión de cobre, liberación de iones de cobre, coronavirus y nanopartículas metálicas, subrayando la creciente integración de la nanotecnología y materiales avanzados en la producción textil para la protección personal, los términos aquí reflejan la relevancia de los textiles en la lucha contra enfermedades y la innovación en materiales.

Figura 4

Red de coocurrencia de términos de los artículos de Scopus



Nota. Tomado de VOSviewer, 2024, (<https://www.vosviewer.com/>).

En la presente red de coocurrencia puede observarse una diversidad de clústeres que abordan distintos aspectos de la industria textil y sus intersecciones con la tecnología y la sostenibilidad. Esto refleja la amplitud de temas de relevancia en la investigación, desde la aplicación de tecnologías emergentes en la confección hasta las preocupaciones medioambientales y temas de la industria textil frente a eventos globales como la pandemia de COVID-19. Por ello, la identificación del clúster proporciona una visión estructurada y categorizada de las áreas clave de investigación.



1.1.2. Nube de palabras

Los seis temas relevantes de la nube de palabras, según la figura 5, son los siguientes: textil, industria, nanopartículas, plata, tecnología y producción

Figura 5
Nube de palabras



Nota. Imagen que muestra la frecuencia del uso de palabras clave en los artículos de Scopus período 2003-2023, aplicando la herramienta Orange. Adaptado de *Orange Data Mining*, 2023, (<https://orangedatamining.com/>).

1.1.3. Países líderes

En el ámbito de la investigación y producción de documentos, según información obtenida por *Scopus*, y puede apreciarse en la figura 6, China se destaca como líder con 958 documentos. El documento más citado de acceso libre en China, relacionado con la Industria 4.0, tiene 686 citaciones. En segundo lugar, se encuentra India con 673 documentos, y su documento más citado de acceso libre, relacionado con métodos biológicos para la eliminación de tintes textiles de aguas residuales, tiene 591 citaciones. Por su parte, Estados Unidos ocupa el tercer lugar con 553 documentos; su documento más citado de acceso libre, enfocado en la gobernanza de las cadenas globales de valor, cuenta con 4456 citaciones.



En cuarto lugar, está Alemania que cuenta con 369 documentos, y su documento más citado de acceso libre, relacionado con fotocatalizadores de alta eficiencia, tiene 704 citas. A continuación, Reino Unido, tiene 295 documentos y su documento más citado de acceso libre está relacionado con la seguridad ambiental, acumulando 504 citas. Finalmente, Rusia presenta 201 documentos, con su documento más citado de acceso libre, relacionado con el tratamiento de agua, teniendo 42 citas.

Por lo tanto, China lidera en cantidad de artículos, India muestra un interés significativo en problemas ambientales específicos, respecto a Estados Unidos destaca su influencia en la formulación de políticas y estrategias a nivel global. Alemania está posicionada como un país líder en fotocatalizadores, Reino Unido con su contribución a la seguridad ambiental, lo cual es fundamental para abordar preocupaciones globales sobre sostenibilidad y protección al medio ambiente.

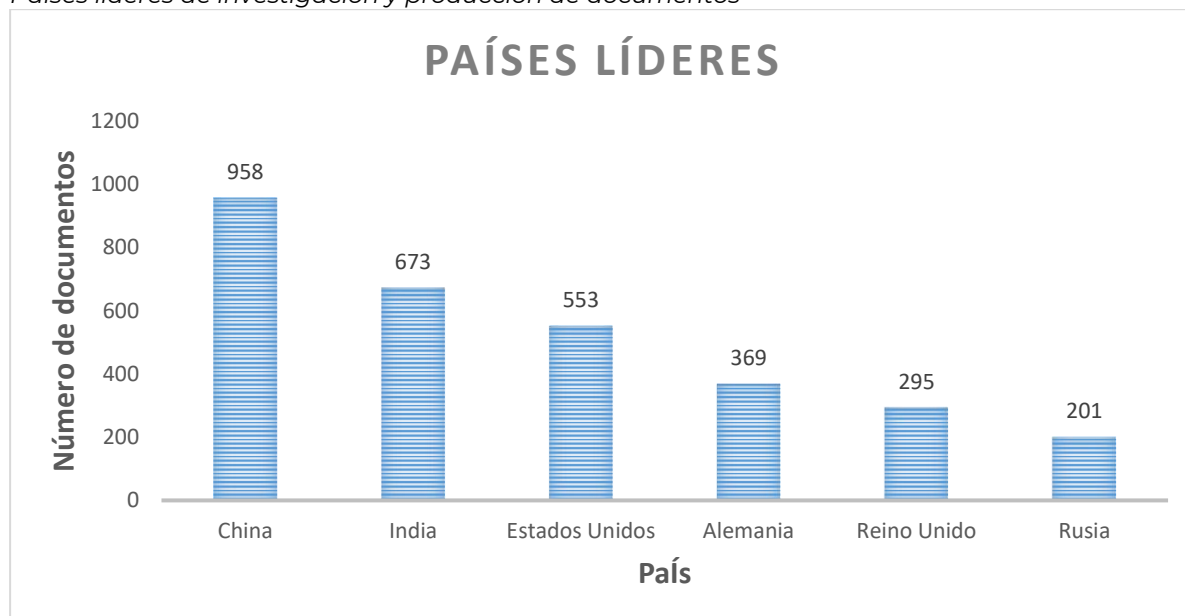
15

En conjunto, estos análisis muestran cómo diferentes países están enfocando sus esfuerzos de investigación en áreas clave que abarcan desde tecnologías avanzadas e innovación industrial hasta soluciones ambientales y de gobernanza global. Cada país contribuye de manera única al panorama global de la investigación científica y tecnológica, reflejando sus prioridades nacionales y capacidades investigativas.



Figura 6

Países líderes de investigación y producción de documentos



Nota. Elaboración propia con información obtenida de Scopus, 2024, (<https://www.scopus.com>).

1.1.4. Artículos científicos

16

En esta sección se encuentran los artículos científicos que destacaron con mayor número de citas y son de libre acceso. Asimismo, hay artículos científicos relacionados a los mismos los cuales pueden visualizarse en la tabla 2 como también el objetivo de cada uno de ellos, estos objetivos detallan los enfoques específicos de cada artículo científico y proporcionan una visión clara de los temas de investigación abordados por cada uno, agrupándolos en áreas como “materia prima y procesamiento”, “diseño y producción” y “comercialización”.



Tabla 2

Agrupación de artículos científicos

Agrupación	Artículo científico	Objetivo
Materia prima y procesamiento	Capas de nanotubos de TiO_2 , autoorganizados como fotocalizadores de alta eficiencia	Demostrar que estas capas nanotubulares de TiO_2 de alta relación de aspecto poseen excelentes propiedades fotocatalíticas que se mejoran significativamente en comparación con las capas nanoparticuladas.
	Preocupaciones ecotoxicológicas y sanitarias de los contaminantes colorantes persistentes de las aguas residuales de la industria textil y enfoques de tratamiento para la seguridad ambiental	Hacer hincapié en los diferentes procesos de la industria textil, la generación de aguas residuales, su naturaleza y composición química, los impactos ambientales y los riesgos para la salud y los enfoques de tratamiento disponibles para el tratamiento de las aguas residuales industriales. Además, presentar técnicas analíticas utilizadas para detectar y caracterizar los
	Química y tecnología de fibras, sus contribuciones a la configuración de la Sociedad 5.0	Destacar las contribuciones de las fibras a la configuración de la Sociedad 5.0 y sus modificaciones y su papel en la provisión de un medio ambiente sostenible.
Diseño y producción	Evaluación de tecnologías de la industria 4.0: una perspectiva de sostenibilidad	Informar del primer ejemplo de tratamiento de agua bajo cavitación hidrodinámica simultánea y descarga de plasma con la generación intensa de radicales, luz UV, ondas de choque y partículas cargadas.
	Supercondensador textil inteligente para sistema de almacenamiento de energía portátil	Comparar la estructura textil como dispositivo flexible de almacenamiento de energía.
	Investigación experimental del comportamiento de autolimpieza de tejidos	Analizar el impacto de los parámetros de impresión primarios en los atributos de autolimpieza, incluida la



Agrupación	Artículo científico	Objetivo
	textiles impresos en 3D con diversos parámetros de impresión	tasa de llenado, la tasa de flujo, la temperatura de impresión, la velocidad de impresión y la aceleración de impresión.
Comercializa- ción	Sistema inteligente de recolección de residuos textiles: optimización dinámica de rutas con Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés)	Proporcionar información sobre el potencial del uso de sensores de contenedores inteligentes y la optimización de rutas desde una perspectiva económica y ambiental.
	Gobernanza de las cadenas globales de valor	Explicar los patrones de gobernanza en las cadenas globales de valor.
	Gestión del conocimiento en la gestión sostenible de la cadena de suministro: Mejorando el rendimiento mediante un enfoque de modelado estructural interpretativo.	Identificar los elementos claves y de conducción de Gestión del conocimiento en la gestión sostenible de la cadena de suministro.

Nota. Adaptado de la información obtenida de Scopus, 2024, (<https://www.scopus.com/search/form.uri>).

A continuación, son presentados los nueve (09) artículos de la tabla 2:

a. **Capas de nanotubos de TiO_2 , autoorganizados como fotocalizadores de alta eficiencia**

En este trabajo, Macak. et. al. (2007) demuestran que las capas nanotubulares de TiO_2 con una alta relación de aspecto presentan propiedades fotocatalíticas excepcionales que superan notablemente a las de las capas nanoparticuladas. La figura 7 ilustra el principio de la descomposición fotocatalítica en un electrodo semiconductor. Los fotones provenientes de una fuente de luz con suficiente energía, superior a la brecha energética (E_g) del semiconductor, exacerbando a los electrones de la banda de valencia hacia la banda de conducción, creando portadores de carga (un hueco h^+ y un electrón e^-).



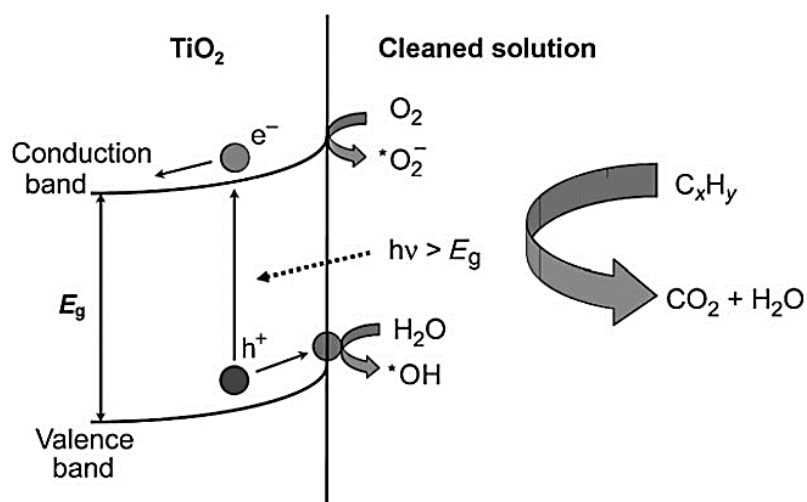
Estos portadores de carga pueden recombinarse dentro de la partícula o migrar a la superficie, donde reaccionan con las moléculas adsorbidas. En soluciones acuosas, los huecos positivos de la banda de valencia generan radicales hidroxilos ($\text{HO}\cdot$, por sus siglas en inglés), mientras que los electrones de la banda de conducción tienden a reducir el oxígeno molecular disuelto a aniones radicales superóxido (O_2^-).

Las moléculas orgánicas en la solución pueden reaccionar con estos agentes oxidantes, induciendo su degradación oxidativa a compuestos inorgánicos, como dióxido de carbono y agua. Para alcanzar la máxima eficiencia en la descomposición, se requiere no solo una adecuada posición de los bordes de banda, separación rápida de cargas y altos rendimientos cuánticos, sino también una gran superficie de catalizador.

19

Figura 7

Capas autoorganizadas de nanotubos de TiO_2 como fotocatalizadores de alta eficacia



Nota. Principios de la descomposición fotocatalítica en semiconductores para superficies de TiO_2 . Los fotones excitan electrones de la banda de valencia a una banda de conducción que forma un par electrón-hueco ($e-h^+$). Este portador de carga puede recombinarse en el bulto o migrar a la superficie y reaccionar con las especies adsorbidas, conduciendo a su descomposición por oxidación directa sobre los huecos, o por radicales $\text{HO}\cdot$ y $\text{CO}_2\cdot$. Tomado de “Self-Organized TiO_2 Nanotube Layers as Highly Efficient Photocatalysts” (p.1) por Macak. et. al., 2007, Small, (<https://doi.org/10.1002/smll.200600426>).



b. Preocupaciones ecotoxicológicas y sanitarias de los contaminantes colorantes persistentes de las aguas residuales de la industria textil y enfoques de tratamiento para la seguridad ambiental

En el presente estudio, Kishor, R. et. al. (2021) menciona que, las aguas residuales de la industria textil (TIWW, por sus siglas en inglés) son consideradas entre los contaminantes más perjudiciales para las ecologías acuáticas y terrestres. Estas aguas contienen sustancias que pueden ser cancerígenas, mutagénicas, genotóxicas, citotóxicas y alergénicas para los seres vivos.

En su composición se encuentran contaminantes persistentes como colorantes (tintes), formaldehído, ftalatos, fenoles, tensioactivos, ácido perfluorooctanoico (PFOA), pentaclorofenol y diversos metales pesados, tales como plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), zinc (Zn) y níquel (Ni), entre otros. Las TIWW presentan una elevada concentración de colorantes, pH alto, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), carbono orgánico total (COT), cloruros y sulfatos.

