



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

Moda Inteligente y Sostenible: Una revisión de la Literatura y Tendencias Actuales

Autor: Sonsoles Martínez González
Director: Miryam Martín Sánchez

MADRID | Junio 2024

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda la intersección entre la industria de la moda, la sostenibilidad y la tecnología digital. Hoy en día, la industria de la moda se trata de una de las más influyentes y, lamentablemente, contaminantes en el panorama actual. La creciente conciencia ambiental y la necesidad de abordar desafíos relacionados con la sostenibilidad han impulsado una transformación fundamental en su operativa tanto a nivel interno como de cara al público. Por ello, tecnologías digitales como la inteligencia artificial, el Blockchain o la realidad virtual se perfilan como poderosas aliadas a la hora de enfrentarse a este tipo de desafíos.

Poder comprender cómo estas tecnologías están influyendo en la sostenibilidad dentro de la industria de la moda, permite ofrecer recomendaciones prácticas para la gestión empresarial. Igualmente, sirve como guía valiosa para todas aquellas empresas que busquen abrazar este cambio y contribuir, de esta manera, a un futuro más sostenible para la moda, el medio ambiente y la sociedad en su conjunto.

Palabras clave: Moda, *circular fashion*, sostenibilidad, ambiental, tecnología digital, inteligencia artificial.

ABSTRACT

This Final Degree Project addresses the intersection between the fashion industry, sustainability and digital technology. Nowadays, the fashion industry is one of the most influential and, unfortunately, polluting industries in the current landscape. Growing environmental awareness and the need to address challenges related to sustainability have driven a fundamental transformation in its operations both internally as well as towards the public. For this reason, digital technologies such as artificial intelligence, Blockchain or virtual reality are emerging as powerful allies when it comes to facing these types of challenges.

Understanding how these technologies are influencing sustainability within the fashion industry allows for practical recommendations for business management. It also serves as a valuable guide for those companies looking to embrace this change and contribute to a more sustainable future for fashion, the environment and society as a whole.

Key Words: Fashion, circular fashion, sustainability, environmental, digital technology, artificial intelligence.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. MOTIVACIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.2.1. Objetivos Generales.....	1
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO	2
2. MARCO CONCEPTUAL	3
2.1. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA MODA	3
2.1.1. Perspectiva histórica	3
2.1.2. Panorama actual.....	5
2.1.3. Liderazgo económico y geográfico	6
2.2. LA SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA MODA	8
2.2.1. Marco actual	8
2.2.2. Iniciativas sostenibles en la industria	9
2.3. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL VESTUARIO	11
2.3.1. Industria 4.0	11
2.3.2. Impacto en la moda.....	12
2.4. FUSIONANDO INNOVACIÓN Y CONCIENCIA EN LA MODA	13
3. METODOLOGÍA	15
3.1. BÚSQUEDA DE LOS ARTÍCULOS	16
3.2. SELECCIÓN DE LOS ARTÍCULOS	17
4. RESULTADOS	20
4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO	20
4.2. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	23
4.2.1. Clasificación	23
4.2.2. Categorization temática	27
5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	43
6. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES	45
6.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	45
6.2. CONCLUSIONES	45
7. BIBLIOGRAFÍA	49
8. ANEXO	64
8.1. ANEXO 1	64
8.2. ANEXO 2	64

Índice de Figuras

Figura 1: Ranking de las 10 marcas de ropa más valiosas del mundo en 2023 (en millones de USD)	7
Figura 2: Principales usos de IA generativa en la industria global de la moda en 2023	13
Figura 3: Flujo del proceso de búsqueda, selección y análisis de la revisión exhaustiva de la literatura	15
Figura 4: Flujo del proceso de selección esquematizado	18
Figura 5: Número de artículos publicados por año	20
Figura 6: Top 10 categorías asignadas por Web of Science	22

Índice de Tablas

Tabla 1: Descripción de las categorías de los artículos recolectados en función de su utilidad para el estudio	18
Tabla 2: Top 10 principales revistas	21
Tabla 3: Top 10 artículos más citados	21
Tabla 4: Componentes de la categoría de Tecnologías Digitales	24
Tabla 5: Componentes de la categoría de objetivos sostenibles	25
Tabla 6: Áreas funcionales en la industria de la moda	26
Tabla 7: Clasificación de artículos con impacto en la cadena de suministro.....	28
Tabla 8: Clasificación de artículos con impacto en el consumidor	33
Tabla 9: Clasificación de artículos con impacto en la gestión operativa y servicios al cliente ..	36
Tabla 10: Artículos que abordan el impacto general de la Industria 4.0 en la moda circular.....	40
Tabla 11: Futuras líneas de investigación.....	44

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Hoy en día, nos encontramos con un mundo cada vez más consciente de su impacto ambiental, y donde la industria de la moda destaca no solamente por la influencia cultural que ha tenido, y tiene en todas las generaciones, sino que también por su notable huella ecológica. Poco a poco la industria se ha enfrentado a la urgencia de reformas sostenibles, por eso surge la necesidad de explorar y aplicar aquellas tecnologías avanzadas que permitan a estas empresas realizar tareas y procesos de manera más responsable y sostenible. Algunos de los desafíos a los que se enfrenta este sector pueden ser aminorados con la aplicación de herramientas y tecnologías digitales como la inteligencia artificial, el *Blockchain*, el *IoT* o la realidad virtual. Este Trabajo de Fin de Grado, por lo tanto, encuentra su razón de ser en la creciente necesidad de comprender y estudiar cómo estas tecnologías pueden ser aplicadas a la industria de la moda de manera que, como consecuencia, se den prácticas más sostenibles y éticas.

El presente trabajo pretende identificar cómo estas innovaciones pueden optimizar desde el diseño y fabricación de los distintos productos, hasta la logística y el marketing, impulsando así un modelo de negocio de moda más circular y menos perjudicial para el planeta. Asimismo, se proporcionarán recomendaciones prácticas para la gestión empresarial basadas en un análisis riguroso de la literatura existente. Estas recomendaciones servirán a todas aquellas empresas de moda interesadas en adoptar un enfoque más sostenible, y como referencia para futuras políticas y desarrollos tecnológicos dentro del sector.

Analizando esta intersección entre tecnología digital, sostenibilidad e industria de la moda, este trabajo trata de contribuir significativamente al cuerpo académico sobre moda sostenible y tecnología digital. Además de proporcionar un marco de referencia para futuras investigaciones y prácticas industriales, que prioricen tanto la innovación como la responsabilidad social y ambiental.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVOS GENERALES

En el caso de la industria de la moda, ésta es una de las más influyentes y, lamentablemente, contaminantes del mundo actual. Debido a la creciente necesidad de abordar desafíos relacionados con la sostenibilidad, se ha llevado a cabo una transformación fundamental en la

manera en que esta opera. En un momento en que la inteligencia artificial, el *Blockchain* o la realidad virtual emergen como herramientas poderosas para enfrentarse a desafíos complejos en diversos sectores, es crucial entender su influencia en la sostenibilidad dentro de la industria de la moda y su capacidad para abordar problemas ambientales y sociales.

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es comprender cómo estas tecnologías influyen en la sostenibilidad en la moda y proponer un marco de referencia para empresas dentro de este sector.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la sostenibilidad e investigar y analizar el estado actual de la integración de determinadas tecnologías digitales en la industria de la moda.
- Identificar los vacíos, desafíos y oportunidades actuales en las distintas áreas funcionales tales como diseño, fabricación, logística y marketing, a través de un análisis de artículos académicos.
- Proporcionar recomendaciones prácticas para las empresas de moda que buscan adoptar estrategias más sostenibles con la ayuda de la tecnología digital, basadas en los hallazgos de la investigación.

1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

El trabajo se divide principalmente en seis partes. En primer lugar, se presenta una breve introducción al estudio donde se abarca una motivación, objetivos generales y específicos y finalmente, la estructura. En segundo lugar, se presentará un marco teórico donde se abordarán las distintas áreas de estudio que conciernen al presente trabajo, desde un análisis de la industria de la moda en el panorama actual y su evolución, hasta un análisis acerca de cómo los distintos agentes objeto de estudio han cobrado un rol fundamental en esta industria y en la sociedad en su totalidad. En tercer lugar, se presentará la metodología empleada para la realización de la revisión de la literatura, seguido de un cuarto apartado, donde se presentan y analizan los resultados del estudio. A continuación, se expone el quinto apartado donde se proponen futuras líneas de investigación identificadas a raíz del análisis. Finalmente, en la última parte del trabajo se desarrollarán las distintas conclusiones que se alcanzan tras la realización del estudio conceptual y revisión de la literatura realizada en los anteriores apartados del trabajo, junto con las respectivas limitaciones de este.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA MODA

Desde siempre, la moda nos ha acompañado a lo largo de nuestra vida, incluso antes de nacer cuando nuestros padres ya tenían seleccionados los conjuntos que nos iban a poner en nuestros primeros meses de vida. Las personas utilizamos la ropa para expresarnos y sentirnos representados. Por esta razón, en muchas ocasiones, distintas culturas o personalidades afines tienden a compartir patrones y gustos en la forma de vestir. A medida que pasan los años, la moda ha evolucionado con la sociedad y se ha ido moldeando y ajustando a las preferencias y tendencias de las personas, conformando un campo dinámico de innovación y expresión personal. Sin embargo, para comprender la industria de la moda en su totalidad, hace falta conocer sus raíces e historia, además de su estado actual, explorando su evolución y adaptabilidad a lo largo de los años.

Antes de analizar la historia de esta industria en detalle, hace falta distinguir cuando nos referimos a la moda, y cuando analizamos la industria de la confección o vestuario, que, a pesar de estar estrechamente vinculadas, se trata de conceptos diferentes.

Por un lado, la moda se caracteriza por consistir en *“la aceptación de un gusto o preferencia por un gran número de personas durante un corto periodo de tiempo”* (Tortora, 2010, pp. 165). Mientras que, por otro lado, la confección desde una perspectiva industrial se refiere a *“una serie de actividades de manufactura que llevan a la creación de indumentaria, a partir de un diseño realizado previamente y con ayuda de las herramientas tecnológicas adecuadas para optimizar los procesos necesarios”* (Pérez Porto & Gardey, 2022). Por lo tanto, mientras que nos podríamos referir a la moda como una tendencia, la confección hace referencia al proceso de fabricación de las prendas en sí.

2.1.1. PERSPECTIVA HISTÓRICA

Las primeras formas de vestimenta datan de hace unos 300,000 años, durante la era del homo sapiens, donde los humanos empleaban pieles y plantas para cubrirse. El objetivo trataba de protegerse del clima, con una clara función de supervivencia y practicidad (Vargas et al., 2024). De hecho, Vargas et al. (2024) determinan que, como consecuencia del aumento de la demanda, se comenzaron a llevar a cabo técnicas de tejido a base de fibras vegetales y animales, lo que dio comienzo a la fabricación de ropa en telares.

Según lo expuesto por Tortora (2010), los estudiosos e historiadores de la moda en Occidente, identificaron determinadas culturas y periodos de tiempo donde el estilo de vestimenta no parecía cambiar, o lo hacía muy lentamente. Este fue el caso del antiguo Egipto, donde la vestimenta no parecía variar entre generaciones. El autor sugiere que esta constancia generacional significa que dichos estilos no se veían afectados por la moda. No obstante, Tortora también menciona, aunque no exista consenso, que desde la Edad Media y en torno al siglo XIII, se observan cambios en la moda y preferencias estilísticas en Europa. Estos cambios dieron comienzo a la moda tal y como la conocemos hoy. El autor también enfatiza cómo este fenómeno continuó evolucionando, y hacia el siglo XIV, el ritmo de cambio en el ámbito de la moda se aceleró con modificaciones periódicas significativas en las siluetas y detalles de las prendas.