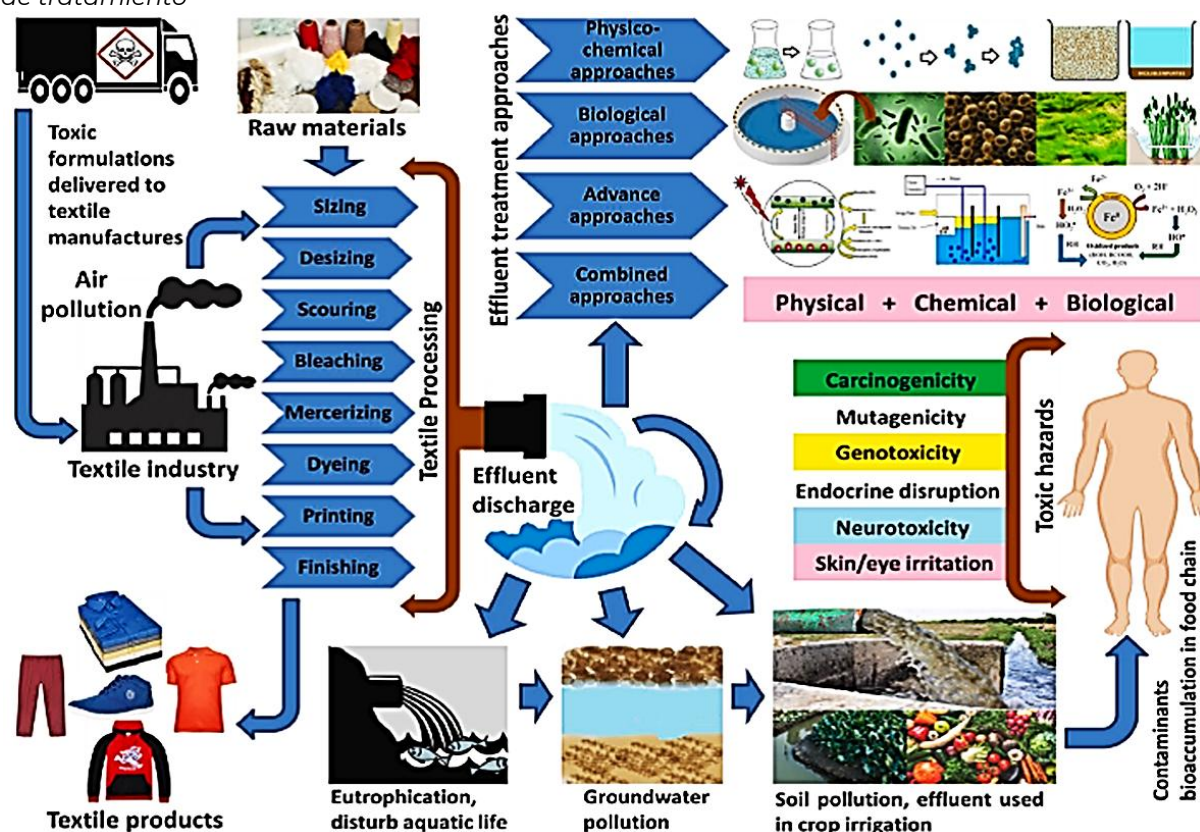
Por lo tanto, es necesario tratarlas adecuadamente antes de su liberación en cuerpos de agua para salvaguardar la salud pública y el medio ambiente. El tratamiento de estas aguas residuales representa un gran reto, ya que no existe un método de tratamiento que sea económicamente viable y eficaz. Es crucial desarrollar una tecnología nueva, rentable y amigable con el medio ambiente para el tratamiento adecuado de las TIWW.



Este documento de revisión se centra en los diversos procesos de la industria textil, la generación de aguas residuales, su naturaleza y composición química, los impactos ambientales y los riesgos para la salud, así como en los métodos de tratamiento disponibles para las TIWW, según la figura 8. Además, describe varias técnicas analíticas empleadas para detectar y caracterizar los contaminantes presentes en las TIWW y sus metabolitos, y aborda los desafíos, las cuestiones clave y las perspectivas futuras en este campo.

Figura 8

Procesamiento en la industria textil, generación de aguas residuales, toxicidad y diversos enfoques de tratamiento



Nota. Tomado de "Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety" (p.2) por Kishor, R., et. al., 2021, Journal of environmental chemical engineering, (<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>).



c. [Química y tecnología de fibras, sus contribuciones a la configuración de la Sociedad 5.0](#)

El artículo analiza la Sociedad 5.0, que busca redefinir la relación entre sociedad y tecnología mediante la transformación digital. Según Al Maadeed y Ponnamma (2023), la tecnología de las fibras desempeña un papel fundamental en la configuración de una Sociedad 5.0 sostenible e inteligente, destacando la importancia de la química en la adaptación de las fibras para aplicaciones avanzadas y la necesidad de una mayor integración en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La presente investigación, destaca el papel esencial de la tecnología de fibras en alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, resaltando la necesidad de normativas, políticas y educación. Además, menciona la importancia de ajustar la química superficial de las fibras para abordar los desafíos actuales y mejorar su tecnología a largo plazo. Asimismo, enfatiza la integración de la tecnología de fibras en aplicaciones relacionadas con los ODS y la necesidad de formación científica avanzada. Por otra parte, destacan los desafíos en la producción de tecnología de fibra y la importancia de que los científicos comprendan el sistema socioeconómico para impactar en la sociedad.

En resumen, el texto subraya la relevancia de las fibras en la Sociedad 5.0, la necesidad de avanzar en su tecnología y la importancia de la formación científica y la colaboración interdisciplinaria para lograr una sociedad sostenible y de alta calidad.



Las fibras han sido esenciales en diversas áreas tecnológicas a lo largo de la historia, como la aeronáutica, medicina, militar, electrónica y textil, satisfaciendo necesidades básicas humanas como abrigo y vestimenta. Desde el uso de fibras animales por cazadores hasta las fibras vegetales por agricultores, su uso ha evolucionado con el tiempo. La revolución industrial marcó un cambio significativo en la fabricación de fibras, desde el algodón hasta las modernas fibras ópticas y fibras inteligentes, según la figura 9.

Figura 9

La Evolución de las Fibras: Desde la antigüedad hasta la era moderna



Nota. Tomado de "Fiber chemistry and technology: their contributions to shaping Society 5.0." (p.3) por Al Maadeed, M.A.A.; Ponnamm, D., 2023, Discover Nano, (<https://doi.org/10.1186/s11671-023-03888-4>).

d. Evaluación de tecnologías de la industria 4.0: una perspectiva de sostenibilidad

Tal como lo señala Bai et. al. (2020), la cuarta revolución industrial, conocida también como Industria 4.0, fue desarrollada gracias a las tecnologías emergentes y disruptivas de información e inteligencia. Estas nuevas tecnologías están incrementando la eficiencia de producción a niveles sin precedentes y tienen el potencial de impactar significativamente en el desarrollo sostenible social y ambiental.



Es fundamental que las organizaciones analicen cómo estas tecnologías pueden contribuir a la sostenibilidad, según la figura 10. Sin embargo, en la literatura académica y profesional aún faltan guías suficientes. Este estudio investiga en profundidad las tecnologías de la Industria 4.0 en términos de su aplicación y sus implicaciones para la sostenibilidad.

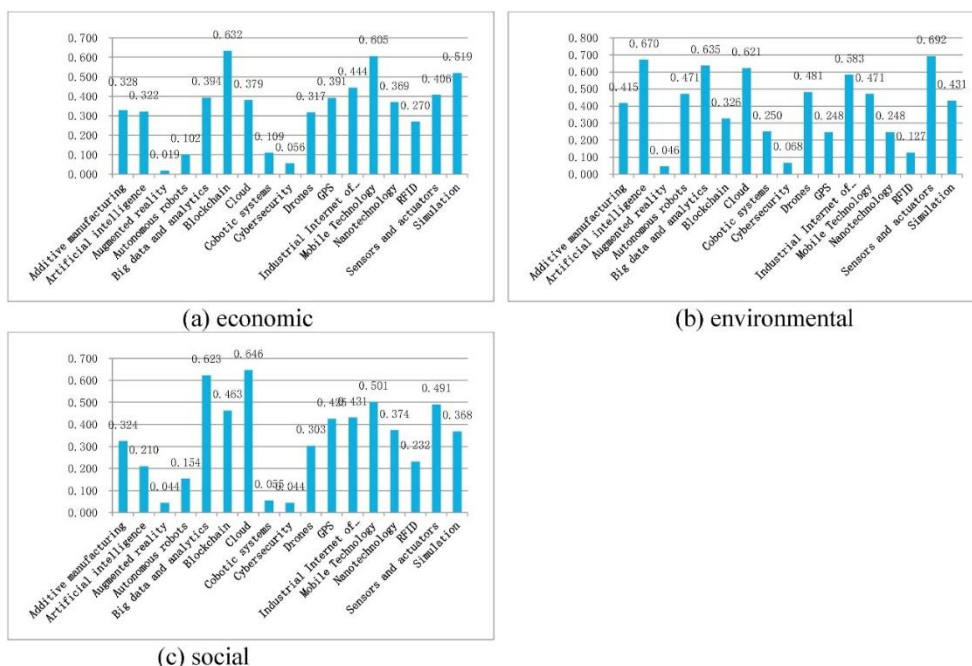
Proponen un marco de medidas de sostenibilidad basado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, incorporando atributos económicos, ambientales y sociales. Además, han desarrollado un método híbrido de decisión que integra conjuntos difusos vacilantes, teoría de perspectiva acumulativa y VIKOR. Este método puede evaluar de manera efectiva las tecnologías de la Industria 4.0 según su rendimiento y aplicación sostenibles. Utilizan datos secundarios de un informe del Foro Económico Mundial para aplicar el método.

Los resultados indican que la tecnología móvil tiene el mayor impacto en la sostenibilidad en todas las industrias, mientras que la nanotecnología, la tecnología móvil, la simulación y los drones tienen un impacto considerable en la sostenibilidad de las industrias automotriz, electrónica, de alimentos y bebidas, y textil, de indumentaria y calzado, respectivamente. Recomiendan que se adopten tecnologías de la Industria 4.0 para mejorar la sostenibilidad, pero cada tecnología debe ser evaluada cuidadosamente, ya que su impacto varía según la industria y la dimensión de la sostenibilidad. Finalmente, que la inversión en estas tecnologías debe priorizarse y promoverse adecuadamente.



Figura 10

Grado de sostenibilidad para cada I4.OT a lo largo de las tres dimensiones de sostenibilidad



Nota. Tomado de "Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective" (p.12) por Bai, C. & et. al., 2023, International journal of production economics, (<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>).

e. Supercondensador textil inteligente para sistema de almacenamiento de energía portátil

Según el estudio realizado por Khan et al. (2023), los supercondensadores textiles inteligentes, desarrollados mediante tecnología de cosido bordado en tejidos de malla de plata y acero inoxidable, según la figura 11, presentan una gran flexibilidad y estabilidad en la fabricación, lo que los convierte en una opción prometedora para sistemas de almacenamiento de energía portátiles.

La presente investigación empleó una pasta de óxido de grafeno-manganeso-dióxido modificado para los electrodos. Estos supercondensadores textiles ofrecen alta densidad de potencia, largo ciclo de vida y estabilidad, como alternativa a las baterías convencionales. La estructura porosa de los textiles permite mantener la conductividad eléctrica incluso bajo deformación, y factores clave para mejorar la



densidad energética incluyen nanomateriales funcionales, diseños textiles y procesos innovadores. El estudio destaca la importancia de estos supercondensadores textiles en aplicaciones de sensores inteligentes y su integración en la indumentaria.

En la sección de Resultados y Debate, describe la fabricación de electrodos de supercondensadores utilizando tejidos de malla textil de plata y acero inoxidable mediante la tecnología de cosido por bordado. Esta técnica permite una alta porosidad y área superficial en los electrodos, mejorando la capacidad de almacenamiento de energía. Asimismo, utilizó una pasta conductora de óxido de grafeno y dióxido de manganeso para recubrir las superficies de los tejidos de malla, creando electrodos eficientes de supercondensadores.

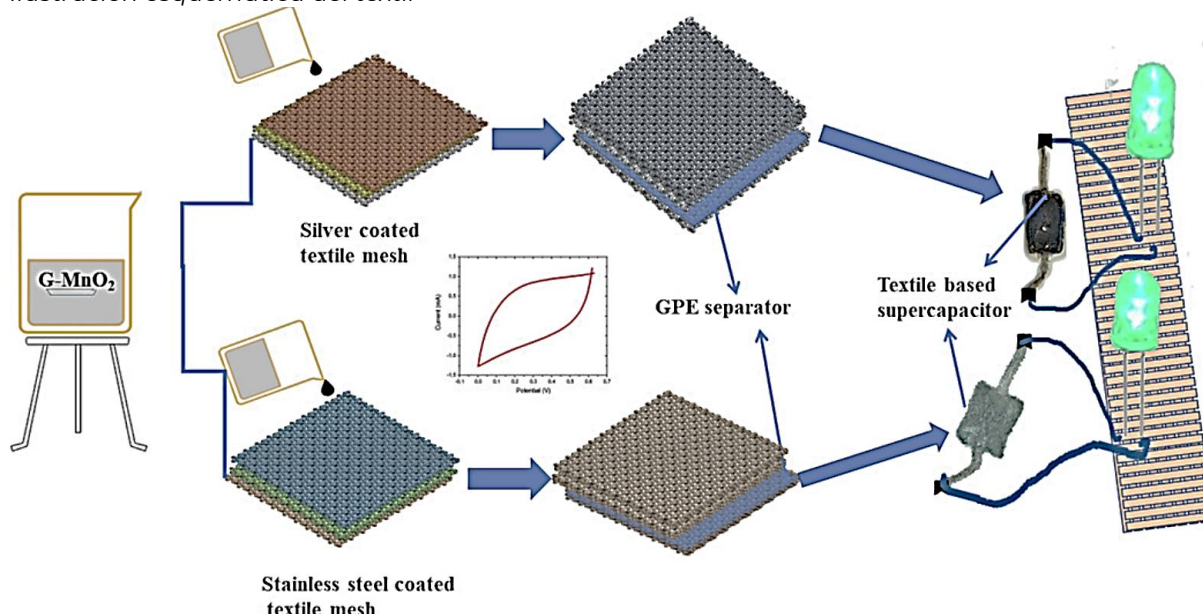
26

Además, observó que la resistividad de las superficies de malla de plata y acero inoxidable variaba con la carga de material activo, mostrando una buena estabilidad mecánica. Finalmente, destacó que la estructura porosa de los textiles permitía mantener la conductividad eléctrica incluso bajo deformación, lo que es crucial para aplicaciones portátiles y flexibles de almacenamiento de energía.