Por otro lado, Linden (2016) sitúa el surgimiento formal de la industria del vestuario en Gran Bretaña a finales del siglo XVII, impulsada por el movimiento de *enclosures*¹ y la Revolución Industrial. Esta época marcó un antes y un después, con el surgimiento de una clase consumidora que prefería adquirir prendas ya hechas, en lugar de fabricarlas por sí mismos. Por otro lado, en EE. UU el cultivo de algodón, a través de la mano de obra esclava, proveyó a Gran Bretaña de materia prima, procesada en Europa gracias a las tecnologías innovadoras del momento. Estas innovaciones reducían los costes de la tela, permitiendo a las clases más bajas un mayor acceso a las mismas.

Según lo establecido por Linden (2016), EE. UU alcanzó una posición muy fuerte en lo que respecta a la industria de la confección. Sin embargo, el autor recalca que, debido al incremento en los precios de manufactura, las empresas estadounidenses comenzaron a externalizar su producción a países con una mano de obra más barata. El autor también hace hincapié en cómo la historia interconectada de la industria de la vestimenta en Gran Bretaña y Estados Unidos demuestra cómo este sector se ha convertido en un factor crítico para el desarrollo económico, ayudado a numerosos países a adquirir el suficiente impulso como para industrializarse y desarrollarse.

Tortora (2010) menciona como a nivel de producción, la industria de la moda evolucionó hacia la producción en masa, que comenzó a desarrollarse en el siglo IX, influenciada por determinadas innovaciones como la máquina de coser o el corte de patrones en papel. Dichas invenciones facilitaron la producción en serie y disponibilidad de moda asequible para las masas. Esto supuso

¹ El término *enclosures* se refiere a un movimiento que se dio en Gran Bretaña entre los siglos XVI y XVII en el que muchos terrenos que una vez estaban abiertos a todo el mundo se privatizaron.

un cambio radical en la industria de la indumentaria, debido a que, en un pasado, como indica Linden (2016), la moda era solamente asequible para la élite más pudiente.

Más adelante, y con el inicio del siglo XX, la moda cambia drásticamente, consecuencia de que las mujeres de todos los estratos sociales adoptaron nuevos estilos de vida (Vargas et al., 2024). Según lo establecido por los autores, fue aquí cuando nació Coco Chanel, revolucionando la moda con prendas más cómodas y prácticas, promoviendo un cambio para adaptarse al estilo de vida de las mujeres de la época.

A lo largo del siglo XX, la moda experimentó una notable evolución, donde tras la segunda guerra mundial, ya no existían los códigos, signos, reglas o parámetros que la solían definir. Desde una moda *unisex* que surgió en los años 60, pasando por una fase en los 80 caracterizada por los colores vivos, accesorios llamativos y ropa ajustada, hasta una moda más sencilla y discreta en los 90. La moda de los 90 se caracterizaba por reflejar un enfoque ecológico y espiritual, promoviendo la autenticidad y nuevas formas de consumo, y donde nace un rechazo hacia los clásicos abrigos de piel real (Vargas et al., 2024).

2.1.2. PANORAMA ACTUAL

En lo que respecta al siglo XXI, Vargas et al. (2024) hacen referencia a cómo la moda ha sido influenciada por una revolución tanto cultural como tecnológica. En esta época, la moda se ha visto marcada, de manera notable, por estilos como el *streetwear*² o *athleisure*³, culturas como las del *hip-hop* o *emo*, y estrellas televisivas y figuras públicas que aparecen en *reality shows*.

Por otro lado, desde el 2010 hasta la actualidad, la industria de la moda ha continuado experimentando un cambio constante, reciclando modas pasadas como los pantalones campana o *crop tops*, y donde los consumidores se ven influidos significativamente por *influencers*⁴ de redes sociales o las pasarelas de moda. Sin embargo, ahora más que nunca, la industria se enfrenta a desafíos críticos en relación con la sostenibilidad, especialmente debido al impacto del *fast fashion*, desembocando en una serie de corrientes y movimientos a favor de una moda más sostenible (Vargas et al., 2024).

² En español, estilo callejero.

³ Esta tendencia hace referencia al uso de prendas deportivas para atuendos casuales (González, 2023).

⁴ Se consideran influencers aquellas personas que poseen poder de influencia sobre un grupo de personas, debido a que estos lo ven como un referente a seguir.

A continuación, se recogen algunas de las tendencias más reconocidas del siglo XXI (Idoia & Rebeka, 2023):

- **Fast fashion (o moda rápida):** Esta tendencia nació como resultado de numerosas innovaciones y la globalización, llevando a un incremento en la producción de moda rápida. Se caracteriza por la producción en masa, a precios bajos y en plazos cortos. Dicha tendencia ha desencadenado un consumo exagerado, además de una disminución en la calidad de la ropa.
- **Moda sostenible:** Esta tendencia, como contraposición de la moda rápida, se trata de la creación de prendas y accesorios éticos, ecológicos y socialmente responsables. Esto ha incrementado la conciencia sobre las consecuencias ambientales y sociales que rodean a la industria.
- **Moda urbana:** Este tipo de moda se caracteriza por el uso de ropa cómoda y funcional, como sudaderas, zapatillas o ropa deportiva. Esta tendencia surge como consecuencia de la cultura del *hip-hop* y el *streetwear*.
- **Personalización:** El aumento en la personalización de las prendas se debe, en gran parte, a los avances tecnológicos. A través del uso de estas tecnologías, se ha permitido una mayor expresión personal y una moda más única.
- **Moda inclusiva:** Conducente a un aumento de la diversidad en la industria, esta tendencia se originó debido a la creciente personalización en la ropa, donde las marcas producen sus prendas para consumidores de todas las tallas, etnias o géneros.

En conclusión, podemos decir que el siglo XXI refleja un dinamismo sin precedentes, donde se han redefinido las distintas tendencias y preferencias entre los consumidores, además de sus prioridades. Esta evolución surge en gran medida a raíz de determinados factores como el impacto de corrientes culturales, los *influencers* y las numerosas innovaciones tecnológicas.

2.1.3. LIDERAZGO ECONÓMICO Y GEOGRÁFICO

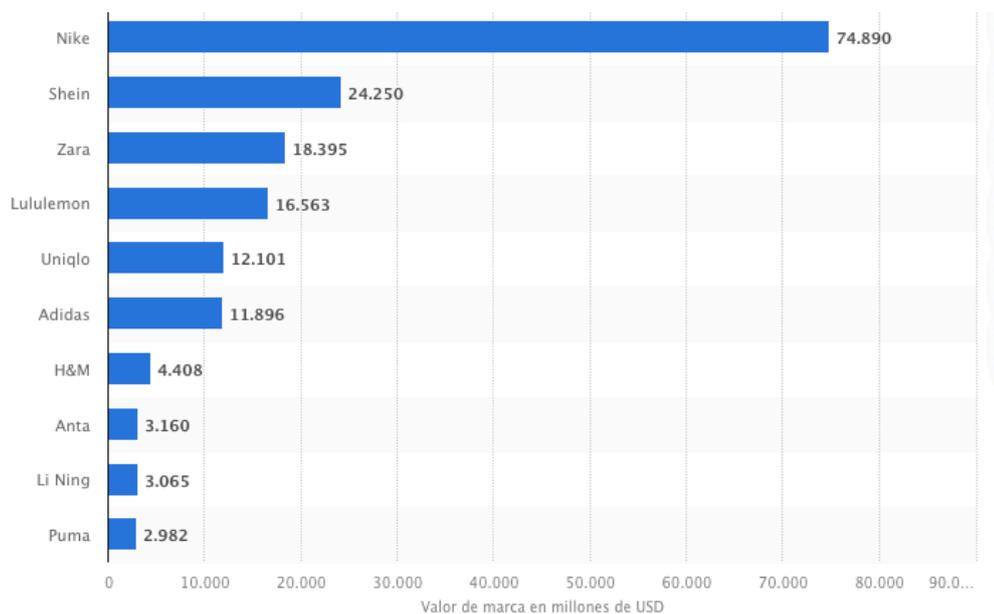
Actualmente, la industria de la moda genera más de un billón de dólares a nivel mundial, donde cerca del 40% de todos los artículos que engloba están destinados a un público femenino. Por otro lado, las entidades geográficas de China y la Unión Europea se caracterizan por tratarse de las principales fuentes de ropa a nivel mundial (Orús, 2024).

De acuerdo con un informe elaborado por *McKinsey* y *The Business of Fashion (BoF)*, de cara al año 2024, se prevé que la industria de la moda experimentará un crecimiento anual en las ventas de entre el 2 y 4 por ciento (Admiraal, 2023).

Según lo expuesto por Orús (2024), en cuanto a las empresas líderes del sector, *Nike* se posiciona como la marca de ropa más valiosa del mundo, superando los 25 millones de dólares y aventajando a *Shein*. No obstante, en cuanto a capitalización de mercado, *Moët Hennesy Louis Vuitton (LVMH)* se posiciona en primer puesto con 479.300 millones de dólares en mayo de 2023, frente a los casi 183.000 millones de *Nike*. El autor también hace referencia a la compañía *Inditex*, la cual sigue predominando en el ámbito del *fast fashion* y la venta al por menor, alcanzando un récord de 34.500 millones de dólares facturados en el 2022.

En la Figura 1 podemos observar el ranking de las principales 10 marcas de ropa más valiosas del mundo en 2023: según los datos recabados por Orús (2023).

Figura 1: Ranking de las 10 marcas de ropa más valiosas del mundo en 2023 (en millones de USD)



Fuente: Extraído de Orús, (2023)

En la Figura 1 se aprecian diferentes segmentos de la industria de la moda alineados con las tendencias expuestas en apartados anteriores: desde marcas de *fast fashion* como *Zara* o *H&M*, hasta moda deportiva y urbana representada por empresas como *Nike* o *Puma*.

2.2. LA SOSTENIBILIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA MODA

2.2.1. MARCO ACTUAL

“La moda es considerada el segundo sector más contaminante a nivel mundial, inmediatamente después de la industria del petróleo” (Abbate et al., 2023, pp.1).

A pesar de tratarse de una industria en constante crecimiento y evolución, como se ha expuesto en apartados anteriores, la industria de la moda, cada vez más, se enfrenta a desafíos críticos en términos de sostenibilidad. Según *McKinsey* y *The Business of Fashion (BoF)*, debido a la actual crisis climática y las nuevas regulaciones de sostenibilidad en la UE y EE. UU, las empresas de moda ya no podrán mantenerse al margen del cambio climático. Sino que, las marcas tendrán que tomar acción contra él, reduciendo sus emisiones de gases de efecto invernadero. Además, como consecuencia de las condiciones climáticas, muchas vidas y medios de subsistencia de los trabajadores peligran. Esto también hace que peligren las exportaciones de ropa, cuyo valor estimado según *McKinsey* y *BoF*, es de 65,5 mil millones de dólares para 2030 (Admiraal, 2023).

De acuerdo con Orús (2024), en un esfuerzo por reducir las elevadas emisiones contaminantes del sector en los últimos años, se ha promovido un uso más responsable de la moda, incentivando una mayor sostenibilidad entre los consumidores. Uno de los incentivos más destacados trata de la venta de ropa de segunda mano, suponiendo cerca del 6% de las ventas totales del mercado en 2022. Según menciona el autor, se estima que, en menos de una década, un quinto del armario de una persona promedio estará compuesto por este tipo de prendas.

Un concepto de gran importancia y relevancia hoy en día es la moda circular, o *circular fashion* en inglés. Antes de profundizar en este concepto, resulta interesante analizar su origen. Para ello, nos remontamos al término de “circularidad”, que según D’Itria & Aus (2023), deriva del concepto de economía circular. De acuerdo con los autores, este concepto proviene del ámbito económico, y fue desarrollado por académicos en respuesta a los impactos del modelo de producción lineal, el cual se basa en la secuencia “extraer-producir-desechar”.

Tal y como exponen Dissanayake & Weerasinghe (2021), una gran parte de la literatura existente que aborda la moda circular emplea la definición general de economía circular. Sin embargo, es importante distinguir entre ambos conceptos. Por un lado, MacArthur (2013), se refiere a la economía circular como un sistema industrial restaurativo o regenerativo, que promueve la restauración y la reducción de residuos mediante un diseño superior de materiales y productos. Mientras tanto la moda circular, se define como:

“Ropa, zapatos o accesorios que se diseñan, obtienen, producen y suministran con la intención de ser utilizados y circulados de manera responsable y efectiva en la sociedad durante el mayor tiempo posible en su forma más valiosa, y en el futuro regresar de manera segura a la biosfera cuando ya no sea de uso humano” (Brismar, 2017).

A través de estas definiciones podemos apreciar la estrecha vinculación que existe entre ambos términos. Esto se debe a que el término de moda circular surge como consecuencia de la aplicación de la economía circular dentro del sector de la moda (Aramendia-Muneta et al., 2022).

Sin embargo, una empresa de moda sostenible no debe enfocarse solamente en la cadena de producción o reducción de residuos para alcanzar la excelencia sostenible. Sino que, tal y cómo se indica en la web de BBVA (2024), la experta en sostenibilidad Susana Vela Covisa recalca que *“la moda sostenible es mucho más que algodón orgánico; la sostenibilidad tiene tres patas fundamentales, que son la ambiental, la social y la económica”*. Según Susana Vela, el concepto clave detrás de la moda sostenible es la trazabilidad y el ecodiseño. Entendemos el término de ecodiseño como aquel que tiene en cuenta todo el ciclo de vida de una prenda, desde su producción hasta las condiciones laborales de aquellos que la cosen.

2.2.2. INICIATIVAS SOSTENIBLES EN LA INDUSTRIA

A lo largo de los años se han desarrollado diversas iniciativas dentro de la industria de la moda para favorecer una industria más sostenible. A continuación, se mencionan algunas de las iniciativas más relevantes en el sector de la moda hoy en día.

En primer lugar, cabe mencionar el *‘2020 Circular Fashion System Commitment’*, un foro de liderazgo, impulsado por la *‘Global Fashion Agenda’ (GFA)*. Fue firmado en el evento que organiza la GFA, conocido como *‘Copenhagen Fashion Summit’* en 2017. El objetivo consiste en guiar y apoyar a los actores clave de la industria hacia un cambio en la forma en la que se produce, comercializa y consume moda. Este foro trata de desarrollar y fomentar acciones reales y efectivas hacia un sistema de moda circular, permitiendo la participación de todo tipo de empresas dentro del sector moda (Iribarren, 2019).

Un año más tarde, surge la iniciativa global conocida por el nombre de *‘The Fashion Industry Charter for Climate Action (FICCA)’*. Según lo expuesto en la web de UNFCCC (s.f), esta se trata de una carta elaborada por distintos *stakeholders* de la industria de la moda en 2018 en Polonia, y renovada más adelante en Reino Unido en 2021. Esta carta tiene como meta hacer que la industria de la moda avance hacia un mayor compromiso con la acción climática. La carta

proporciona un plan, indicando las áreas clave de enfoque en los compromisos y requiere responsabilidad a través de informes públicos, además de la preparación de planes de reducción de emisiones. Estos objetivos van más allá de los compromisos generales de la industria, algunos de los objetivos incluyen lograr emisiones netas cero para 2050 y mantener el calentamiento global por debajo de los 1.5 grados.

Más adelante, en agosto de 2019 se lanzó ‘*The Fashion Pact*’, como iniciativa del presidente francés Emmanuel Macron. Se trata de una organización sin ánimo de lucro, cuyo objetivo consiste en abordar los impactos ambientales dentro de la industria de la moda a través de la acción colectiva de directores ejecutivos de la industria. Actualmente, la organización está compuesta por más de 160 marcas, esto supone un tercio de la industria de la moda en términos de volumen y se encuentra presente en diecisiete países (The Fashion Pact, s.f). Tal y como señala Guinebault (2019), este pacto trata de reducir el impacto negativo de la industria de la moda en las siguientes áreas principales:

1. **El clima:** A través de objetivos como la meta de cero emisiones netas de carbono para 2050 o la garantía de un uso de energías renovables del 100% en 2030.
2. **La biodiversidad:** Abandonando la ganadería intensiva y reforzando las explotaciones agrícolas que respetan la regeneración de los suelos, la protección de las especies y el ecosistema natural.
3. **Los océanos:** Reduciendo la contaminación por microfibras de plástico erradicando el uso de plásticos de un único uso para 2030 y apoyando la innovación en materiales.

Otra opción viable para aquellas empresas preocupadas por el medioambiente es certificarse. Existen certificados muy completos como *GOTS (Global Organic Textile Standard)*, asegurando el respeto al medioambiente a lo largo de todo el proceso de producción, desde la cosecha, hasta el trabajo digno de las personas que la han hecho posible. O el estándar textil *Fairtrade*, que certifica el compromiso de las empresas con unas condiciones de comercio justas (BBVA, 2024).

Estas iniciativas en muchas ocasiones cuentan con objetivos sostenibles similares, sin embargo, todas ellas fomentan una mayor cooperación dentro del sector de la moda.

2.3. LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL VESTUARIO

2.3.1. INDUSTRIA 4.0

Numerosos sectores han evolucionado como consecuencia de la transformación digital, y la industria de la moda no ha sido una excepción. A continuación, cubriremos las oportunidades y consecuencias que supone esta transformación digital en la industria.

Sin embargo, antes de nada, hay que preguntarse: ¿qué supone una transformación digital a nivel global? Tal y como establece Schwab (2020), hoy en día nos encontramos al borde de una revolución tecnológica con el potencial de aumentar los ingresos globales y calidad de vida de la población mundial. En términos de escala, alcance y complejidad, esta transformación será diferente a todo lo ya vivido. Esta revolución se trata de la Cuarta Revolución Industrial, que “*se caracteriza por una fusión de tecnologías que está difuminando las líneas entre las esferas física, digital y biológica*” (Schwab, 2020, pp. 6).

Estos cambios tecnológicos ya están transformando completamente los sistemas de producción, gestión y gobernanza en casi todas las industrias. Las posibilidades de conexión entre miles de millones de personas a través de dispositivos móviles con acceso a altas capacidades de almacenaje y procesamiento son ilimitadas. A su vez, estas posibilidades se ven multiplicadas por avances tecnológicos emergentes como la inteligencia artificial, robótica, *IoT* o impresión 3D (Schwab, 2020).

Según lo establecido en Iberdrola (s.f), esta revolución marca el origen de la Industria 4.0, la cual lleva asociada tanto ventajas y oportunidades, como desafíos e incertidumbres. Algunas de estas ventajas incluyen: la mejora en la productividad y eficiencia de procesos, una mayor seguridad para los trabajadores (al evitar entornos peligrosos), la toma de decisiones más informada y el aumento en la competitividad. Sin embargo, además de los riesgos asociados a la ciberseguridad o la dependencia tecnológica, entre otras cosas, la industria 4.0 plantea un desafío importante en lo que respecta a la pérdida de empleo.

Según lo expuesto por SAP (s.f.) la Industria 4.0 está basada en 9 pilares tecnológicos: (1) *Big data* y analítica de IA, (2) integración horizontal y vertical, (3) computación en la nube, (4) realidad aumentada, (5) internet de las cosas (*IoT*⁵), (6) impresión 3D, (7) robots autónomos, (8) simulación/gemelos digitales y (9) ciberseguridad. Tal y como indica SAP (s.f.), a pesar de que

⁵ *IoT* representa sus siglas en inglés, es decir, del término *Internet of things*.

muchas empresas ya emplean este tipo de tecnologías, el verdadero potencial de la Industria 4.0 se alcanza al emplearlas de manera conjunta.

2.3.2. *IMPACTO EN LA MODA*

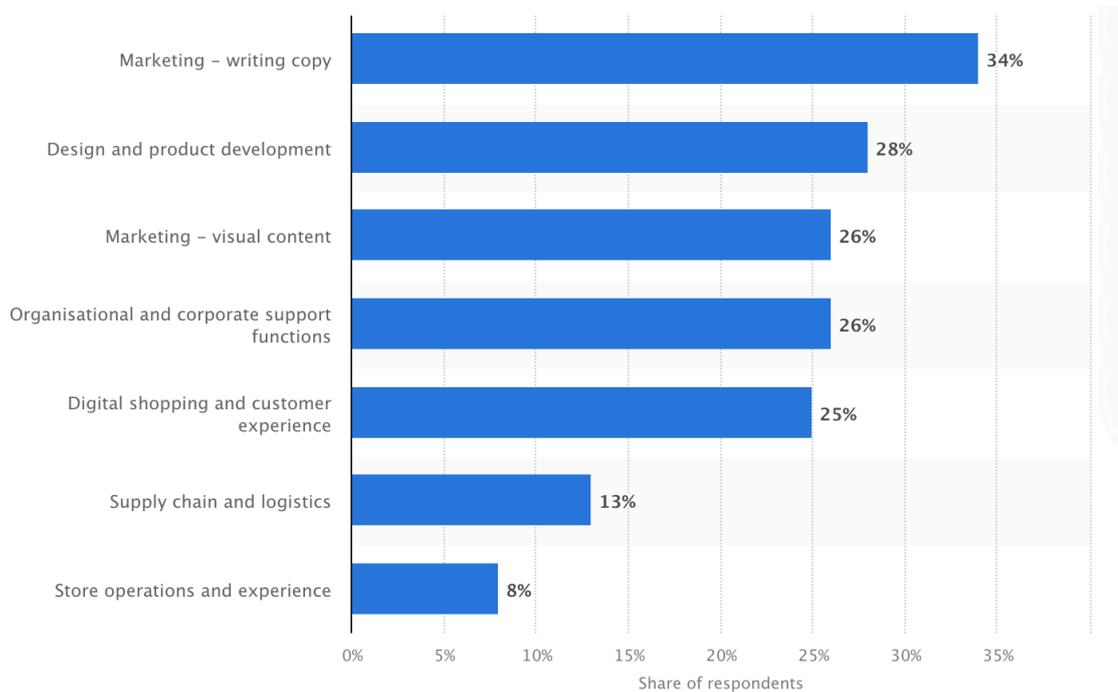
Según Lois Bermejo (2019), la Cuarta Revolución Industrial, ha provocado el nacimiento de un nuevo modelo de negocio en la industria de la moda basado en el comercio electrónico. En vista de esto, se indica que las empresas deben invertir en este canal, además del físico, proporcionando servicios *online* si quieren seguir manteniendo su relevancia. Además, el autor destaca cómo el papel de la tienda física está cambiando. Mediante el uso de tecnologías virtuales o robots, se podrá brindar una asistencia al cliente más completa que la que puede brindar un dependiente.

Asimismo, hoy en día cualquier consumidor con acceso a internet puede compartir su experiencia con las marcas en redes sociales, influyendo en las decisiones de compra de otros consumidores. Debido a la información disponible en la red y los sistemas de blockchain, la transparencia se ha convertido en un objeto de competición entre las empresas (Lois Bermejo, 2019).

McKinsey y *BoF* identificaron en su informe que la IA ofrece un notable potencial de expansión para la industria de la moda. Según los resultados del informe, aproximadamente el 73% de los ejecutivos entrevistados esperan priorizar la IA generativa en 2024. Sin embargo, solo el 5% afirma estar preparado para aprovechar esta tecnología al máximo (Admiraal, 2023). Tal y como indican Harreis et al., (2024), la IA generativa permite a las empresas de moda ser más productivas, anticiparse al mercado y ofrecer un mejor servicio a sus consumidores. Esta tecnología se puede aplicar a lo largo de toda la cadena de valor desde el producto en sí, hasta las operaciones en tienda y funciones de soporte.