Figura 11

Ilustración esquemática del textil



Nota. Adaptado de "Smart-textile supercapacitor for wearable energy storage system" (p.3) por A. Khan. G.Graber. G.Gossain, 2023, *Journal of Energy Storage*, (<https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108963>).

f. Investigación experimental del comportamiento de autolimpieza de tejidos textiles impresos en 3D con diversos parámetros de impresión

27

Según la presente investigación realizada por Chan et al. (2023) menciona que la autolimpieza de tejidos textiles está definida como la capacidad de eliminar las partículas contaminantes de la superficie del tejido sin necesidad de una fuente externa. Asimismo, que la aplicación de esta tecnología es beneficiosa para el medio ambiente, debido a que conserva agua, energía y costos de lavandería.

Destacan que, los avances recientes en la tecnología de impresión 3D han revolucionado la fabricación de tejidos textiles, pero presentan desafíos en autolimpieza, debido a que los métodos anteriores basados en recubrimientos químicos no son útiles para tejidos impresos. Este documento tiene como objetivo analizar el impacto de los parámetros de impresión primarios en los atributos de autolimpieza. En ese sentido, el modelo de tela fue diseñado con *SolidWorks*© 2021

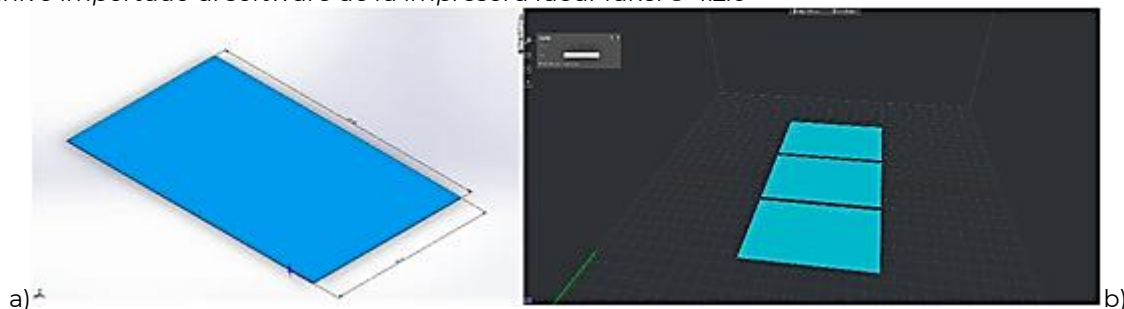


y exportado como un archivo STL. El archivo fue importado al software de la impresora *ideaMaker*® 4.2.0, como se muestra en la figura 12 (a y b), respectivamente. Del cual, ha establecido con éxito un modelo de regresión lineal para demostrar la relación entre los parámetros secundarios de impresión 3D y las propiedades de autolimpieza de diferentes tejidos poliméricos.

Los datos obtenidos de los experimentos sirvieron para que desarrollen un polinomio de regresión que permite cuantificar el comportamiento autolimpiante del tejido de poliuretano termoplástico (*TPU*, por sus siglas en inglés) seleccionado. Estos modelos fueron validados mediante pruebas experimentales con el objetivo de identificar los valores críticos de los parámetros principales necesarios para lograr un comportamiento autolimpiante óptimo. Finalmente, los resultados obtenidos indicaron que la tasa de flujo fue el parámetro más significativo y que todos los parámetros afectaron la humectabilidad del tejido de *TPU* seleccionado casi por igual.

Figura 12

Archivo importado al software de la impresora *ideaMaker*® 4.2.0



Nota. (a) Modelo CAD de la muestra de tejido textil (b) La vista previa de las muestras impresas en Idea Maker. Tomado de “*Experimental investigation of self-cleaning behaviour of 3D-printed textile fabrics with various printing parameters.*”, (p.3) por Chan, K. P., He, F., Atwah, A. A., & Khan, M., 2023, Polymer Testing, (<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.107941>).



g. Sistema inteligente de recopilación de residuos textiles - Optimización dinámica de rutas con Internet de las cosas

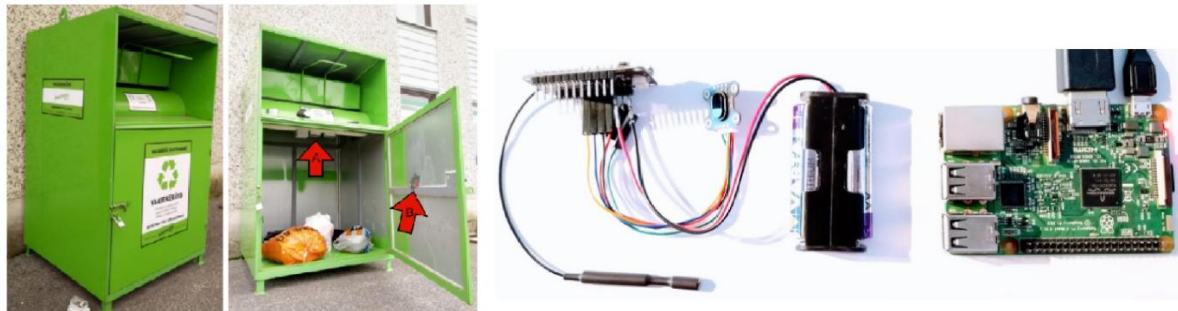
La presente investigación menciona que el aumento de la producción textil está asociado con una carga ambiental que puede reducirse con un sistema de reciclaje mejorado mediante la digitalización. Según el estudio realizado por Martikkala et al. (2023), menciona que su investigación demuestra la mejora del rendimiento del sistema mediante la vinculación de contenedores inteligentes de recopilación de residuos textiles y un sistema de optimización dinámica de rutas.

El monitoreo del contenedor estuvo basado en el uso de los sensores láser de bajo costo basados en *CubeCell* y el servidor *Raspberry Pi* que se muestran en la figura 13. No obstante, los datos fueron recopilados con éxito durante un período de prueba de seis meses, de enero a julio. Sin embargo, las continuas pruebas demostraron que los sensores pueden funcionar sin cambiar la batería durante más de doce meses. El sensor dentro del contenedor móvil también recopiló datos durante seis meses, pero el contenedor no se utilizó durante el período de recolección. En total, durante el período de prueba de seis meses recogieron datos valiosos con tres sensores. Finalmente, los resultados de este estudio muestran cómo un sistema de recopilación dinámica mejorado con sensores redujo los costos en un 7.4% en comparación con el sistema convencional.



Figura 13

Contenedor de recolección de ropa con sensores, sensor de distancia láser y un servidor local



Nota. Tomado de “Smart textile waste collection system – Dynamic route optimization with IoT” (p.5) por Martikkala, A., Mayanti, B., Helo, P., Lobov, A., & Ituarte, I. F., 2023, Journal of Environmental Management, (<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117548>).

h. Gobernanza de las cadenas globales de valor

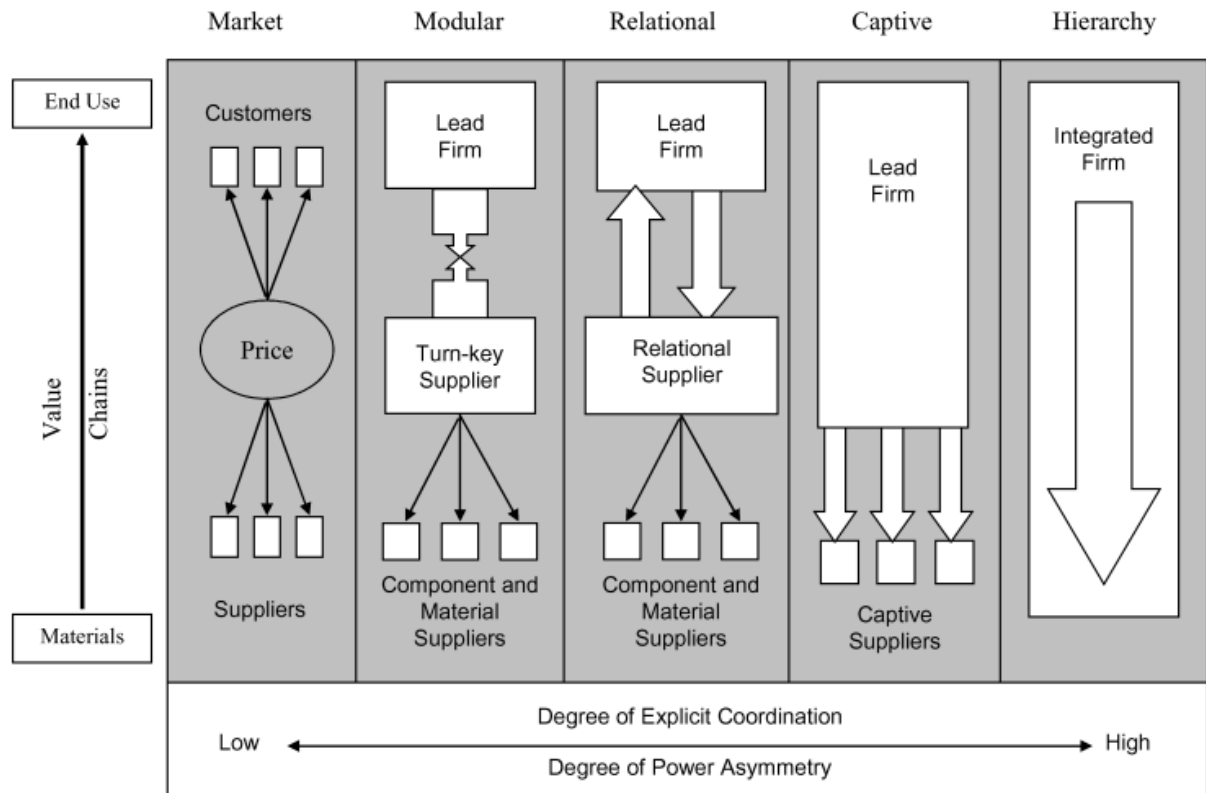
Este artículo según lo estipulado por Gereffi, G. et. al. (2005) desarrolla un marco teórico para explicar los patrones de gobernanza en las cadenas de valor globales. Integra tres corrientes de literatura –la economía de los costos de transacción, las redes de producción y la capacidad tecnológica y el aprendizaje a nivel empresarial– para identificar tres variables cruciales que influyen en la gobernanza y evolución de las cadenas de valor globales.

Estas variables son: (1) la complejidad de las transacciones, (2) la capacidad de codificar transacciones y (3) las capacidades en la base de suministro. La teoría propuesta identifica cinco tipos de gobernanza en las cadenas de valor globales, según la figura 14, –jerárquica, cautiva, relacional, modular y de mercado– que varían en cuanto a los niveles de coordinación explícita y asimetría de poder. El artículo subraya la naturaleza dinámica y superpuesta de la gobernanza en las cadenas de valor globales mediante cuatro breves estudios de caso en las industrias de bicicletas, indumentaria, horticultura y electrónica.



Figura 14

Cinco tipos de gobernanza de la cadena de valor global



Nota. Tomado de "The governance of global value chains" (p.12) por Gereffi, G. et. al., 2005, Review of international political economy, (<https://doi.org/10.1080/09692290500049805>).

i. **Gestión del conocimiento en la gestión sostenible de la cadena de suministro: Mejorando el rendimiento mediante un enfoque de modelado estructural interpretativo**

De acuerdo con el estudio realizado por Lim et al. (2017), la gestión sostenible de la cadena de suministro (SSCM, por sus siglas en inglés) es un elemento vital para lograr ventajas competitivas en la administración empresarial, y la gestión del conocimiento, es considerado un habilitador clave. Por ello, este estudio propone un conjunto de medidas y métodos de modelado estructural interpretativo (ISM, por sus siglas en inglés) para identificar las fuerzas impulsoras y de dependencia en la SSCM en el contexto de la gestión del conocimiento.



El estudio del ISM ha proporcionado algunas observaciones útiles en relación con atributos clave para identificar criterios de mejora del desempeño, según la figura 15. Es esencial que las empresas obtengan comunicación (C14) entre sus socios de la cadena de suministro para lograr la SSCM. Además de eso, la comunicación también se ve afectada, por ejemplo, por la responsabilidad social (C12) y las condiciones laborales (C13), que desempeñan un papel importante en la mejora de la comunicación con sus socios.