En la Figura 2 se observan los principales usos de IA generativa en la industria de la moda en el año 2023: según los datos recabados por Dencheva, (2024). Estos datos incluyen las respuestas de profesionales de la industria de la moda en Estados Unidos, China y Reino Unido.

Figura 2: Principales usos de IA generativa en la industria global de la moda en 2023



Fuente: Extraído de Dencheva, (2024)

Según la Figura 2, el principal uso de esta tecnología (votado por un 34% de los profesionales), se concentra en el área de marketing, en concreto, en la redacción de textos. Mientras que su segundo uso más frecuente involucra la tecnología en el diseño y desarrollo de los productos.

Por otro lado, otras tecnologías como la impresión 3D han permitido la personalización de prendas y accesorios únicos. Un ejemplo es la marca de *Balenciaga*, la cual empleó esta tecnología para la creación de su colección Otoño/Invierno 2018 (Creanavarra Arte Digital y Tecnología, 2024).

En definitiva, las innovaciones tecnológicas han transformado la industria de la moda, alterando el comportamiento del consumidor, dándole total importancia al valor del producto y experiencia de compra, e incrementado significativamente la competitividad entre las empresas (Mata Varela, 2022).

2.4. FUSIONANDO INNOVACIÓN Y CONCIENCIA EN LA MODA

Tal y como se ha visto en apartados anteriores, tanto la sostenibilidad como el uso de tecnologías digitales suponen dos áreas en constante crecimiento y cada vez más relevantes dentro de la industria de la moda. Por ello, surge la pregunta: ¿pueden las tecnologías digitales fomentar una mayor sostenibilidad dentro de la industria?

De acuerdo con lo expuesto por Scaturro (2008), en un principio, la tecnología y la moda sostenible pueden parecer ideales opuestos, sin embargo, existen relaciones simbióticas entre ambas áreas. La sinergia entre tecnología, sostenibilidad y moda es evidente en el ciclo de vida de la moda **eco-tech**, desde su producción hasta su post-consumo. Estas mediaciones tecnológicas se pueden dividir en dos ámbitos:

1. **Ámbito material:** Refiriéndose a “*la creación física de moda ética, abarcando áreas como las elecciones de diseño, la fabricación de fibra y el reciclaje de ropa vieja*”.
2. **Ámbito digital:** Este ámbito “*enfatisa el tremendo impacto de Internet en la moda sostenible a través de la habilitación del consumo socialmente consciente y la dispersión de información*” (Scaturro, 2008, pp. 476).

En el pasado, se asociaba el término “eco-fashion” a ropa poco sofisticada, de baja calidad y diseño limitado. No obstante, con el tiempo, esta moda ha evolucionado hacia un diseño más innovador, motivado por el estilo y centrado en la tecnología. Es por esto por lo que la moda eco-tech se ha convertido en un movimiento que se anticipa al futuro de la moda (Scaturro, 2008).

Un ejemplo de moda eco-tech es el programa “*Made to be remade (MTBR)*” de la marca Adidas, donde el objetivo es elaborar prendas 100% reciclables. Este programa fomenta la circularidad a través tecnologías digitales como códigos QR y tecnologías de reciclaje como el TPU o poliéster reciclable. Además, constituye una parte crítica del compromiso de la marca para acabar con los desechos plásticos y alcanzar la neutralidad climática⁶. La iniciativa comenzó con el lanzamiento de las zapatillas ‘*Futurecraft Loop*’ en 2019, siendo esta su primera zapatilla hecha de un solo material para su posible reciclaje (Adidas, 2022; Adidas, 2021).

Actualmente, la intersección entre tecnología y moda sostenible presenta muchas incógnitas en la literatura académica debido a que son conceptos relativamente nuevos. Este trabajo, contribuirá a la literatura existente proporcionando evidencia sistemática que abordará algunas de estas incógnitas. Además, se identificarán vacíos en la literatura que pueden ser estudiados más a fondo, ofreciendo así una mejor comprensión de cómo la tecnología digital permite fomentar una moda más sostenible y abriendo nuevos caminos para futuras investigaciones en este campo emergente.

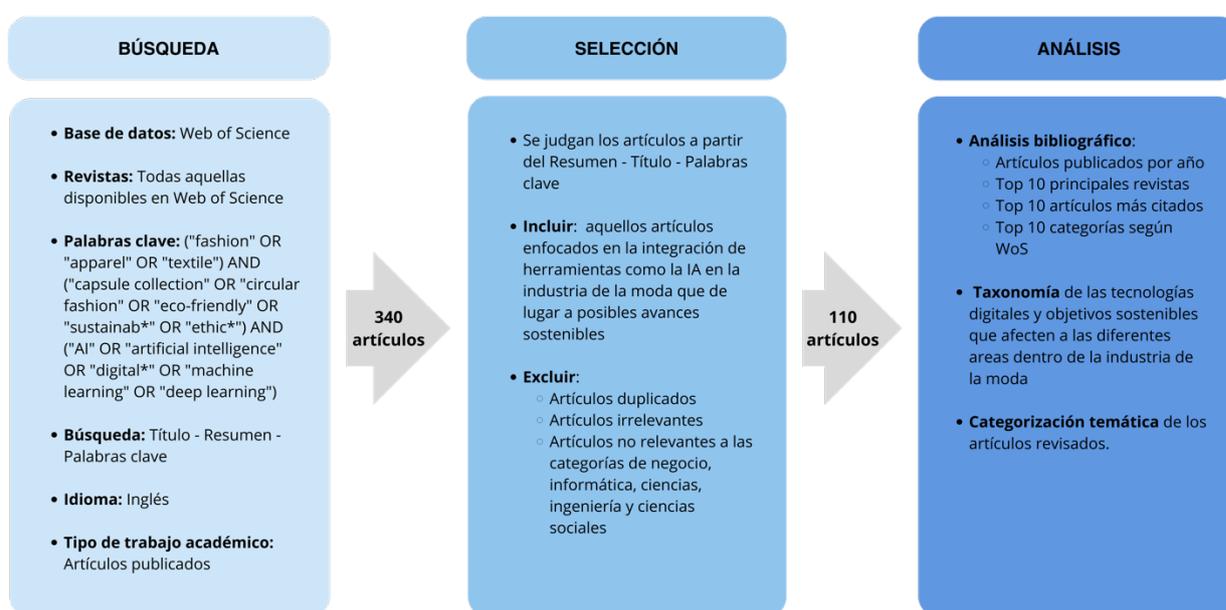
⁶ La neutralidad climática consiste en lograr cero emisiones netas de gases de efecto invernadero mediante el equilibrio entre las emisiones producidas y las eliminadas a través de la absorción natural del planeta (UFCCC, 2021).

3. METODOLOGÍA

La metodología que se llevará a cabo en el trabajo estará dividida en tres partes principales que permitirá alcanzar los objetivos propuestos. Para esta revisión de la literatura, se aplicará un método sistemático extendidamente validado por otros estudios, véase, por ejemplo, Aristodemou y Tieze (2018) o Yang et al. (2017).

La Figura 3 muestra el flujo del proceso para la revisión exhaustiva de la literatura:

Figura 3: Flujo del proceso de búsqueda, selección y análisis de la revisión exhaustiva de la literatura



Fuente: Elaboración propia (tecnología Canva)

El proceso está dividido en tres etapas principales: búsqueda, selección y análisis (las tres etapas procederán a explicarse detalladamente en los siguientes epígrafes). En la primera etapa se realiza una búsqueda de artículos a través de la plataforma de investigación *Web of Science (WoS)*. En ella, se proporciona acceso a bases de datos bibliográficos de la literatura científica, empleando términos clave y filtros que permitan recabar los artículos de la manera más rigurosa y fiable.

Durante la segunda etapa se evalúan los artículos recabados descartando aquellos que resulten irrelevantes a la investigación y quedándonos solamente con aquellos que aporten valor a el estudio.

Finalmente, en la etapa de análisis, se evaluarán los resultados, realizando un análisis bibliográfico donde se analizan las frecuencias de factores como el año de publicación, artículos más citados, principales revistas, y principales categorías según *WoS*. También se analizarán estos resultados a través de una clasificación de los tres focos de análisis y categorización temática de los artículos.

3.1. BÚSQUEDA DE LOS ARTÍCULOS

En primer lugar, se llevará a cabo una búsqueda de artículos acerca de tecnologías digitales, y su impacto en la sostenibilidad en el ámbito de la industria de la moda a partir de la plataforma en línea *WoS*. La cual, nos proporciona acceso a una amplia variedad de artículos académicos publicados hasta el momento de la búsqueda. De este modo, se recogerán aquellos artículos más relevantes publicados hasta la fecha.

Para ello, en primer lugar, se realizó una búsqueda dentro del título, resumen y palabras clave de varios términos importantes como, por ejemplo, “*artificial intelligence*”, “*digital*”, “*machine learning*”, “*fashion*”, “*apparel*”, “*textile*”, “*sustainability*”, “*circular fashion*” o “*eco-friendly*”. Todas ellas, palabras relevantes a los objetivos del estudio. A continuación, se muestra la búsqueda completa empleada para la recolecta de artículos:

```
("fashion" OR "apparel" OR "textile") AND ("capsule collection" OR "circular fashion" OR "eco-friendly" OR "sustainab*" OR "ethic*") AND ("AI" OR "artificial intelligence" OR "digital*" OR "machine learning" OR "deep learning")
```

Además, cabe mencionar que, como podemos observar en la búsqueda, esta fue refinada combinando palabras a través de operadores booleanos, como, “*OR*”⁷ o “*AND*”⁸. De esta manera reducimos la búsqueda, y del mismo modo, aumentar la precisión de los resultados. Asimismo, se emplearon asteriscos en la búsqueda, permitiéndonos realizar una búsqueda más flexible e incluir de esta manera todas las extensiones posibles de la palabra raíz. Es decir, en este caso, al colocar un asterisco al final de la palabra “*digital*”, lo que estamos haciendo es, permitir a la

⁷ En este caso, el operador booleano “*OR*”, nos permite ampliar los resultados al incluir artículos que contengan cualquiera de los términos conectados por el operador.

⁸ Este operador “*AND*”, restringe los resultados a solamente aquellos que contengan los términos conectados por el operador. Por lo que, para ser incluido en la búsqueda, el artículo debe contener, al menos, uno de los términos de cada grupo conectado por el operador.

búsqueda capturar palabras como “*digitalization*”, “*digitalized*” o simplemente “*digital*” sin necesidad de enumerar cada variante de la palabra.

La búsqueda se realizó el 4 de enero de 2024, donde se decidió no limitar la fecha de publicación de los artículos, de manera que se incluyeron todos aquellos publicados hasta la actualidad. Una de las principales razones por las que se tomó esta decisión es que las investigaciones más antiguas, a menudo, proporcionan lecciones aprendidas que pueden ser fundamentales para evitar recaer en errores del pasado. De esta manera, se puede construir sobre las bases ya establecidas y aportar valor a la literatura académica, en lugar de empezar desde cero o generar resultados redundantes. Esto nos permite obtener una visión más amplia en cuanto a la evolución de la tecnología dentro de la industria de la moda y su impacto en la sostenibilidad, identificando tendencias o avances tecnológicos clave que conducen al estado actual de la literatura. Además, en campos rápidamente cambiantes como es el caso de la inteligencia artificial, el *Blockchain* o la interfaz usuario y demás tecnologías digitales, los desarrollos pioneros pueden haber ocurrido hace años, pero sus aplicaciones e implicaciones podrían seguir siendo refinadas y exploradas hoy en día, de manera que, excluir estos trabajos podría resultar en la pérdida de información relevante para el estudio.

Asimismo, la búsqueda se limitó a aquellas publicaciones académicas que se traten de artículos y que, además, hayan sido redactadas en inglés.

En cuanto a los resultados de la búsqueda realizada en enero de 2024, se recuperaron un total de 340 documentos. Sin embargo, estos no representan el conjunto definitivo de artículos a analizar. En realidad, constituyen solamente la base inicial de la que partimos y desde la cual, mediante un proceso de selección, detallado en el siguiente apartado, seleccionaremos solamente aquellos que conformarán el núcleo de artículos finales.

3.2. SELECCIÓN DE LOS ARTÍCULOS

En esta sección del proceso metodológico se realizó la selección de artículos, donde se elaboró un estudio manual de manera que se descartaron aquellos artículos duplicados, irrelevantes o que no cumplieran con los requisitos específicos para la investigación. Es decir, se trata de identificar aquellos artículos que caen en la intersección entre tecnologías digitales, industria de la moda y sostenibilidad. De los 340 documentos totales recabados en la búsqueda, tras la etapa de selección, nos quedamos con un total de 110 artículos que pasaron a formar el núcleo de esta revisión.

Una vez revisados se clasificaron en tres categorías diferentes. Podemos observar estas categorías y sus respectivas consideraciones en la Tabla 1:

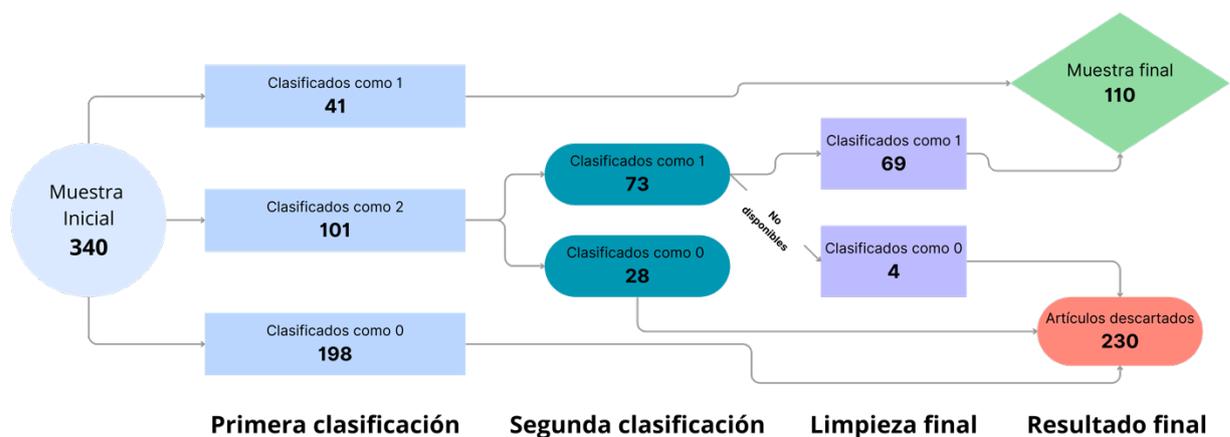
Tabla 1: Descripción de las categorías de los artículos recolectados en función de su utilidad para el estudio

CATEGORÍA	CONSIDERACIONES
0	En caso de que no cubriera la intersección entre tecnología digital, sostenibilidad e industria de la moda.
1	En caso de que se trate de un artículo relevante y útil para analizar e incluir en el estudio.
2	Aquellos que requerían una revisión más detallada para decidir si debían efectivamente ser incluidos o descartados.

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 1, aquellos artículos que no cubrieran la intersección entre tecnología digital, sostenibilidad e industria de la moda fueron directamente categorizados como '0'. La segunda categoría, marcada como '1' comprende aquellos artículos que proporcionan información útil para profundizar en el análisis temático del estudio, por lo que se incluyen directamente en la selección final. Por último, la categoría '2' se reservó a aquellos artículos que podían llegar a ser potencialmente útiles para el estudio, pero que requieren una revisión más exhaustiva y detallada del documento antes de ser incluidos en la selección final. A continuación, en la Figura 4 se observa un esquema del proceso detallado de selección de artículos.

Figura 4: Flujo del proceso de selección esquematizado



Fuente: Elaboración propia (tecnología Canva)

Como observamos en la Figura 4, los artículos fueron sometidos en primer lugar a una clasificación inicial. Aquí fueron asignados su categoría correspondiente en función de su relevancia y adecuación al estudio, esta clasificación se realizó en base a una revisión de los títulos y resúmenes de los distintos documentos. En esta primera fase, se descartaron 198 artículos de manera directa (categoría 0), considerándose irrelevantes a los objetivos del trabajo, 102 necesitaron una revisión más exhaustiva (categoría 2) y 41 artículos fueron considerados altamente relevantes (categoría 1).

Posteriormente, se llevó a cabo una segunda clasificación de aquellos artículos que se habían categorizado como '2', de manera que, los 101 artículos que constituían esta categoría fueron reevaluados y reconsiderados tras la lectura. En este caso, de los clasificados como '2', 74 artículos avanzaron al siguiente nivel de relevancia (categoría 1) y 28 fueron reclasificados como irrelevantes (categoría 0).

De los 73 artículos que pasaron a esta última etapa de clasificación, tras una limpieza final, solamente se incluyeron 69 de los artículos, resultado de la indisponibilidad de 4 de los 73 artículos que constituían este grupo. Estos artículos se trataron de localizar empleando el motor de búsqueda *Google Scholar*, además de recurrir de igual manera a la biblioteca de la Universidad Pontificia de Comillas (ICADE) sin éxito, por lo que estos documentos se tuvieron que mantener al margen del estudio. Los artículos que no se encontraban disponibles para su uso, y que por lo tanto no se incluyeron en la muestra final fueron Gambhir (2020), Kasemsap (2017), Pasquinelli & Ravasio (2017) y Pan et al. (2015).

Por último, este meticuloso proceso de selección nos dejó con 110 artículos que conforman la base principal del estudio. Los restantes 230 artículos fueron descartados al no cumplir con los criterios establecidos para esta investigación. Esta clasificación y manera de abordar la selección de artículos, nos garantiza que sólo aquellos artículos más pertinentes y enriquecedores lleguen a constituir la base de artículos que se analizará, y en la cual, se sustentarán las conclusiones y resultados del estudio.

4. RESULTADOS

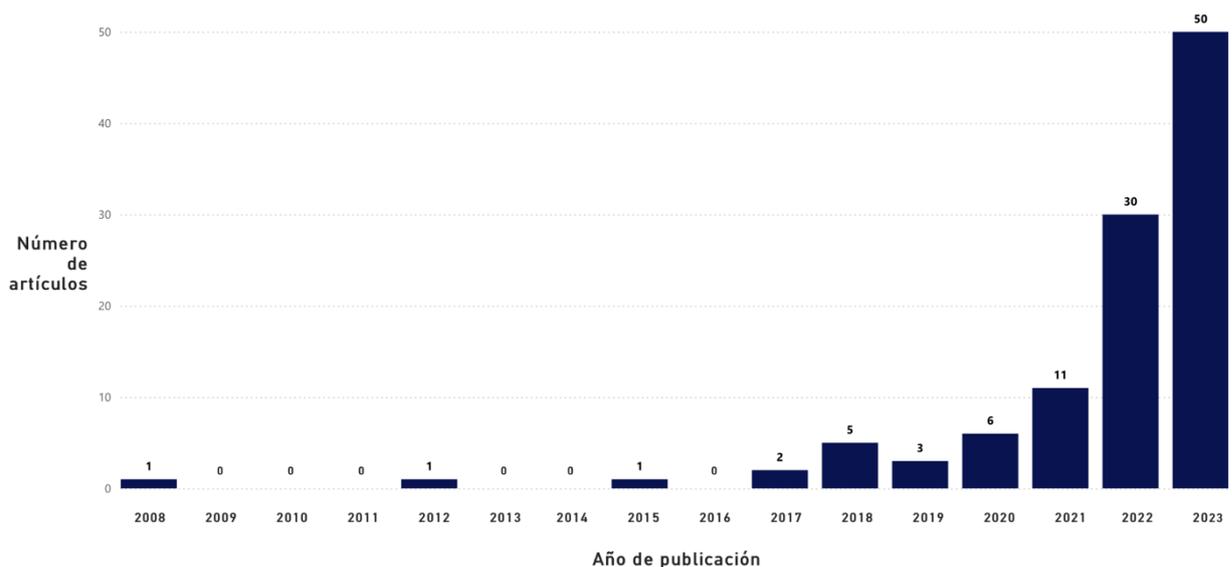
A continuación, se pasará a la tercera y última fase, donde se realizará el análisis exhaustivo de la revisión de la literatura sobre aquellos artículos que fueron seleccionados y descritos en pasos anteriores.

4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

El primer nivel de exploración de los 110 artículos se centrará en un análisis descriptivo. Se puede acceder a la revisión detallada con la referencia correspondiente, el objetivo de investigación y el resultado principal correspondiente de cada artículo analizado en el Anexo 1.

En la Figura 5 se pueden observar las frecuencias de artículos publicados a lo largo de los años desde 2008 a 2023⁹.

Figura 5: Número de artículos publicados por año



Fuente: Elaboración propia (tecnología Power BI)

Como podemos observar en la Figura 5, existe una fuerte tendencia exponencial al alza en cuanto al número de artículos publicados, alcanzando un máximo de 50 en 2023. Esta cifra supone un aumento de 20 artículos frente al año inmediatamente anterior, 2022. Esto permite entrever el fuerte y creciente interés en este campo. Una explicación plausible es que, debido a que las tecnologías digitales constituyen un tema relativamente nuevo dentro del ámbito académico,

⁹ Para la elaboración de este análisis descriptivo se emplearon las fechas de acceso anticipado extraídas de WoS de los artículos: Conlon & Gallery (2024), Ferrero-Regis & Gambi (2024), Hmamed et al. (2024) y Samadhiya (2024). Cuyas fechas de publicación anticipadas son 2023, 2023, 2023 y 2022 respectivamente.

parece comprensible que, a medida que estas innovaciones evolucionan y se transforman, se investigue más respecto a su impacto en la sostenibilidad empresarial.

La Tabla 2 revela las 10 principales revistas en las que se han publicado los 110 artículos seleccionados para su análisis, ordenadas de mayor a menor frecuencia:

Tabla 2: Top 10 principales revistas

Revista	Recuento	% de la muestra
Sustainability	24	21,8%
International Journal of Fashion Design Technology and Education	6	5,5%
Fashion Practice-The Journal of Design Creative Process & The Fashion Industry	4	3,6%
Fashion and Textiles	3	2,7%
Journal of Cleaner Production	3	2,7%
Journal of Fashion Marketing and Management	3	2,7%
Research Journal of Textile and Apparel	3	2,7%
Textile Research Journal	3	2,7%
Business Horizons	2	1,8%
Fashion Style & Popular Culture	2	1,8%
Total	53	48,2%

Fuente: Elaboración propia (tecnología Excel)

Según lo observado, la revista dominante, que alberga un 21,8% de los artículos, es *Sustainability*, seguida de *Internal Journal of Fashion Design Technology and Education* y *Fashion Practice-The Journal of Design Creative Process & The Fashion Industry*. Estas últimas dos, recogen el 5,5% y 3,6% respectivamente de los artículos analizados. Las 10 principales revistas albergan un total de 53 artículos, es decir, constituyen un 48,2% de la muestra final. Este dato nos indica que estas 10 revistas recogen casi la mitad de los artículos que abordan esta cuestión. A continuación, en la Tabla 3 se muestran los diez artículos más citados de la muestra:

Tabla 3: Top 10 artículos más citados

Título del artículo	Nº veces citado	% Total de citas
Ethical consumer behaviour in Germany: The attitude-behaviour gap in the green apparel industry	140	12,73%
Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling	112	10,18%
Fashion 4.0. Innovating fashion industry through digital transformation	86	7,82%
Sustainability through online renting clothing: Circular fashion fueled by Instagram micro-celebrities	64	5,82%
Waste textiles as the versatile triboelectric energy-harvesting platform for self-powered applications in sports and athletics	43	3,91%
Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry	42	3,82%
Digital humans in fashion: Will consumers interact?	38	3,45%
Changing the game to compete: Innovations in the fashion retail industry from the disruptive business model	34	3,09%
Cyber Physical Energy System for Saving Energy of the Dyeing Process with Industrial Internet of Things and Manufacturing Big Data	31	2,82%
Enabling circular business models in the fashion industry: the role of digital innovation	31	2,82%
Total	621	56,5%