Por otra parte, para las empresas de nivel superior, el propósito de la SSCM es la colaboración (C15) y la calidad (C3) de los productos que aportan un mayor valor al cliente. A través de empresas de cooperación y socios de la cadena de suministro para la sostenibilidad de la misma. Además, la colaboración (C15) y las condiciones de trabajo (C13) han afectado la transparencia (C16) de las empresas, lo que ayuda a promover el desempeño social. Además, el impacto de la calidad en la colaboración, también tiene un efecto en las leyes y regulaciones (C8). Asimismo, la fabricación (C1) afecta a las leyes y regulaciones. La flexibilidad del abastecimiento (C4) sigue estando directamente asociada tanto a la fabricación (C1) como a la integración logística (C2) porque es la capacidad disponible de la arquitectura de la cadena de suministro para hacer frente a los cambios y realinear la cadena en respuesta a la incertidumbre y el cambio del mercado.

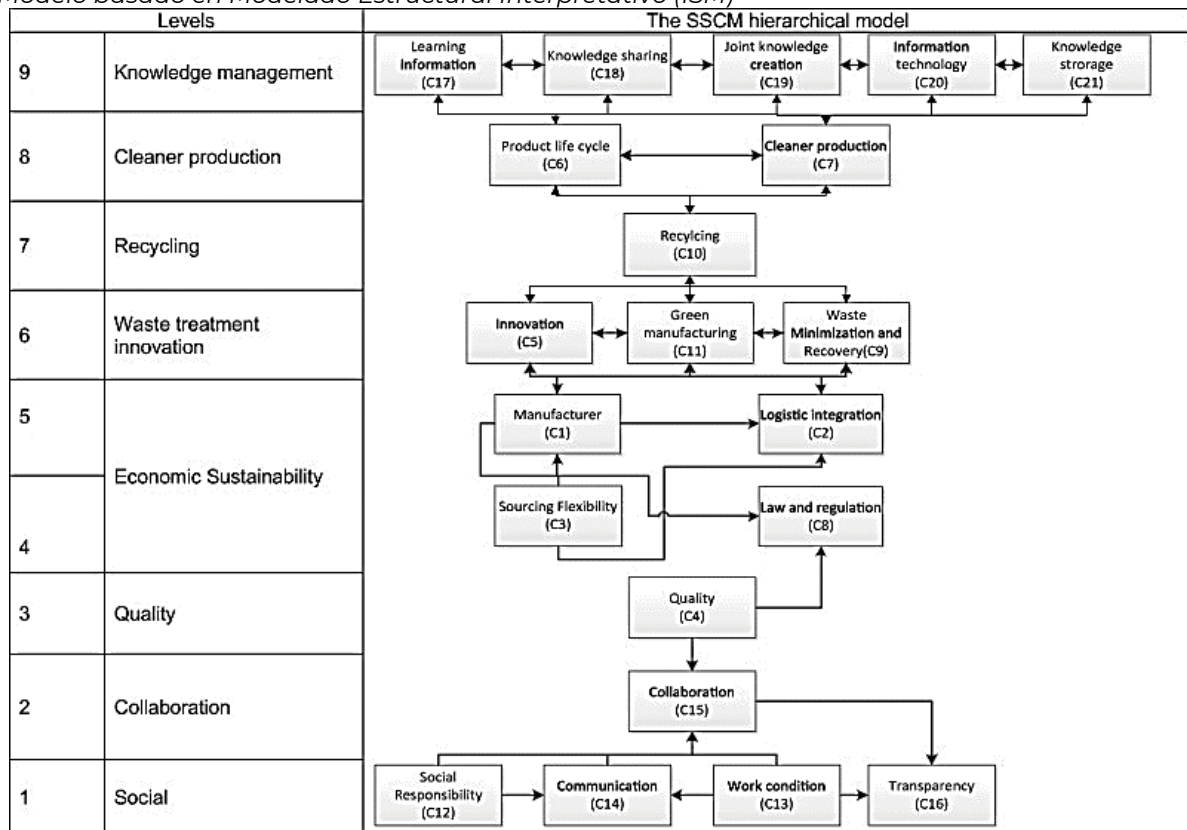
También es notable que la fabricación verde (C11), la innovación (C5), la minimización y recuperación de residuos (C9) y el reciclaje (C10) tienen un impacto mutuo entre sí. Para mejores productos, el ciclo de vida del producto (C6) y la producción más limpia (C7) también tienen el mismo impacto que los criterios



mencionados anteriormente. Finalmente, el último paso es agregar el conocimiento de los pasos anteriores, lo que se conoce como gestión y consiste en aprender información (C17), compartir conocimiento (C18), creación conjunta de conocimiento (C19), tecnología de la información (C20) y almacenamiento de conocimiento (C21). A partir de ahí, las empresas pueden implementar el enfoque para avanzar hacia SSCM.

Figura 15

Modelo basado en Modelado Estructural Interpretativo (ISM)



Nota. Tomado de "Knowledge management in sustainable supply chain management: Improving performance through an interpretive structural modelling approach" (p.7) por Lim, M. K., Tseng, M., Tan, K. H., & Bui, T. D., 2017, Journal of Cleaner Production, (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.056>).



1.2. Producción científica a nivel de Perú

La ecuación que vamos a analizar “(Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno*” implica la combinación de palabras clave mediante conectores booleanos, y está enfocada en la búsqueda de las palabras “Cloth” y “Techno” con

el carácter especial de asterisco (*) para buscar la raíz de la palabra clave, y además, tiene como filtro en “Country” a “PERU”. Fueron encontrados 12 artículos, con participación de al menos un científico peruano, de la fuente Scopus comprendidos entre los años 2003 y 2023.

1.2.1. Red de concurrencia

34

En la red de coocurrencia fueron examinados 44 elementos en VosViewer, dando como resultado clústeres, según la figura 16. El primer clúster de color rojo, compuesto por 18 elementos. Este clúster está centrado en los métodos y tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas residuales, con un enfoque particular en procesos de oxidación avanzada y eliminación de colorantes y otros contaminantes.

En el segundo clúster de color verde, la atención está centrada en los procesos de coagulación y otros métodos fisicoquímicos para el tratamiento de aguas residuales, incluyendo la eliminación de metales pesados y la optimización de estos procesos. En el tercer clúster de color azul destaca las fibras naturales específicas, pelo fino de alpaca y vicuña. Este grupo indica un interés en las propiedades y

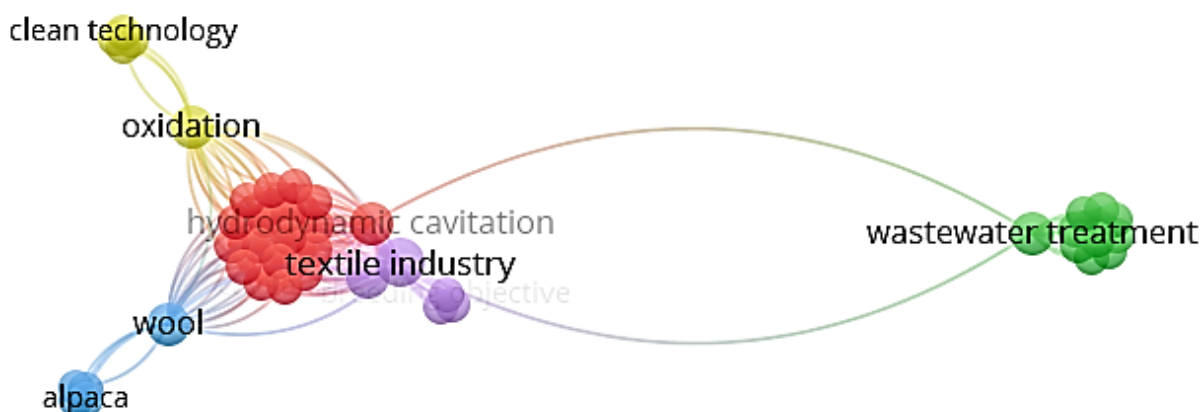


aplicaciones de fibras específicas de origen animal en la industria textil, como la suavidad y la calidad de pelo fino de alpaca y vicuña.

Por otra parte, el cuarto clúster amarillo destaca tecnología limpia y contaminación del agua. Por último, el clúster de color morado está relacionado al mejoramiento genético y producción textil de alimentos. En conjunto, estos clústeres representan distintos aspectos de la investigación textil, abarcando desde procesos avanzados de tratamiento de aguas residuales hasta la producción de fibras y la atención a fibras naturales particulares. La identificación de estos clústeres proporciona una visión estructurada de las áreas clave de investigación en la intersección de la tecnología y la industria textil en Perú.

Figura 16

Red de coocurrencia de términos en la producción científica relacionados a Perú



Nota. Elaborado con VOSviewer, 2024, (<https://www.vosviewer.com/>).



1.2.2. Nube de palabras

Los seis temas relevantes de la nube de palabras son los siguientes: procesos, textil, industria, alpaca, lana y tratamiento de aguas, según la figura 17.

Figura 17

Nube de palabras 15 elementos de VOSviewer



Nota. Imagen que muestra la frecuencia del uso de palabras clave en los artículos de *Scopus* relacionados a Perú período 2003-2023, aplicando la herramienta Orange. Elaborado con *Orange Data Mining*, 2023, (<https://orangedatamining.com/>).

1.2.3. Artículos científicos

En esta sección están los artículos científicos de acceso libre que destacaron con el mayor número de citaciones, artículos que han sido elaborados como mínimo por una persona que representa a una universidad peruana. Asimismo, en la tabla 3 pueden visualizarse artículos que abordan desde el consumo responsable de ropa perinatal e infantil de segunda mano en España, hasta la optimización de procesos industriales para la reducción de contaminantes.



Tabla 3

Agrupación de artículos científicos relacionados al Perú

Agrupación	Artículo científico	Objetivo
Materia prima y procesamiento inicial	Crianza de alpacas en Perú: ¿De iniciativas individuales hacia un programa nacional de crianza?	Aumentar la eficiencia de la cadena de suministro de textiles usados.
	Intensificación de la degradación del colorante Red-G utilizado en el teñido de pelo fino de alpaca mediante procesos avanzados de oxidación asistidos por cavitación hidrodinámica	Evaluar el efecto de la incidencia de la luz UV en la degradación del tinte Red-G, el tinte Red-G es uno de los principales tintes utilizados en la industria textil para teñir el pelo fino de alpaca.
	Evaluación de un nuevo dispositivo portátil que mide diámetro de fibras animales	Evaluar nuevo medidor de fibras portátil midiendo el diámetro y las características relacionadas de puntas y fibras lavadas de pelo fino de alpaca y vicuña.
	Concentración óptima y eficiencia del sistema Foto Fenton para el tratamiento de un efluente textil sintético.	Determinar la concentración óptima de Fe^{2+} - H_2O_2 en el tratamiento de efluentes textiles sintéticos, seguido por una evaluación de la efectividad del sistema.
Producción y diseño	Cavitación hidrodinámica como tecnología limpia en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil	Determinar el nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en efluentes de la industria textil con cavitación hidrodinámica.
Comercialización	Conocimiento ambiental, economía colaborativa y consumo responsable en el contexto de la ropa perinatal e infantil de segunda mano en España	Evaluar la disposición del consumidor a comprar o alquilar ropa perinatal e infantil de segunda mano. Además, explorar el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la relación entre la economía colaborativa y el consumo responsable.

Nota. La tabla incluye una selección de estudios científicos relevantes realizados incluyendo investigadores de universidades peruanas, destacando avances en tecnologías de tratamiento de efluentes textiles y evaluación de dispositivos para fibras animales. Información obtenida a partir de Scopus, 2024, (<https://www.scopus.com/search/form.uri>).



A continuación, son presentados seis (06) artículos de la tabla 3.

a. Crianza de alpacas en Perú: ¿De iniciativas individuales hacia un programa nacional de crianza?

La presente investigación realizada por Wurzinger y Gutiérrez (2022) tiene como objetivo, mostrar cómo funcionan estas iniciativas individuales, los desafíos que enfrentan, así como los planes para el futuro, con el fin de derivar recomendaciones para políticas e investigaciones. Como principales desafíos mencionaron, la falta de personal bien capacitado, la falta de interés de los miembros de la cooperativa, los altos costos de laboratorio para el análisis de la fibra, la volatilidad de los precios de la fibra y la escasez de alimentos.

Finalmente, pudieron demostrar que existen programas de cría bien establecidos para la alpaca blanca Huacaya en Perú. Además, mencionaron que otra importante fuente de ingresos es el comercio de animales reproductores. Así como, que las personas están abiertas a un programa nacional de cría, pero es cuestionable la implementación con éxito a través de la cooperación y la integración en un programa conjunto.

38

b. Intensificación de la degradación del colorante Red-G utilizado en el teñido de pelo fino de alpaca mediante procesos avanzados de oxidación asistidos por cavitación hidrodinámica

Según la presente investigación realizado por Flores et al. (2022) menciona que, el colorante Red-G es uno de los principales colorantes utilizados en la industria textil para teñir el pelo fino de alpaca, según la figura 18. Por esta razón, considerando el gran volumen de fibra procesada en Perú, el desarrollo de tecnologías eficientes



para su eliminación es un problema científico. Por ello, el presente estudio evaluó un sistema integrado basado en cavitación hidrodinámica (HC) y el proceso de Foto Fenton para eliminar el colorante Red-G, utilizando un dispositivo de cavitación híbrido (venturi + placa de orificio).

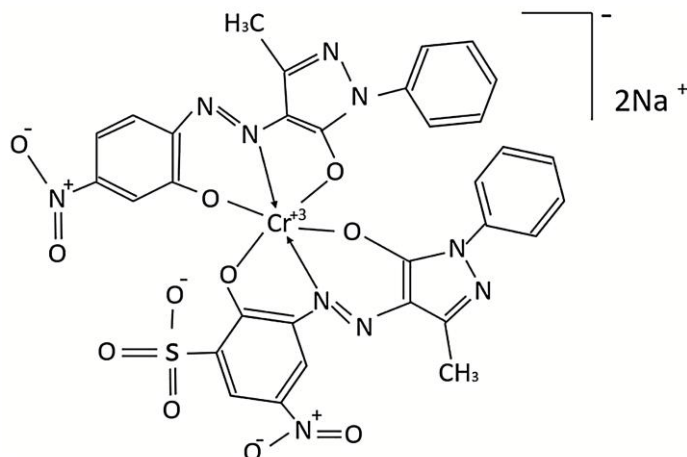
Asimismo, evaluó el efecto del pH, logrando un 21% de eliminación a pH 2, lo que fue más del 80% superior en comparación con pH 4 y 6. Además, evaluó el efecto de la temperatura en el sistema HC a pH 2, donde el porcentaje de degradación del colorante aumentó a temperaturas más bajas (alrededor de 20°C).

Luego, eliminó el 50.7 % del colorante bajo condiciones optimizadas del proceso de Foto Fenton asistido por HC ($\text{FeSO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$ de 1:30), valor que mejoró significativamente al incorporar luz UV en el sistema HC, aumentando la eficiencia de eliminación al 99% en comparación con el proceso de Foto Fenton asistido por HC y reduciendo el tiempo a 15 minutos.

Finalmente, el dispositivo de cavitación desarrollado en combinación con el proceso de foto-Fenton eliminó eficientemente el colorante y, por lo tanto, podría considerarse una opción interesante para su aplicación en aguas residuales reales.



Figura 18
Colorante Red-G



Nota. Tomado de “Intensification of Red-G dye degradation used in the dyeing of alpaca wool by advanced oxidation processes assisted by hydrodynamic cavitation” (p. 2) por Flores Alarcón, M. A. D., Arenas Jarro, R. Y., Ahmed, M. A., García Bustos, K. A., Pacheco Tanaka, D. A., & Terán Hilaes, R., 2022, Ultrasonics Sonochemistry, (<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106144>).

c. Evaluación de un nuevo dispositivo portátil que mide diámetro de fibras animales

40

Según el estudio realizado por Quispe et al. (2021) indica que el incremento en la producción de fibras animales ha generado una mayor demanda de un dispositivo portátil que pueda medir con precisión y exactitud el diámetro de las fibras y sus atributos asociados. En ese sentido, este estudio examinó un nuevo medidor portátil de fibras (*PFT*, por sus siglas en inglés), el *PFT* está diseñado como un instrumento portátil ligero (3,95 kg) de dimensiones reducidas (21,5 x 21,5 x 27,5 cm) en relación con otros instrumentos, según la figura 19, para la medición del diámetro y las características relacionadas de las cintas y fibras de alpaca y vicuña.

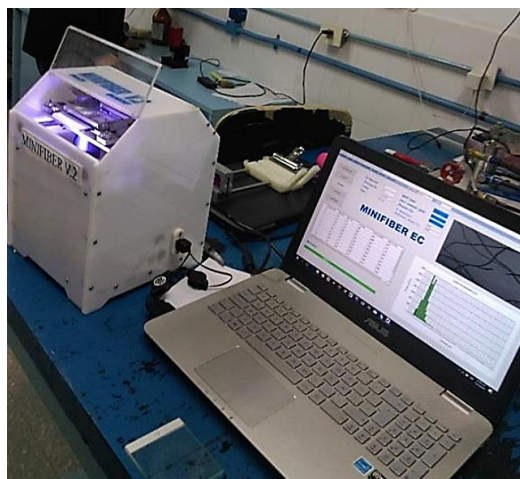
El *PFT* fue diseñado con una combinación de componentes mecánicos, ópticos, electrónicos e informáticos integrados. Asimismo, emplearon cintas textiles de lana de oveja, pelo fino de alpaca y fibras de mohair como estándares de referencia para calibrar el *PFT* y determinar su precisión y exactitud. Finalmente, este dispositivo



resulta atractivo para su aplicación en el campo, facilitando la selección práctica de animales y la clasificación del vellón basada en las características de la fibra.

Figura 19

Instrumento medidor de fibras acoplado a un ordenador portátil para evaluar fibras de lana, mohair, alpaca y vicuña



Nota. Tomado de “Evaluation of a new portable device that measures diameter of animal fibres” (p. 2) por Quispe, E. C., Sacchero, D., Wuliji, T., & Quispe, M. D., 2021, South African Journal of Animal Science, (<https://doi.org/10.4314/sajas.v50i5.7>).

d. Concentración óptima y eficiencia del sistema Foto Fenton para el tratamiento de un efluente textil sintético.

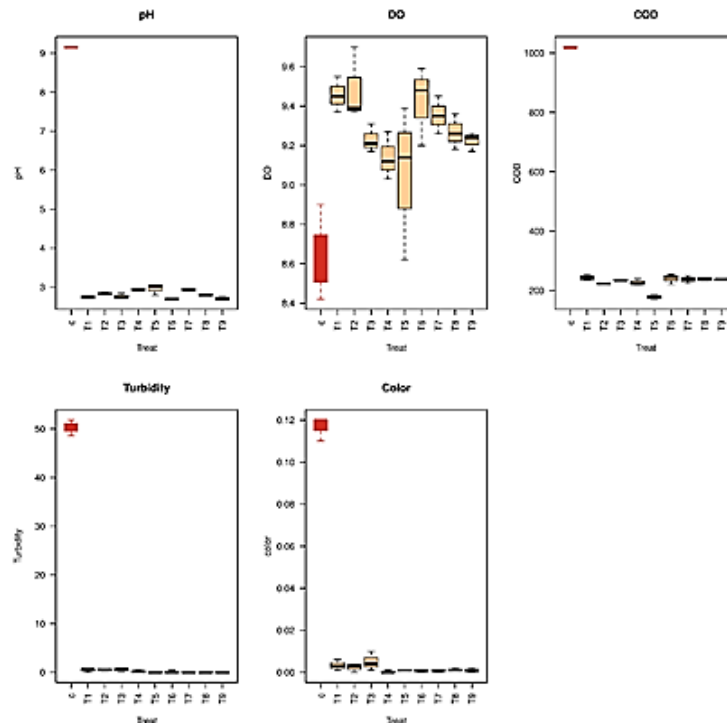
Según el estudio realizado por Barrenechea et al. (2022), menciona que, el proceso conocido como Foto Fenton representa una alternativa viable para tratar los desechos generados por la industria textil. El presente estudio está basado en el uso de una combinación de Fe_2^+ y H_2O_2 , junto con la exposición a la luz UV, con el fin de oxidar los contaminantes presentes en los efluentes hasta que sean adecuados para su liberación en cuerpos de agua. Por ello, tiene como objetivo principal determinar la concentración óptima de Fe_2^+ - H_2O_2 en el tratamiento de efluentes textiles sintéticos, seguido por una evaluación de la efectividad del sistema.



En cuanto a, la primera fase del estudio, las mediciones de pH, DQO, turbidez y color demostraron valores inferiores al grupo de control, mientras que la concentración de oxígeno disuelto fue superior en todos los tratamientos con Foto Fenton, según la prueba de Dunnett, según la figura 20. El aumento en la concentración de oxígeno disuelto se atribuyó a la presencia de H_2O_2 y luz UV-A, lo cual también contribuyó significativamente a la eliminación del color en los efluentes. Finalmente, respecto a la eficacia del sistema, el estudio concluye que el reactivo Foto Fenton representa una alternativa excelente para tratar efluentes textiles con diferentes niveles de carga orgánica, permitiendo así reducir los contaminantes generados por los procesos industriales.

Figura 20

Diagrama de caja de pH, OD, DQO, turbidez y color en función de nueve tratamientos y el control (cuadro rojo)



Nota. Tomado de “Optimal concentration and efficiency of the photo fenton system for the treatment of a synthetic textile effluent” (p.6) por Fernández, A. P. B., Brandon, P. V., & Azañero, A. J. V., 2023, Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, (<https://doi.org/10.4136/ambiente.2897>).



e. Cavitación hidrodinámica como tecnología limpia en el tratamiento de aguas residuales de la industria textil

Este documento realizado por Zapata et. al. (2021) indica que, según informes globales, la industria textil es una de las más contaminantes de los recursos hídricos durante su proceso de producción. Por ejemplo, estima que la fabricación de un par de jeans requiere una gran cantidad de agua para teñir, lavar y finalizar el producto.

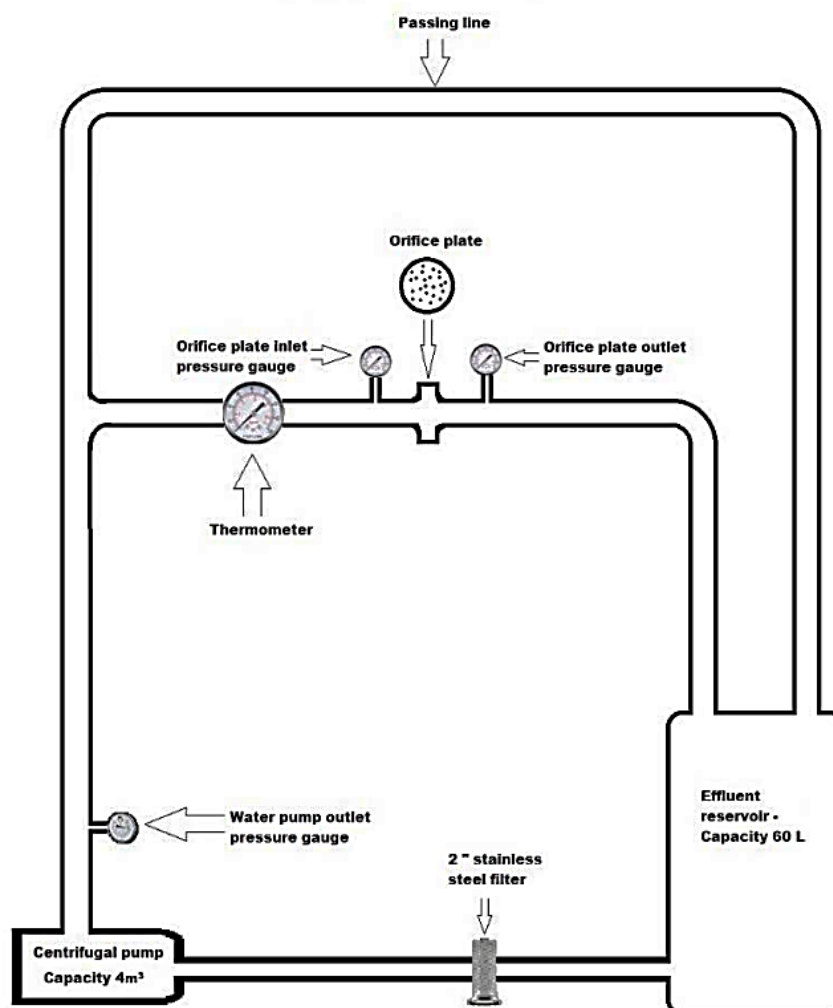
Las aguas residuales resultantes, son vertidas sin un tratamiento adecuado, teniendo un impacto ambiental negativo, afectando especialmente a los ecosistemas y a los seres humanos. En un esfuerzo por tratar estas aguas residuales, emplearon la "*cavitación hidrodinámica*", según la figura 21, para reducir los contaminantes y mejorar los parámetros físico-químicos de los efluentes. Después de 60 minutos de tratamiento, observaron una disminución del pH en un 23,95%, una reducción de los sólidos suspendidos totales en un 82,82%, una disminución de la demanda biológica de oxígeno en un 64,77% y de la demanda química de oxígeno en un 63,05%.

Además, la presencia de aceites y grasas se redujo en un 93%, cumpliendo con los valores máximos admisibles establecidos por la normativa peruana para el vertido de aguas residuales. En términos microbiológicos, el tratamiento logró una eliminación total de *Escherichia coli*. Por lo tanto, concluyeron que la cavitación hidrodinámica es una opción eficiente y limpia para el tratamiento de aguas residuales, debido a su bajo consumo energético y la ausencia de productos contaminantes.



Figura 21

Diagrama del equipo de cavitación hidrodinámica



Nota. Tomado de "Hydrodynamic Cavitation as a Clean Technology in Textile Industrial Wastewater Treatment" (p. 3) por Nieto, S.; Benites, E.; Gamarra, C.; Zambrano, A.; Valverde, J.; Castañeda, C.; Ruiz, M., 2021, Chemical engineering transactions, (<https://doi.org/10.3303/CET2186047>).

f. Conocimiento ambiental, economía colaborativa y consumo responsable en el contexto de la ropa perinatal e infantil de segunda mano en España

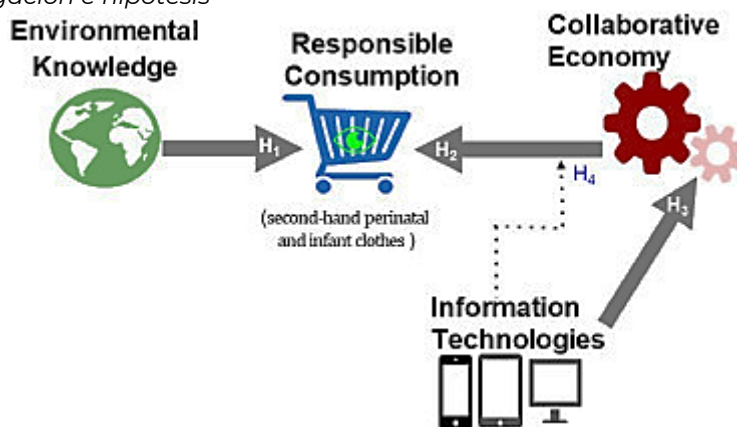
En la presente investigación, Peña-Vinces et. al. (2020), menciona que, ésta examina si el conocimiento ambiental (*EK*, por sus siglas en inglés) de los consumidores, el nivel de dicho conocimiento y su compromiso con la economía colaborativa (*CE*, por sus siglas en inglés) afectan el consumo responsable (*RC*, por sus siglas en inglés). Esta evaluación estuvo basada en la disposición de los consumidores a comprar o alquilar ropa perinatal e infantil de segunda mano.