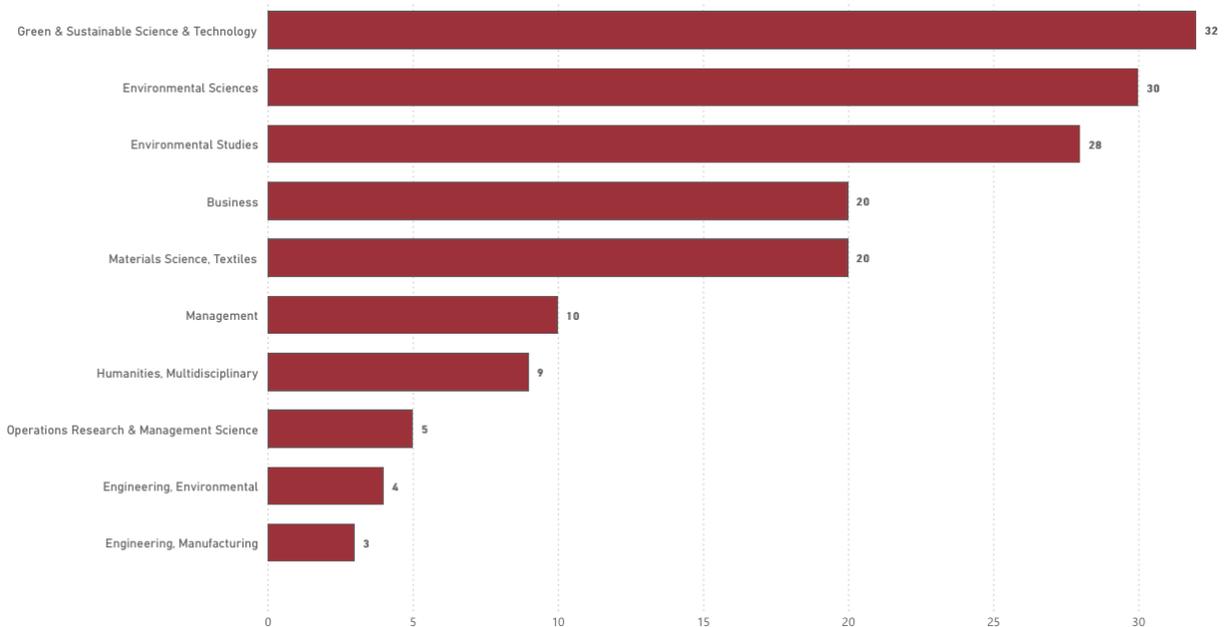
Fuente: Elaboración propia (tecnología Excel)

En cuanto a los artículos más citados, destaca notablemente el artículo “*Ethical consumer behaviour in Germany: The attitude-behaviour gap in the green apparel industry*”, al tratarse del más citado. Este artículo se ha citado un total de 140 veces hasta la fecha de búsqueda, recogiendo el 12,73% del total de citas¹⁰. Cabe destacar que, dentro de los diez artículos más citados, ninguno de ellos ha sido publicado por la revista *Sustainability*. Esto llama la atención, ya que, como se observa en la Tabla 2, esta revista ha publicado casi la mitad de los artículos de la muestra.

Por otro lado, otro aspecto relevante es, analizar en qué categorías se han colocado estos artículos según *WoS*. De esta manera, se identifican las distintas áreas de conocimiento donde esta temática despierta interés o, por contra, posibles indicios de saturación. Cabe mencionar que *WoS* cuenta con una serie de categorías que no son mutuamente excluyentes, es decir, en muchas ocasiones se asocian los artículos a más de una disciplina o campo de conocimiento. Esto se debe tener en cuenta a la hora de leer e interpretar los resultados del análisis, ya que, en muchas ocasiones los documentos se asocian hasta a 4 categorías diferentes.

En la Figura 6 se muestran las 10 categorías más frecuentes según la clasificación establecida por *WoS*. El eje X representa la frecuencia de las categorías y el eje Y muestra la categoría correspondiente.

Figura 6: Top 10 categorías asignadas por Web of Science



Fuente: Elaboración propia (tecnología Power BI)

¹⁰ En este caso, el número de veces que se han citado los artículos de la muestra en su conjunto asciende a un total de 1.100 citas.

La categoría de ‘Ciencia y tecnología verdes y sostenibles’ se posiciona como la más frecuente frente al resto de categorías, al ser asociada a 32 artículos de la muestra. Esto nos demuestra una vez más el creciente interés académico por las tecnologías y la ciencia sostenible. En segundo y tercer lugar surgen las categorías de ‘Ciencias ambientales’ y ‘Estudios ambientales’ con una frecuencia de 30 y 28 artículos respectivamente. Ambas categorías están muy interrelacionadas con la primera debido a que, como se mencionó anteriormente, las categorías no son mutuamente excluyentes y en muchas ocasiones se solapan.

Asimismo, dentro de las categorías más frecuentes destacan algunas como las de ‘Negocio’ o ‘Gestión’ con frecuencias de 28 y 10. Estas categorías están más enfocadas al mundo empresarial, subrayando la relevancia de estos artículos a la hora de elaborar prácticas empresariales y decisiones estratégicas dentro de la firma.

De igual manera, cabe destacar la presencia de categorías como las de ‘Ingeniería ambiental’ o ‘Ingeniería de manufactura’. En este caso, a pesar de que la frecuencia es menor que las mencionadas anteriormente, estas categorías nos demuestran que una parte de los artículos cuentan con una naturaleza técnica y metodológica (aspectos característicos de la ingeniería), y que probablemente se deba a su asociación al ámbito tecnológico que nos concierne.

4.2. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.2.1. CLASIFICACIÓN

Con el objetivo de estructurar de manera eficaz y clara la vasta información y facilitar una comprensión más profunda de cómo las tecnologías digitales pueden potenciar la sostenibilidad en la moda, se propone una clasificación de los artículos que componen la muestra final. Esta clasificación se desarrolló tras un primer análisis de los documentos, considerando una serie de criterios específicos para cada categoría. De esta manera, no solo se clarifican las diversas tecnologías digitales y su área de aplicación dentro de la industria de la moda, sino también las distintas metas de sostenibilidad asociadas a su aplicación. Cabe mencionar que, las subcategorías propuestas dentro de cada área de estudio no son mutuamente excluyentes, y en muchas ocasiones los artículos están asociados a más de una subcategoría. Esto es debido a la naturaleza multifacética de las temáticas abordadas, ya que, si se hubiesen elaborado subcategorías únicas se estaría limitando el estudio, lo que hubiese llevado asociado una pérdida potencial de información.

En primer lugar, se creó una categoría denominada ‘Tecnologías Digitales’, donde se cubren las distintas innovaciones tecnológicas abordadas o mencionadas en los artículos. Esto proporciona una visión clara de las soluciones digitales discutidas en cada documento y permite servir de guía para el análisis conjunto de los artículos. En la Tabla 4 se presentan los distintos componentes que engloban esta sección y que se referencian en los artículos analizados:

Tabla 4: Componentes de la categoría de Tecnologías Digitales

TECNOLOGÍAS DIGITALES	
1	IA y Aprendizaje automático
2	<i>Blockchain</i> y tecnologías de cadena de suministro
3	Gemelos digitales
4	<i>Big Data</i>
5	Interfaz Usuario
6	Impresión 3D
7	<i>IoT</i>
8	Escáner 2D y 3D

Fuente: Elaboración propia

En este caso, se dividieron las distintas tecnologías en base a su propósito y la naturaleza de la herramienta. Dentro de esta categoría se ha procurado cubrir la totalidad de esta dimensión, de manera que todos los artículos cubren o mencionan al menos uno de estos componentes.

Los distintos componentes de la categoría ‘Tecnologías Digitales’, junto con una breve descripción del concepto, se encuentran detallados en el Anexo 2.

Estos ocho componentes se han agrupado en dos tipos de tecnología con el objetivo de sintetizar el análisis:

- a) **Tecnologías para el procesamiento de datos:** Este grupo recoge las tecnologías que permiten el manejo y análisis de datos e información, mejorando procesos, prediciendo tendencias u optimizando operaciones. Estas tecnologías son las primeras cuatro presentes en la Tabla 4: (1) **IA y Aprendizaje automático**, (2) ***Blockchain* y tecnologías de cadena de suministro**, (3) **Gemelos Digitales** y (4) ***Big Data***.
- b) **Tecnologías de interacción y automatización:** En este caso, se albergan aquellas herramientas y sistemas que permiten mejorar la eficiencia y experiencia del usuario en cuestión. Esto lo consiguen mediante la automatización de procesos y la facilitación de interacciones entre humano y máquina. Este grupo incluye los últimos cuatro componentes de la Tabla 4, siendo estos: (5) **Interfaz usuario**, (6) **Impresión 3D**, (7) ***IoT*** y (8) **Escáner 2D y 3D**.

En cuanto a la siguiente clasificación, esta cubre el ámbito sostenible. Para ello, se elaboró una segmentación empleando como criterio los objetivos sostenibles que se abordan en cada artículo. De esta manera, obtenemos una clasificación en función de los impactos e intenciones que estas tecnologías pudiesen tener en términos de sostenibilidad en la moda. En la Tabla 5 se reflejan los distintos objetivos sostenibles empleados para segregar la muestra.

Tabla 5: Componentes de la categoría de objetivos sostenibles

OBJETIVOS SOSTENIBLES	
1	Eficiencia en uso de residuos
2	Transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro
3	Innovación en materiales
4	Conciencia y comportamiento del consumidor
5	Ética laboral
6	Consumo colaborativo

Fuente: Elaboración propia

La elección de estos objetivos tiene como propósito abarcar una gama amplia y representativa de las diferentes áreas donde la tecnología digital pueda impactar en la sostenibilidad, en este caso, en el mundo de la moda. Al segmentar en función del objetivo sostenible podemos comparar entre artículos que compartan objetivos y evaluar las diferencias y similitudes existentes entre ellos.

Estos objetivos se pueden dividir en dos grupos, donde se permite obtener una comprensión más clara de cómo las diversas tecnologías fomentan tanto la sostenibilidad ambiental como la social. En cuanto a los grupos propuestos:

- a) **Sostenibilidad ambiental:** En este grupo se incluyen los cuatro primeros objetivos que aparecen en la Tabla 5. Estos objetivos son: (i) **Eficiencia responsable de residuos**, donde lo que se busca es reducir el consumo de desechos generados en la industria a lo largo de sus procesos, como por ejemplo, tratando de optimizar el consumo de energía; (ii) **Transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro**, para mejorar el control sobre los distintos procesos de fabricación y distribución; e (iii) **Innovación en materiales**, donde se trata de fomentar el uso de materiales que suponen una alternativa más sostenible en la elaboración de prendas.
- b) **Sostenibilidad social:** Aquí se incluyen los últimos tres objetivos de la Tabla 5 y que en este caso están orientados a mejorar el impacto social y cultural dentro de la industria de la moda. Estos objetivos incluyen: (iv) **Conciencia y comportamiento del consumidor**,

que radica en fomentar prácticas más sostenibles y responsables entre los consumidores; (v) **Ética laboral**, que aborda determinadas prácticas relacionadas en gran parte con las condiciones laborales y responsabilidad social de la empresa frente a sus empleados; y por último, (vi) **Consumo colaborativo**, donde se trata de implementar una serie de prácticas de uso compartido que fomenten la reutilización de prendas y reciclaje de materiales, aumentando así, el ciclo de vida de las prendas de ropa.