Asimismo, analizó el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la relación entre la *CE* y el *RC*, según la figura 22. Utilizaron datos de una muestra de 307 padres en España y se aplicó un modelo de regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios. Los hallazgos indican que tanto el EK como la experiencia previa de los padres en la economía colaborativa influyen en su predisposición a comportarse de manera responsable al adquirir o alquilar ropa perinatal e infantil de segunda mano. Además, las TIC se destacan como un factor crucial para promover el consumo responsable en el contexto de una economía colaborativa sustentada en estas tecnologías.

Figura 22

Modelo de investigación e hipótesis



Nota. Tomado de “Environmental knowledge, the collaborative economy and responsible consumption in the context of second-hand perinatal and infant clothes in Spain” (p.4) por Peña-Vinces, J.; Solakis, K.; Guillen, J., 2020 Resources, conservation, and recycling- Environmental knowledge, the collaborative economy and responsible consumption in the context of second-hand perinatal and infant clothes in Spain, (<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104840>).

2. Patentes





La ecuación examinada “(Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno*” consiste en la unión de las palabras clave mediante conectores booleanos. Las palabras “Cloth” y “Techno” tienen el carácter especial de asterisco (*) para buscar la raíz de la palabra clave.

Existen 170,677 documentos en Lens en el rango de fechas desde 2003 a 2023 data obtenida el día 15 de marzo de 2024, con los cuales se obtuvo el mapa de la figura 23 que resume las principales palabras recuperadas a partir de la consulta ingresada.

Figura 23

Keywords de búsqueda de patentes en Lens



Nota. Frecuencia del uso de palabras claves en las patentes de Lens período 2003-2023, aplicando la herramienta Orange. Tomado de Orange Data Mining, 2023, (<https://orangedatamining.com/>).



2.1. Tabla de agrupación de patentes

A partir del mapa generado en Intelligo, fueron filtrados los documentos relevantes de patentes que contaban con más de 100 palabras en su resumen.

Tabla 4

Agrupación de patentes

Grupo	Clasificación IPC	Descripción
F16C	F16C 13/00	Rollos, tambores, discos o similares (rodillos guía en bandas de alimentación B65H27/00; rodillos de calandria y sus cojinetes D21G1/02; tambores o rodillos giratorios Para dispositivos de intercambio o transferencia de calor F28F5/02); Rodamientos o soportes para los mismos.
	F16C 13/02	Aspectos
D01H	D01H 5/00	Máquinas o dispositivos de dibujo {; Enhebrado de mecha en máquina de dibujo}
	D01H 5/18	• Máquinas o disposiciones de dibujo sin fallers o barras similares a pasadores.
	D01H 5/70	.. Características constructivas de los elementos de dibujo.
	D01H 5/74	... Rodillos {o rodamientos de rodillos}
A01N	A01N 37/00	Biocidas, repelentes o atrayentes de plagas, o reguladores del crecimiento de plantas que contienen compuestos orgánicos que tienen un átomo de carbono con tres enlaces a átomos hetero, con un máximo de dos enlaces a halógenos, por ejemplo, ácidos carboxílicos.
	A01N 37/10	Ácidos carboxílicos aromáticos o aralifáticos, o sus tioanálogos; sus derivados
	A01N 43/00	Biocidas, repelentes o atrayentes de plagas, o reguladores del crecimiento vegetal que contengan compuestos heterocíclicos.
	A01N 43/34	Que tengan anillos con un átomo de nitrógeno como único heteroátomo del anillo
	A01N 43/40	Anillos de seis miembros
	A01N 43/42	Condensados con anillos carbocíclicos
A01P	A01P 1/00	Desinfectantes; Compuestos antimicrobianos o sus mezclas

Nota. Clasificación de varios grupos y subgrupos de tecnologías. Adaptado de la información obtenida del sistema de Clasificación Internacional de Patentes (CIP), 2024, (<https://ipcpub.wipo.int>).



2.2. Descripción de patentes

a. Mejoras en el sellado y vida útil de los rodamientos de rodillos inferiores utilizados en la industria del hilado

Según la presente invención realizada por Mitul (2017) consta de la mejora en el sellado y la vida útil de los rodamientos de rodillos inferiores utilizados principalmente en la industria de la hilatura.

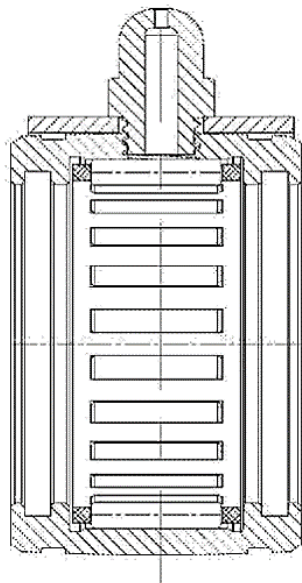
La invención es aplicada principalmente en industrias textiles para la producción de hilos en sistemas de estirado de máquinas de hilatura de anillos, máquinas de mecha y máquinas de hilatura de hilos de fantasía, que en este documento están denominadas como máquinas.

El principal objetivo de la presente invención es reducir costes mejorando la producción técnica del rodamiento de rodillos inferior. Con respecto a, la parte esencial del sistema de estiraje, es el rodamiento del rodillo inferior, el cual es el principal responsable de permitir una rotación de baja fricción junto con la carga aplicada sobre los rodillos acanalados del sistema de estiraje. Asimismo, está el rodamiento sin aro interior el cual puede visualizarse en la figura 24.



Figura 24

Rodamiento sin aro interior



Nota. Rodamiento sin anillo interior. De 1. WO2017163261A1 - *Improvements in sealing and life of bottom roller bearings used in spinning industry*, por Mitul G, D., 2017, Espacenet Patent Search, (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pr%3DWO2017163261A1>).

b. Aditivo antimicrobiano

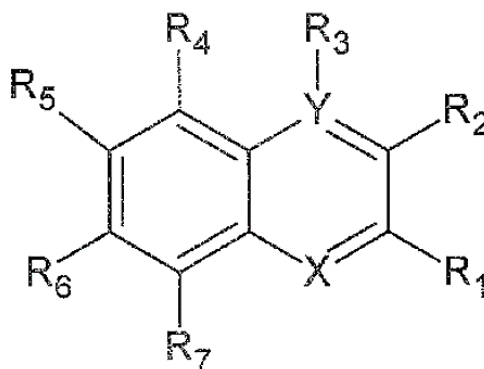
El objetivo de la invención según lo realizado por Bukowski (2017) es un preparado de origen orgánico, que es antibacteriano y antifúngico que sirve como aditivo para diversos materiales, en particular, para plásticos, que no contienen partículas nanometálicas. Asimismo, puede combinarse con casi cualquier tipo de polímeros y otros materiales, desde envases de polímero biodegradable, textiles, pinturas hasta PVC endurecido, utilizando cualquier tecnología de procesamiento, como extrusión, moldeo por inyección, soplado, prensado, laminado, vertido o bombeo a través de capilares en la producción de fibra continua para la industria textil.

El biocida contiene un ingrediente activo en forma de un derivado de un ácido con una fórmula mostrada en la figura 25, donde R1 y R2 representan, cada uno por separado o ambos juntos, grupos carboxilo, R3 y R4 son hidrógeno o un grupo



metilo, R5, R6, R7 significan hidrógeno, X e Y significan alternativamente C y N en una cantidad del 60 al 85% en peso, y la cantidad restante es una composición de rellenos inorgánicos y orgánicos.

Figura 25
Aditivo antimicrobiano



Nota. Desarrollo de un preparado con propiedades antibacterianas y antifúngicas. De 1. WO2017082745 - *Antimicrobial additive* por Bukowski, W., 2017, Espacenet Patent Search, (https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20170518&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=WO&NR=2017082745A1&KC=A1&ND=6).

c. Sistemas y métodos para utilizar modelos de *Machine Learning* para efectuar pruebas y estilo virtual en usuarios reales

En la presente invención Sholl et al. (2024) dan a conocer logros destacados en sistemas y métodos para llevar a cabo pruebas virtuales de prendas de vestir. Un ejemplo de método para la prueba virtual de prendas de vestir implica la elección de una prenda de una base de datos existente. De acuerdo a la presente invención, este método abarca la carga de una fotografía de un modelo utilizando la prenda seleccionada, la generación de una segmentación semántica de la imagen del modelo y la extracción de la prenda seleccionada de la fotografía del modelo.

Además, el método comprende la identificación de una correspondencia entre un modelo objetivo y el modelo fuente mediante la detección de puntos



característicos y la descripción de ambos modelos, seguida de una comparación y validación de características. También, incluye el proceso de tejido de la prenda y la alineación de la prenda extraída, así como la superposición y renderización final de la prenda. La figura 26 es un diagrama relacionado con las limitaciones de la visión por computadora y/o el *Machine Learning* de acuerdo con los sistemas y métodos descritos en el presente documento. Si bien, han logrado avances significativos en las aplicaciones de prueba virtual, todavía existen algunas limitaciones y desafíos que enfrentan los investigadores y desarrolladores. Finalmente, también mencionan que, en algunos ejemplos, es posible que no puedan generar contenido como arrugas y/o sombras.

Figura 26

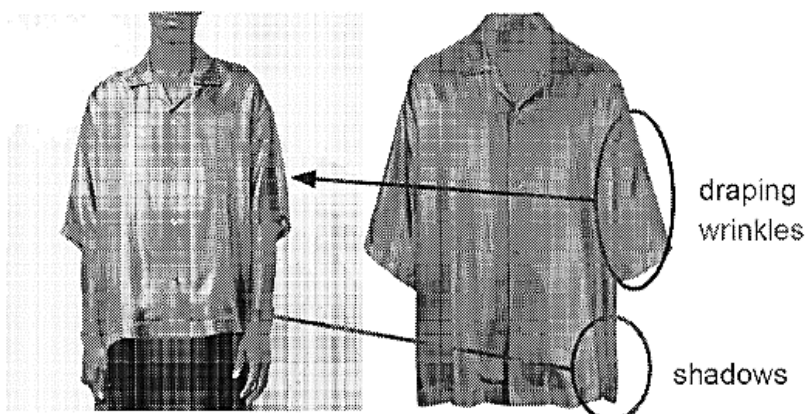
Diagrama que ilustra las limitaciones de la visión por computadora y/o *Machine Learning*

52

Limitations of the Computer Vision Approach

Computer Vision cannot:

- Generate content



Nota. Sistema ejemplar para la prueba virtual y el alquiler de prendas digitales diseñadas de conformidad con un estándar de moda utilizando *Machine Learning*. De 1. WO2024006570A1 - *Systems and methods for using machine learning models to effect virtual try-on and styling on actual users*, por Sholl, S., Freede, A., Byers, K., & Aronoff, S., 2024, Espacenet Patent Search, (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DWO2024006570A1>).



d. Sistema híbrido de refrigeración y calefacción personal

La presente invención abarca un sistema híbrido de refrigeración y calefacción personal totalmente adaptable que está diseñado para eliminar o suministrar calor desde/hacia un usuario humano. El sistema ofrece hasta 8 horas de enfriamiento o calefacción ajustable de alta eficiencia mientras es usado por un usuario. Asimismo, emplea metal líquido no tóxico a temperatura ambiente como refrigerante principal y un material de cambio de fase como refrigerante secundario. Un componente activo, una bomba, se encarga de bombear el refrigerante principal, absorbiendo el calor del cuerpo del usuario y liberándolo de manera pasiva al refrigerante secundario, convirtiendo así la invención en un sistema híbrido de refrigeración/calefacción.

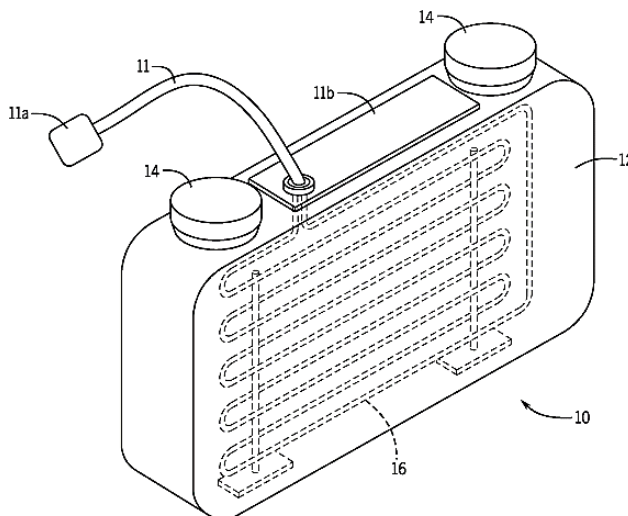
53

La liberación pasiva de calor es fácil gracias a la alta conductividad térmica del refrigerante principal. Además, el refrigerante secundario se encuentra térmicamente aislado del entorno, permitiendo la absorción de calor exclusivamente según la demanda del refrigerante principal. Para aplicaciones de calefacción personal, ha utilizado el mismo refrigerante primario y utiliza un fluido de calentamiento secundario diferente, tal como cera caliente, material de cambio de fase o sal fundida según la figura 27.