Por último, se elaboró una categoría que abarca las distintas áreas que se pueden ver potencialmente impactadas dentro de la industria de la moda como consecuencia de la implantación de estas innovaciones. Esto nos permite entender en mayor detalle los procesos o áreas de la industria con mayor potencial de mejoras sostenibles significativas, y que, además, son más afectadas por estas novedades. También permite identificar aquellas áreas que muestran un vacío académico o que requieran más investigación respecto a la aplicación de tecnologías y su influencia en la sostenibilidad, y que pueden suponer una oportunidad para futuros estudios y toma de decisiones estratégicas empresariales. Las diferentes áreas afectadas se pueden apreciar en la Tabla 6 expuesta a continuación:

Tabla 6: Áreas funcionales en la industria de la moda

ÁREAS FUNCIONALES	
1	Diseño y desarrollo de productos
2	Manufactura y producción
3	Distribución y Logística
4	Marketing y Ventas
5	Experiencia del consumidor
6	Personal
7	<i>Retail</i> y Punto de Venta

Fuente: Elaboración propia

Estas áreas nos permiten segmentar los artículos proporcionando un marco robusto que refleja la complejidad de la industria de la moda y su naturaleza multifacética. Esta segmentación comprende todas las áreas de la industria, desde la cadena de suministro, pasando por el marketing y punto de venta, hasta el impacto en determinados *stakeholders*¹¹ como el personal de la empresa o experiencia del consumidor.

Para mejorar la comprensión del análisis, hemos agrupado estas áreas en tres segmentos principales; **cadena de suministro**, que comprende el diseño y desarrollo de productos, la

¹¹ Los *stakeholders* de una empresa son aquellos grupos de personas interesadas en la firma y que se ven afectadas por sus acciones.

manufactura y producción y la distribución logística; **consumidor**, que recoge el área de marketing y ventas junto con la experiencia del consumidor; y **gestión operacional y servicios al cliente**, que integra las áreas del personal y *retail* y punto de venta.

Al dividir los tres campos de tecnología digital, sostenibilidad e industria de la moda, en subcategorías, facilitamos una evaluación y análisis completo de la literatura existente. Esto nos permite capturar la complejidad e interdependencia entre la tecnología digital, la sostenibilidad y la industria de la moda.

4.2.2. CATEGORIZACION TEMÁTICA

Esta sección profundiza en la categorización temática de los artículos revisados, donde se discutirá de qué manera la industria de la moda se puede volver más sostenible a través de la implementación de tecnologías digitales. Esto se conseguirá, analizando las similitudes y diferencias significativas dentro de la literatura académica existente y centrando nuestra atención en cómo se abordan estos desafíos y oportunidades para la industria.

Para estructurar esta sección, se ha decidido partir de una categoría madre, la cual se irá cubriendo en función de lo expuesto en los artículos analizados. En este caso, se ha escogido el ‘Área funcional’ dentro de la industria como categoría madre, ya que, el objetivo principal del estudio consiste en identificar tendencias y oportunidades dentro de este sector. Por tanto, parece comprensible partir de sus distintas áreas funcionales e ir desglosando para asegurar una cobertura integral y secuencial de la industria.

4.2.2.1. Impacto en la cadena de suministro

Dentro de la categoría madre, la mayoría de los artículos se clasifican bajo la rama de la cadena de suministro, abarcando los componentes de (1) **Diseño y desarrollo de productos**, (2) **Manufactura y producción** y (3) **Distribución y logística**.

Comenzaremos analizando esta área funcional para avanzar de manera ordenada, al tratarse de los eslabones más tempranos y críticos del ciclo de vida del producto. Cabe mencionar que el 61,8%, es decir, más de la mitad de los artículos analizados, cubren al menos una de estas áreas, por lo que se podría decir que se trata de un área prolífera en términos de investigación. La gran mayoría de la literatura académica elaborada hasta día de hoy analiza cómo la aplicación de la tecnología digital aumenta la sostenibilidad dentro de la cadena de suministro.

En la Tabla 7 que se muestra a continuación, se puede apreciar la clasificación de los distintos artículos que abordan el impacto en la cadena de suministro. Los artículos se han clasificado en función de los objetivos sostenibles y las tecnologías digitales aplicadas o abordadas.

Tabla 7: Clasificación de artículos con impacto en la cadena de suministro

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Cadena de suministro	Sostenibilidad ambiental	Tecnología de procesamiento de datos	Abbate et al. (2023). Ahmed & MacCarthy (2021). Alruwais et al. (2023). Araque González et al. (2022). Celik et al. (2023). Heim & Hopper (2022). Kazancoglu et al. (2023). Khan et al. (2023). Lee (2022). Liu et al. (2020). Luoma et al. (2022). Luoma et al. (2023). March-Vila et al. (2023). Nguyen & Ngo (2023). Park et al. (2020). Pervez et al. (2023a). Pervez et al. (2023b). Riba et al. (2022). Shi et al. (2021). Stridland et al. (2023). Wagner & Kabalska (2023). Xu et al. (2023).
		Tecnología de interacción y automatización	Almalki & Tawfiq (2023). Choi (2019). Greder et al., (2020). Kam (2021). Larsson (2018). Lee et al. (2023). Mohsin et al. (2022). Papachristou & Bilalis (2017). Papachristou et al., (2023). Särmäkari, N. (2023). Song et al. (2021). Sun & Zhao (2017). Wetherell et al. (2023).

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Cadena de suministro	Sostenibilidad ambiental	Mixto	Bhatti et al. (2023). Donmezer et al. (2023). Hauschild & Coll (2023). Hmamed et al. (2024). Kayikci et al. (2022). Lee (2021). Lee (2023). Prajapati et al., (2022). Sahu et al., (2022). Sandvik & Stubbs (2019). Scott et al. (2023). Wang et al. (2023a). Wang et al. (2023b).
	Sostenibilidad social	Tecnología de procesamiento de datos	<i>No se encontraron artículos con este enfoque exclusivo.</i>
		Tecnología de interacción y automatización	Ballie (2012). Hohn & Durach (2021). Huang et al. (2023).
		Mixto	Conlon & Gallery (2024).
	Enfoque mixto		Davies (2021). Ferrero-Regis & Gambi (2024). Heim (2022). Nayak et al. (2022). Oguntegbe et al. (2023). Seçkin et al. (2023).

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los artículos focalizados en el impacto en la cadena de suministro existen varias tendencias y similitudes. Cabe destacar que la gran mayoría presentan soluciones para una mejora en cuanto a prácticas relacionadas a la sostenibilidad ambiental y en muchas ocasiones, coinciden en la importancia de promover una mayor eficiencia en el uso de residuos.

Dentro de esta línea de pensamiento podemos identificar varias iniciativas. Por un lado, estudios técnicos y centrados en los procesos de manufactura de textiles y diseño como, por ejemplo, los de Riba et al. (2022) o Lee (2022). Estos artículos evalúan cómo, aplicando procesos que implementan tecnologías de procesamiento de datos, como la IA para la clasificación de fibras textiles o la aplicación de procesos de diseño colaborativos entre humanos e IA respectivamente, se reducen los niveles de energía consumidos y mejora la eficiencia en el proceso de diseño de textiles. Otros autores como Shi et al. (2021) recalcan la relevancia de las tecnologías de IA para

la predicción de tendencias futuras de moda, lo que involucra un proceso de diseño más económico a la vez que sostenible. Las obras que abordan este aspecto de la literatura incluyen una serie de análisis empíricos y se distinguen por poseer características específicas, por ejemplo, muestran un carácter técnico y emplean lenguaje especializado al tratar temas relacionados con la ingeniería.

Además, surgen otros estudios de investigación con un foco más genérico en la cadena de suministro como es el caso del estudio de Wagner & Kabalska (2023). Los autores hacen hincapié en la utilidad de los gemelos digitales para aumentar la trazabilidad y transparencia de los procesos de fabricación de prendas de ropa. Mientras que, obras como las de Ahmed & MacCarthy (2021) defienden la importancia de tecnologías como el *Blockchain* para cumplir con esta misma tarea y mejorar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro. Sin embargo, muchas empresas se muestran reticentes a la hora de adaptar la tecnología Blockchain debido al miedo a la divulgación de secretos. En este sentido, Heim (2022) revela que esta tecnología puede facilitar sistemas de gestión de la información, donde las empresas pueden controlar con quién se comparte, resolviendo la paradoja de la transparencia y el secreto en la cadena de suministro. Otras obras como la de Heim & Hopper (2022), defienden este mismo pensamiento, aunque hacen hincapié en la necesidad de una mayor comprensión y educación en lo que respecta a esta tecnología para maximizar su potencial. La necesidad de una mayor educación también es abordada por Sun & Zhao (2017), en lo que respecta a tecnologías digitales (en este caso con un enfoque más específico en la impresión 3D), exigiendo una mayor formación.

Por otro lado, resulta interesante mencionar otros estudios como el de Luoma et al. (2022), que sugieren que el rol de los datos está entrelazado con las aspiraciones sostenibles. Los autores recalcan que, a pesar de que muchas empresas evitan compartir información privada tal y como menciona Heim (2022). Sin embargo, surge una necesidad de mayor colaboración a la hora de compartir, gestionar y utilizar datos en las cadenas de suministro si se quiere avanzar hacia una economía más circular. De igual manera, Araque González et al. (2022), demuestran que a través de un modelo de producción industrial con enfoque en la gestión del *big data*, se puede promover una manufactura más sostenible y mejorar la eficacia operativa. Más recientemente, Luoma et al. (2023) destacan la existencia de una serie de tensiones presentes en la utilización de datos a la hora de implementar objetivos sostenibles. Estos hallazgos permiten visibilizar la naturaleza compleja que envuelve a determinados paradigmas digitales como la tecnología Blockchain o el *big data* dentro de la transición hacia una industria más sostenible.

Otras obras, como la de Papachristou et al. (2023), siguen la misma línea de pensamiento que Sun & Zhao (2017). Estos exponen como a través de tecnologías de interacción como la impresión 3D en el proceso de diseño de prendas, se emplean métodos de manufactura más sostenibles que permiten la reducción de residuos y el aumento de eficiencia en los procesos de diseño. Papachristou & Bilalis (2017), entran en más detalle, subrayando que estas prácticas también ayudan a reducir la huella de carbono dentro de los procesos en la industria de la indumentaria. Otros autores como Särmäkari (2023), defienden esta misma corriente de pensamiento y establecen que la reducción de residuos y eficiencia de los procesos, gracias a las tecnologías de diseño 3D, generan modelos de negocio más novedosos además de sostenibles.

También se identificaron otras líneas de discusión similares que cubren la interacción de tecnologías de procesamiento de datos con tecnologías de interacción o automatización, abarcando este dilema desde un aspecto más amplio. Este es el caso de estudios como el de Wang et al. (2023a), que explora cómo la interacción de IA con la impresión 3D mejora la precisión y eficiencia en la personalización de prendas. Esto ofrece una solución más sostenible para la industria en lo que respecta al diseño y manufactura. No obstante, los autores mencionan el valor de la creatividad humana. Esta no puede ser sustituida por las tecnologías actuales, por lo que se debe considerar el balance entre la tecnología y la propia naturaleza humana. Otras obras que cubren la interacción entre tecnologías son las de Prajapati et al. (2022) o Hauschild & Coll (2023). Estas van más allá haciendo referencia a cómo la interacción entre innovaciones, por ejemplo, el *Blockchain* con el IoT, es necesaria para la mejora en la transparencia y trazabilidad de la cadena de suministro en la industria textil (vinculada estrechamente con la industria de la indumentaria). Estos estudios no se focalizan solamente en un tipo de tecnología, sino que, en la interacción de tecnologías de procesamiento de datos y de interacción o automatización. Estas obras se incluyen en la categoría ‘mixto’, bajo el objetivo sostenible que le corresponda.