Figura 27

Vista en alzado frontal de una realización



Nota. Sistema de refrigeración personal que comprende un enfriador personal híbrido de metal líquido. De 1. US11857005B1 - *Hybrid personal cooling and heating system*, por Rahman, M. A., 2024, Espacenet Patent Search, (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS11857005B1>).

e. Metodología para resolver los problemas de la industria textil

54

Desde tiempos remotos, según los seres humanos han hecho uso de fibras y textiles naturales. En sus inicios, para resguardarse, usaban pieles y cueros de animales. Sin embargo, pronto empezaron a confeccionar prendas rudimentarias con fibras vegetales. La introducción de maquinaria ha facilitado y abaratado el procesamiento de tejidos.

La manufactura textil fue transformada en una auténtica industria gracias a la revolución industrial. Con el avance de nuevas tecnologías, ha surgido una innovación en el ámbito textil que aporta capacidades y funciones únicas a los materiales.



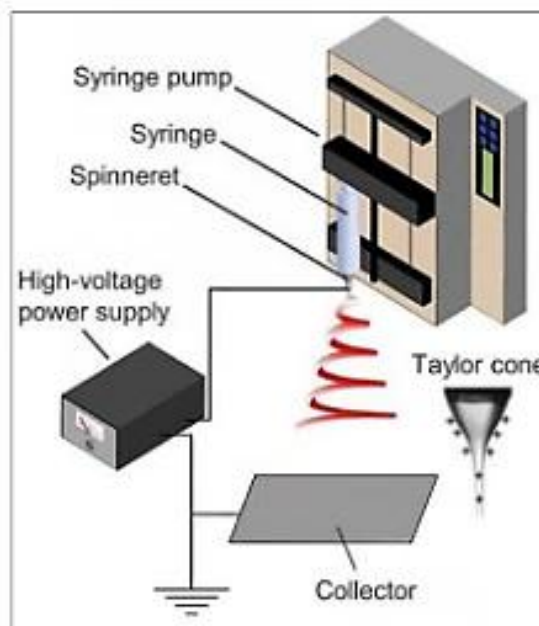
Esta invención, emplea la técnica de electrohilado para utilizar nanopartículas como fibras sintéticas en el sector textil, con la finalidad de abordar desafíos tales como el desarrollo de fibras microbianas y la robustez a la radiación ultravioleta. Además, lleva a cabo investigación sobre la implantación de nanopartículas, especialmente en fibras ultrafinas.

El método propuesto: Para generar un flujo con elongación y estiramiento, el electrohilado requiere una(s) disminución(es) electrizante(s). Puede mostrar lo sencillo que es comenzar con el electrohilado en la figura 28. Una fuente de alto voltaje, una aguja hipodérmica y una esponja conductora los cuales son, los componentes más importantes. Corriente alterna o corriente continua. El líquido es expulsado de la hilera debido a la tensión superficial, lo que da como resultado una cuenta colgante. Las cargas superficiales se repelen entre sí, lo que hace que el flujo se deforme formando un cono de Taylor, lo que finalmente permite que expulse un flujo cargado. Al principio, el flujo se estira en línea recta, pero debido a la inestabilidad estructural, eventualmente comienza a moverse erráticamente. Cuando el flujo se estrecha más, se endurece, comienza a producirse la deposición de sólidos en las fibras y acelera el proceso de solidificación. Su formación, adelgazamiento en un campo eléctrico y solidificación en un colector puesto a tierra.



Figura 28

Fuente de alto voltaje, aguja hipodérmica y esponja conductora



Nota. Corriente alterna o corriente continua. De 1. AU2021102745A4 - *Methodology for Solving the Issues in the Textile Industry*, por Balamourougane, J. S., S., V. P., Jule, L. T., Dessie, A., Kumar, V., Eshetu, B., A., H. L., Kumar, T. C. A., T., S., & Kandavalli, S. R., 2021, Espacenet Patent Search, (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=prn%3DAU2021102745A4>).

f. Fibras de algodón resistentes a la ignición

Esta invención presenta una fibra birregional que cuenta con un núcleo de celulosa y una capa externa de cera, la cual puede incluir cera con una alta temperatura de fusión. La fabricación de esta fibra implica procesar la fibra natural a temperaturas no superiores a los 70°C. Puede llevarse a cabo un procesamiento estándar de la fibra, como el proceso Kier, que involucra el blanqueo a aproximadamente 100°C, seguido por la adición de cera a una temperatura suficiente para dispersarla sobre la superficie de la fibra.

Estas fibras son resistentes a la ignición según las pruebas estándar de la industria. La proporción de cera en peso puede variar entre aproximadamente 0,4 a 25 por ciento o incluso más de la fibra. La cera puede ser de origen natural, sintética o emulsionada, o combinaciones de estas. Estas fibras birregionales pueden



mezclarse con otras, para fabricar tejidos resistentes al fuego, como prendas de vestir, mantas y artículos para el hogar.

En la figura 29 es presentado un método preferido para ignifugar y teñir un tejido. El método 200 comienza preferentemente con un material de algodón crudo en el paso 205. Aunque el tejido puede ser de cualquier material, incluyendo, pero no limitándose a lana, nailon, poliéster, cáñamo, seda, satén, otras fibras naturales o artificiales, o combinaciones de las mismas. La tela puede ser tejida, no tejida o de punto.

En el paso 210, el tejido es impregnado con una solución de *THPS* (sulfato de tetrakis (metiloxi) fosfonio) (50% de sólidos con tensioactivo no iónico) preferiblemente de 5 a 15 minutos. Sin embargo, el proceso de aplicación puede realizarse durante más o menos tiempo, por ejemplo, de 2 a 20 minutos o de 1 a 30 minutos, o hasta que la solución de THPS sea adherido en la parte celulosa de la fibra del tejido.

57

El proceso de aplicación de material de relleno es preferentemente a temperatura ambiente; sin embargo, el material de relleno puede impregnarse por encima o por debajo de la temperatura ambiente. La solución puede luego tratarse con sal de fosfonio. Las sales de fosfonio suelen dejar un olor desagradable en el tejido y son tóxicas para los trabajadores de la fábrica durante la aplicación u otro uso de las sales de fosfonio.



En el paso 215, el tejido es lavado para eliminar el exceso de THPS. Preferiblemente, es lavado con agua, sin embargo, puede realizarse con jabones, alcoholes, ácidos, bases, u otros líquidos. En el paso 220, se fija el tejido. Preferiblemente, el fijado es producido en un horno a 150°C durante 5 a 25 minutos. El mismo que puede realizarse a temperaturas más altas o más bajas (por ejemplo, 100° C, 125° C, 175° C o 200° C) y durante más o menos tiempo (por ejemplo, de 3 a 30 minutos, de 2 a 45 minutos o de 1 a 60 minutos).

Preferiblemente, en la etapa 225, el tejido se lava por segunda vez. El segundo lavado es realizado preferentemente a temperatura ambiente con una solución acuosa de ozono. En los procesos tradicionales de "blanqueo a baja temperatura" (LTB), el lavado debe calentarse al menos a 60° C. El segundo lavado preferentemente fija simultáneamente el THPS en la porción celulósica de cada fibra y blanquea las fibras sin eliminar ningún revestimiento de cera natural de las fibras.

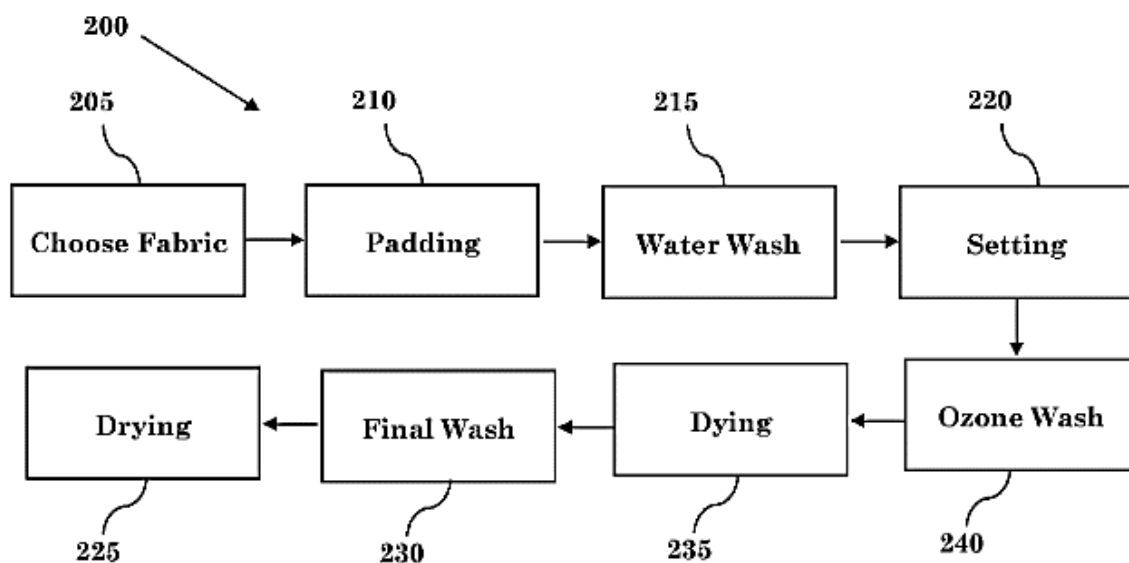
58

En el paso 230, el tejido es teñido preferentemente. El tejido puede teñirse de cualquier color, dibujo o combinación de los mismos. Preferiblemente, el tinte se selecciona entre tintes reactivos o directos y se deja que permanezca en contacto con el tejido de 5 a 30 minutos, de 2 a 45 minutos, o de 1 a 60 minutos. Asimismo, Indica que la fase de teñido tiene lugar después de la fase de lavado con ozono; sin embargo, la fase de teñido puede tener lugar en cualquier momento del proceso. Finalmente, el exceso de colorante es eliminado del tejido en la etapa 235 y en la etapa 240 se deja secar el tejido, por ejemplo, en un bastidor.



Figura 29

Método para ignifugar y teñir un tejido



Nota. Método preferido para aplicar protección contra el fuego y teñir un tejido. De 1. WO2017218527A1 - *Ignition resistant cotton fibers*, por McCullough, F. P., 2017, Espacenet Patent Search, (<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DWO2017218527A1>).



3. Proyectos



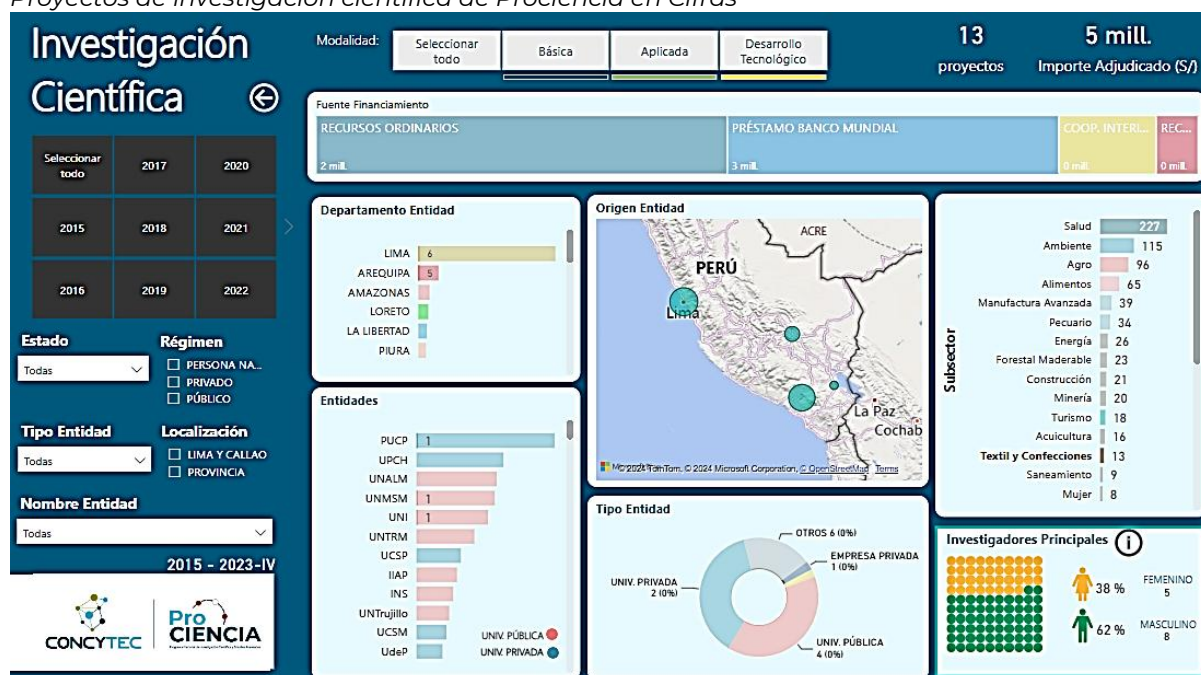
Palabras de búsqueda: Textil y confecciones

3.1. Proyectos de investigación científica

Durante el período comprendido entre 2015 y 2022, llevaron a cabo un total de 1,278 proyectos, con un monto adjudicado que ascendió a 533 millones de soles, según la figura 30 obtenida en Prociencia en Cifras, de los cuales hay 13 proyectos relacionados al sector Textil y Confecciones con un monto adjudicado de 4,721,109 soles, en regiones de Perú. En cuanto a la participación de investigadores, el 38% del total son mujeres, mientras que el 62% son hombres.

Figura 30

Proyectos de investigación científica de Prociencia en Cifras



Nota. Cifras obtenidas de proyecto de investigación científica en el sector textil y confecciones, por Prociencia, s.f., (<https://prociencia.gob.pe/cifras/>).



3.2. Proyectos STEPI

El Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y el Instituto de Política Científica y Tecnológica (STEPI) de la República de Corea en el marco del programa K-Innovation Partnership (2022-2024) trabajan en el proyecto de Planificación de Ciencia y Tecnología y Prospectiva Tecnológica para sectores priorizados, entre los cuales se encuentra el sector Textil y Confecciones. En el año 2023 realizaron las hojas de rutas tecnológicas (HRT), y para ello hubo elaboración preliminar de la HRT mediante una encuesta Delphi donde participaron 270 expertos. En el sector Textil y Confecciones, identificaron 5 tecnologías claves como la evaluación de capacidades, identificación de países líderes, madurez tecnológica, métodos de adquisición y medidas políticas. Estos resultados son fundamentales para informar decisiones estratégicas y acciones en el ámbito tecnológico y político.

62

En la evaluación de las capacidades, los expertos en textiles e indumentaria evalúan la capacidad en un nivel superior en comparación con aquellas personas que no tienen especialización en el área. Abordan aspectos cruciales como la importancia económica, la gestión de recursos humanos en investigación y desarrollo, la infraestructura de investigación y desarrollo, así como la inversión en esta área.

Respecto a los países líderes, según la evaluación Delphi, los especialistas en textiles y confección reconocen a China, Japón y Corea (C/J/K) como líderes en el campo, quienes pueden proporcionar información valiosa sobre mejores prácticas y estrategias exitosas que otros países pueden adoptar o emular. Sin embargo, la madurez tecnológica en textiles y confección en Perú presenta una brecha de más



de 10 años en comparación con los países líderes. En cuanto a los métodos de adquisición, es probable que la fabricación de prendas de vestir, el diseño digital, la logística, la fabricación de textiles y los materiales textiles estén listos en Perú a partir de 2032.

El nivel de madurez tecnológica (TRL) en la fabricación textil tiene un nivel más avanzado (TRL 4-5) mientras que otras áreas evaluadas tienen un nivel medio (TRL 3-4) como Materiales textiles, Manufactura de ropa, diseño digital y logística. Esto indica que la tecnología en la fabricación textil está más desarrollada en comparación con otros aspectos evaluados.

Las áreas de materiales textiles, confección, diseño digital y logística tienen un horizonte temporal clasificado como Mid-term (Mediano plazo), mientras que la fabricación textil tiene un plazo clasificado como Short-term (Corto plazo). Esto podría indicar que la fabricación textil espera que desarrolle avances tecnológicos más pronto en comparación con otras áreas evaluadas.

En resumen, la evaluación proporciona una visión preliminar detallada de la madurez tecnológica, la importancia económica, la capacidad de mano de obra, la estructura de infraestructuras, la inversión en I+D y los plazos temporales asociados con diversas áreas tecnológicas, con un enfoque específico en la industria textil. En relación con la adquisición por preparación, refleja una percepción sólida respecto a lograr : Fabricación de prendas, Logística y Tecnologías de Materiales Textiles en el mediano plazo, y Tecnologías de Fabricación Textil en el corto plazo. El Diseño Digital requiere colaboración internacional a mediano plazo.



En cuanto a las medidas de política, la inversión en infraestructura y la expansión de la inversión son las dos solicitudes más urgentes para todas las tecnologías clave. La mano de obra muestra un nivel significativo de preparación. Finalmente, la adquisición de tecnología a través de Investigación y Desarrollo Nacional y la Inversión en Colaboración Internacional son las dos solicitudes más apremiantes para todas las tecnologías clave.

Finalmente, estos elementos pueden ser cruciales para informar decisiones estratégicas y acciones en el ámbito tecnológico y político. El análisis de la encuesta Delphi subraya la importancia de medidas políticas efectivas, inversiones significativas en I+D y la colaboración internacional para mejorar la preparación y capacidad tecnológicas en el sector textil y de confección.



Conclusiones

- La innovación tecnológica en la industria textil está transformando radicalmente la forma en que interactuamos con los textiles, desde la integración de dispositivos de almacenamiento de energía en la ropa hasta el desarrollo de soluciones inteligentes para la gestión de residuos y la impresión 3D de tejidos con capacidades autolimpiantes. Este avance tecnológico no solo impulsa la sostenibilidad y la eficiencia en la cadena de suministro textil, sino que también ofrece nuevas posibilidades para la comodidad, funcionalidad y rendimiento de los productos textiles en nuestra vida cotidiana.

- En los artículos científicos relacionados a Perú, destaca la importancia de la investigación y la innovación en diferentes aspectos de la industria textil y la cría de alpacas en Perú, y subrayan la necesidad de seguir avanzando en estos campos para abordar los desafíos actuales y futuros.

- Parte de las patentes en el sector textil y de confecciones están orientadas hacia la innovación y la solución de problemas específicos de la industria, abarcando desde mejoras en la eficiencia de los procesos de fabricación, como en el caso de los rodamientos de rodillos inferiores para máquinas de hilado, hasta el desarrollo de nuevos materiales con propiedades especiales, como las fibras de algodón resistentes a la ignición.



- Están explorando tecnologías emergentes como el *Machine Learning* para pruebas virtuales de prendas de vestir, y métodos para la generación de patrones de diseño con cero residuos, lo que demuestra un enfoque hacia la sostenibilidad y la reducción de impacto ambiental en la industria textil.
- El boletín de vigilancia tecnológica ha presentado información sobre artículos científicos, patentes y proyectos relacionados al presente sector. No obstante, en caso de que ciertos temas no hayan sido abordados en este informe, se recomienda que los investigadores interesados profundicen en dichas áreas, a fin de complementar la información y contribuir al fortalecimiento del conocimiento



Bibliografía

Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229(107776), 107776. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>

Balamourougane, J. S., S., V. P., Jule, L. T., Dessie, A., Kumar, V., Eshetu, B., A., H. L., Kumar, T. C. A., T., S., & Kandavalli, S. R. (2021). Methodology for Solving the Issues in the Textile Industry. In Espacenet Patent Search. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DAU2021102745A4>

Bhatia, D., Sharma, N. R., Singh, J., & Kanwar, R. S. (2017). Biological methods for textile dye removal from wastewater: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 47(19), 1836–1876. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1393263>

Carrot2. (2023). Gráfico circular. Obtenido de Carrot2: <https://search.carrot2.org/#/search/web/textile/pie-chart>

Carrot2. (2023). Gráfico circular de Carrot2, "(Textile OR apparel OR cloth*) AND industry AND Techno*". Obtenido de Carrot2: [https://search.carrot2.org/#/search/web/Textile%20OR%20apparel%20OR%20cloth*\)%20AND%20industry%20AND%20Techno*/pie-chart](https://search.carrot2.org/#/search/web/Textile%20OR%20apparel%20OR%20cloth*)%20AND%20industry%20AND%20Techno*/pie-chart)

CEPAL. (2020). Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación.



Chan, K. P., He, F., Atwah, A. A., & Khan, M. (2023). Experimental investigation of self-cleaning behaviour of 3D-printed textile fabrics with various printing parameters. *Polymer Testing*, 119.

<https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.107941>

Fernández, A. P. B., Brandon, P. V., & Azañero, A. J. V. (2023). Optimal concentration and efficiency of the photo fenton system for the treatment of a synthetic textile effluent. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 18, 1–15.

<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2897>

Flores Alarcón, M. A. D., Arenas Jarro, R. Y., Ahmed, M. A., García Bustos, K. A., Pacheco Tanaka, D. A., & Terán Hilaes, R. (2022). Intensification of Red-G dye degradation used in the dyeing of alpaca wool by advanced oxidation processes assisted by hydrodynamic cavitation (Vol. 89). *Ultrasonics Sonochemistry*.

<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106144>

Gereffi, G., Humphrey, J., & Sturgeon, T. (2005). The governance of global value chains. *Review of International Political Economy*, 12(1), 78–104.

<https://doi.org/10.1080/09692290500049805>

Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Exportaciones del sector de textiles, prendas de vestir, calzado y muebles. Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore/stack?country=173&year=2020&queryLevel=location&startYear=2003&productClass=HS&product=undefined&target=Product&partner=undefined>



Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Importaciones del sector de textiles, prendas de vestir, calzado y muebles en Perú entre 2003 y 2020.

Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore/stack?country=173&year=2020&queryLevel=location&startYear=2003&productClass=HS&tradeDirection=import&product=undefined&target=Product&partner=undefined>

Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Mapa de árbol de exportaciones de Perú en el año 2020. Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=173&queryLevel=location&product=undefined&year=2020&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=2003>

Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Mapa de árbol de importaciones de Perú en el año 2020. Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=173&queryLevel=location&product=undefined&year=2020&tradeDirection=import&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=2003>

Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Tree Map Principales países exportadores de textiles en el año 2020 [Fotografía]. Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=undefined&queryLevel=undefined&product=0&year=2020&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=1995>



Harvard's Growth Lab at the Harvard Kennedy School. (2020). Tree Map Principales países importadores de textiles en el año 2020 [Fotografía]. Obtenido de Growth Lab:

<https://atlas.cid.harvard.edu/explore?country=undefined&queryLevel=undefined&product=0&year=2020&tradeDirection=import&productClass=HS&target=Product&partner=undefined&startYear=1995>

Khan, A., Grabher, G., & Hossain, G. (2023). Smart-textile supercapacitor for wearable energy storage system. 73, Part B. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108963>

Kishor, R., Purchase, D., Saratale, G. D., Saratale, R. G., Ferreira, L. F. R., Bilal, M., Chandra, R., & Bharagava, R. N. (2021). Ecotoxicological and health concerns of persistent coloring pollutants of textile industry wastewater and treatment approaches for environmental safety. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(2), 105012. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.105012>

Lim, M. K., Tseng, M., Tan, K. H., & Bui, T. D. (2017). Knowledge management in sustainable supply chain management: Improving performance through an interpretive structural modelling approach. Journal of Cleaner Production, 162, 806–816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.056>

Macak, J. M., Zlamal, M., Krysa, J., & Schmuki, P. (2007). Self-organized TiO₂ nanotube layers as highly efficient photocatalysts. Small, 3(2), 300–304. <https://doi.org/10.1002/smll.200600426>



Martikkala, A., Mayanti, B., Helo, P., Lobov, A., & Ituarte, I. F. (2023). Smart textile waste collection system – Dynamic route optimization with IoT. *Journal of Environmental Management*, 335. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117548>

Mccullough, F. P. (2017). Ignition resistant cotton fibers. In Espacenet Patent Search. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DWO2017218527A1>

Ministerio de la Producción. (2022). Estudio de Investigación Sectorial Sector Textil y Confecciones 2020.

Mitul G, D. (2017). Improvements in sealing and life of bottom roller bearings used in spinning industry. In Espacenet Patent Search. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DWO2017163261A1>

71

Peña-Vinces, J., Solakis, K., & Guillen, J. (2020). Environmental knowledge, the collaborative economy and responsible consumption in the context of second-hand perinatal and infant clothes in Spain. *Resources, Conservation, and Recycling*, 159(104840), 104840. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104840>

Quispe, E. C., Sacchero, D., Wuliji, T., & Quispe, M. D. (2021). Evaluation of a new portable device that measures diameter of animal fibres. *South African Journal of Animal Science*, 50(5). <https://doi.org/10.4314/sajas.v50i5.7>



Rahman, M. A. (2024). Hybrid personal cooling and heating system. In Espacenet Patent Search.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DUS11857005B1>

Sholl, S., Freede, A., Byers, K., & Aronoff, S. (2024). Systems and methods for using machine learning models to effect virtual try-on and styling on actual users. In Espacenet Patent Search.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DWO2024006570A1>

Wurzinger, M., & Gutiérrez, G. (2022). Alpaca breeding in Peru: From individual initiatives towards a national breeding programme? Small Ruminant Research: The Journal of the International Goat Association, 217(106844), 106844.

<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106844>

Zapata, S. I. N., Benites-Alfaro, E., Flores, C. G., Cabanillas, A. Z., Flores, J. V., Olivera, C. C., & Ruiz-Vergaray, M. (s/f). Hydrodynamic cavitation as a clean technology in textile industrial wastewater treatment. Chemical engineering transactions.

<https://doi.org/10.3303/CET2186047>



Glosario

Confección: Hace referencia a las prendas de vestir y accesorios elaborados a partir de los tejidos y telas producidos en la industria textil. Las confecciones incluyen la manufactura, diseño y elaboración de ropa, calzado y otros productos finales hechos con materiales textiles. En este sentido, está enfocado en la fase de producción y diseño de artículos terminados para el uso personal.

Costura: Unión de dos o más trozos de tela mediante hilo y aguja.

Diseño textil: Creación de estampados, dibujos y estructuras para aplicar en tejidos.

73

Estampado: Técnica de decoración textil que consiste en imprimir dibujos sobre la tela.

Fibra textil: Material filiforme que se utiliza para la fabricación de tejidos.

Hilado: Acción de hilar. Hebra o hilo continuo que se obtiene hilando.

Industria textil: Sector económico dedicado a la producción de tejidos y prendas de vestir.



Moda: Conjunto de prendas de vestir, adornos y complementos que se consideran de buen gusto en un momento determinado.

Patrón: Modelo o plantilla que se sigue para cortar y confeccionar prendas de vestir.

Tejido: Tela o paño fabricado en telar con hilos de urdimbre y trama.

Tendencia: Dirección o inclinación que se manifiesta en la moda o en otros ámbitos.

Textil: Es referido al conjunto de tejidos y telas, así como a todo lo relacionado con su producción, comercio y utilización. En este sentido, el término "textil" abarca desde las materias primas utilizadas para la fabricación de tejidos (como el algodón, la lana, entre otros) hasta los propios tejidos y telas resultantes.

74

Tintura: Acción de teñir. Color o matiz que se da a una cosa teñida.

Trama: Conjunto de hilos que, cruzando con la urdimbre, forman el tejido.

Urdimbre: Conjunto de hilos tensados en un telar para tejer.