Dentro de estas mismas líneas de pensamiento, Kayikci et al., (2022) exploran el impacto que estas tecnologías tienen en la cadena de suministro. En concreto, estos autores evalúan cómo las PYMEs (pequeñas y medianas empresas), se posicionan frente a esta nueva situación, además de evaluar las oportunidades de desarrollo y crecimiento que estas tecnologías les brindan. Los autores discuten la necesidad de un mayor desarrollo en las PYMEs para alcanzar niveles superiores de madurez y preparación en lo que respecta a las áreas de cadena de suministro circular e inteligente. Hacen también hincapié en las dificultades a las que se enfrentan este tipo de empresas a la hora de alcanzar un estado de excelencia ambiental, consecuencia del acceso

limitado a recursos y falta de incentivos económicos para la adopción de tecnologías de la Industria 4.0.

Por su parte, Lee (2021) enriquece la literatura aportando un modelo de cadena de suministro para un sistema de moda en tiempo real, innovador y sostenible (RTFS), a través de la implementación de tecnologías digitales. Las tecnologías que el autor incluye en este marco de cadena de suministro sostenible incluyen: (i) las interacciones basadas en IA entre cliente y empresas, fomentando la personalización y reducción del uso de residuos innecesarios y (ii) una interfaz de usuario, que permite a los clientes participar en el proceso de diseño y (iii) la implementación de tecnologías *Blockchain* e *IoT* para una mayor trazabilidad, transparencia y confianza de los procesos.

Hasta ahora, se han analizado los diferentes hallazgos en lo que respecta a la cadena de suministro en relación con la sostenibilidad ambiental. No obstante, también se han realizado estudios acerca del impacto de estas tecnologías en la sostenibilidad social. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por Secking et al. (2023), que recalca que las tecnologías digitales como la IA producen resultados positivos tanto desde el punto de vista ambiental como social. Fomentando mejoras en la seguridad y salud de los trabajadores. También se ha investigado acerca de cómo impactan las tecnologías digitales a la gestión responsable, y cómo esta influye en la sostenibilidad de la cadena de suministro (Oguntegebe et al., 2023). Los autores proporcionan evidencia empírica acerca de cómo la tecnología *Blockchain* puede mejorar la gestión responsable al poder verificar las afirmaciones de sostenibilidad, ayudando a prevenir prácticas de *greenwashing*¹².

Destacamos también, investigaciones como la de Nayak et al. (2022), que identificaron el impacto sostenible que tienen determinadas tecnologías de automatización. En este caso, la tecnología de láser de ozono para la manufactura de *denim* en el proceso de manufactura. Los autores demostraron que este tipo de tecnología además de aportar un modelo de producción menos contaminante y más eficiente a la hora de emplear recursos como el agua, también aporta beneficios sociales significativos. Proporcionando una mayor seguridad laboral al eliminar los riesgos asociados con el uso de químicos en procesos tradicionales.

Por último, se aborda el efecto de la manufactura aditiva (AM, por sus siglas en inglés), a las estructuras de gobernanza interorganizacionales y los problemas de sostenibilidad social

¹² Este tipo de prácticas surgen cuando una empresa trata de engañar a su público en lo que respecta a prácticas sostenibles.

asociados. Hohn & Durach, (2021) insisten en que, a pesar de que la AM refuerza las estructuras de gobernanza de la cadena de suministro, las tecnologías digitales pueden, sin embargo, amplificar los problemas de sostenibilidad social existentes en los procesos de producción. Esto va en contra de la narrativa común asociada al impacto de las tecnologías en la sostenibilidad. De hecho, Davies, (2021), al evaluar el impacto de la Industria 4.0 en la cadena de suministro textil, identifica una serie de características. El autor menciona que, a pesar de que estas tecnologías contribuyen a una industria más sostenible globalmente, sobre todo en los países en desarrollo, el uso de robots en lugar de humanos puede desembocar en dificultades económicas para aquellas personas o localidades implicadas.

4.2.2.2. Impacto en el consumidor

En esta sección se comentarán los hallazgos y líneas de pensamiento dentro de la literatura que valora como la aplicación de tecnologías digitales fomentan la sostenibilidad, a través del impacto en las áreas de (4) **Marketing y ventas** y (5) **Experiencia del consumidor**.

A continuación, en la Tabla 8 se muestra la clasificación de los distintos artículos que abordan el impacto en el consumidor. Los artículos se han clasificado en función de los objetivos sostenibles y las tecnologías digitales aplicadas o abordadas.

Tabla 8: Clasificación de artículos con impacto en el consumidor

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Consumidor	Sostenibilidad ambiental	Tecnología de procesamiento de datos	<i>No se encontraron artículos con este enfoque exclusivo.</i>
		Tecnología de interacción y automatización	Dai et al. (2022). Zhang et al. (2023a).
		Mixto	<i>No se encontraron artículos con este enfoque exclusivo.</i>
	Sostenibilidad social	Tecnología de procesamiento de datos	Brans (2023). Schauman & Korkman (2023).
		Tecnología de interacción y automatización	Bang & Su (2022). Choi (2022). Gossen & Heinrich (2021). Haines et al. (2023). Marcella-Hood (2023). Milanesi et al. (2022). Noviyanti et al. (2022).

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Consumidor	Sostenibilidad social	Tecnología de interacción y automatización	Palomo-Domínguez et al. (2023). Serrano et al. (2020). Shrivastava et al. (2021). Testa et al. (2021). Velasco-Molpeceres et al. (2022). Whitty (2018). Wiederhold & Martinez (2018).
		Mixto	Charnley et al. (2022).
	Enfoque mixto		Kumar et al. (2023).

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los artículos que destacan por su impacto e influencia en el consumidor podemos detectar varios enfoques. En primer lugar, existe una corriente de pensamiento como Dai et al. (2022) o Zhang et al. (2023a), que cubren la integración de tecnologías como el *IoT* en la propia prenda. Zhang et al. (2023a), evalúan cómo, a través de la aplicación de tecnologías de interacción (en este caso la integración de sistemas de IoT en la ropa mediante tecnología de serigrafía), se puede mejorar la experiencia del usuario y, al mismo tiempo, promover la eficiencia energética al cosechar energía, reforzando así la percepción de autosuficiencia y sostenibilidad.

Otros artículos enfocados en el consumidor proponen la utilización de tecnologías de interacción y automatización como la realidad virtual o el diseño asistido por computadora 3D (componentes avanzados de la interfaz usuario), como medios para la colaboración consumidor-marca en procesos como el diseño de prendas. Choi, (2022) aborda cómo a través de la realidad virtual, las prendas dinámicas en 3D integradas en una prenda base estarán directamente vinculadas a prácticas más sostenibles. Estas prácticas se darían por parte de los consumidores, al poder recargarse y cambiarse directamente sin cometer ningún tipo de desperdicio en un mundo virtual. Además, estas plataformas ofrecen una experiencia única a los consumidores, fomentando prácticas más sostenibles y permitiéndoles participar en el codiseño de avatares y prendas personalizadas. Esto resulta muy prometedor para la industria de la moda, ya que permite una mejor personalización de las prendas y un uso más eficiente de los recursos.

Por otro lado, existe una corriente muy fuerte que abarca cómo promover la sostenibilidad en los consumidores a través de tecnologías de interfaz usuario, fomentando una actividad de consumo más responsable y sostenible entre los mismos. Dentro de esta corriente destacamos los estudios de Palomo-Donmínguez et al. (2023), o, Whitty (2018), donde a través de servicios como

‘Vinted’ o ‘Wardrobe Hack’ respectivamente, se permite a los usuarios compartir experiencias y crear un espacio seguro donde puedan surgir productos, servicios y prácticas de moda sostenibles. Bang & Su (2022) hacen hincapié en cómo los armarios virtuales pueden cumplir también con estos mismos objetivos. Además, Charnley et al. (2022) exploran cómo a través de tecnologías de interfaz usuario, se pueden derrumbar las barreras que frenan a los consumidores a la hora de consumir moda de segunda mano. Los autores detectaron la inconveniencia y la falta de confianza como las principales barreras a derribar a través de la implementación de estas tecnologías. Sin embargo, Charnley et al. (2022), destacan que la barrera de la transparencia de precios persiste, y a diferencia de las otras dos mencionadas, no es superada por las tecnologías digitales. Estos estudios proporcionan hallazgos sobre cómo estas tecnologías digitales fomentan el consumo colaborativo y promueven comportamientos más sostenibles y alineados con el medio ambiente por parte de los consumidores.

Además, existe una tendencia muy marcada de artículos similares a estos, y que ponen el foco en el impacto de las estrategias de marketing digitales en la comunicación y sensibilización, frente a consumidores. Estos artículos consideran como a través de tecnologías de interfaz usuario, en este caso, las redes sociales, se puede influir en la conciencia del consumidor y así, fomentar prácticas más sostenibles. Esto resulta muy relevante en la actualidad, debido a que, según lo establecido por Milanesi et al. (2022) se alinea con varios aspectos de la responsabilidad social corporativa de la empresa. Además, las redes sociales tienden a ser más efectivas a la hora de fomentar prácticas alineadas con el medioambiente en comparación con el gobierno o campañas publicitarias.

Estas herramientas digitales también permiten la creación de movimientos sociales como el investigado por Noviyanti et al. (2022), con el *hashtag* ‘#TukarBaju’. Este movimiento se creó con el objetivo de fomentar la educación de los consumidores hacia temas tan relevantes como la equidad en el capitalismo global, que a menudo explota a las mujeres trabajadoras en los países en desarrollo. Velasco-Molpeceres (2022), por otro lado, examina el papel de la sostenibilidad y su comunicación en la *slow fashion* a través de redes sociales basadas en imágenes, específicamente, Instagram. El autor menciona las dificultades a las que se enfrentan las empresas de *slow fashion* frente a otras de bajo coste. Apunta que la comunicación digital es imprescindible al permitir a las marcas acercarse a sus consumidores, además de influenciar y concienciar a estos sobre cuestiones medioambientales. Este diálogo se ve reforzado por obras como la de Serrano et al., (2020), cuyo estudio se centra en cómo la marca de moda ECOALF emplea estos medios digitales para inspirar al consumidor a través del contenido de sus

publicaciones. De esta forma, la marca promueve una mayor concienciación medioambiental entre los mismos. Esta utiliza su proceso de producción como material audiovisual para fomentar la concienciación medioambiental a nivel mundial. El resultado principal revela que ECOALF transmite sus valores medioambientales y prácticas corporativas sostenibles a través de su lenguaje visual y escrito.

Por otro lado, dentro de esta área, resulta interesante mencionar los hallazgos de Kumar et al. (2023) que, a través de un enfoque mixto en cuanto a objetivos sostenibles, desarrollaron un modelo analítico para coordinar la cadena de suministro y mejorar su sostenibilidad. Según lo establecido por los autores, el mecanismo basado en la Organización Virtual (OV), coordina mejor el manejo y entrega de los productos, permite incrementar los niveles de personalización masiva y fomenta la conciencia sobre el desempeño sostenible de toda la cadena de suministro. De este modo, se da una mayor transparencia, donde los clientes están más informados y son conscientes de cómo se desempeñan los procesos involucrados y su manejo sostenible.

4.2.2.3. Impacto en la gestión operativa y servicios al cliente

En este segmento se cubren aquellos artículos cuyos descubrimientos tienen un impacto directo en áreas que involucren al (6) **Personal** y (7) **Retail o punto de venta**.

La Tabla 9 muestra la clasificación de los distintos artículos que abordan el impacto en la gestión operativa y servicios al cliente. Los artículos se han dividido en función de los objetivos sostenibles y las tecnologías digitales aplicadas o abordadas.

Tabla 9: Clasificación de artículos con impacto en la gestión operativa y servicios al cliente

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Gestión operativa y servicios al cliente	Sostenibilidad ambiental	Tecnología de procesamiento de datos	Ospital et al. (2023).
		Tecnología de interacción y automatización	<i>No se encontraron artículos con este enfoque exclusivo.</i>
		Mixto	Jain et al. (2018).
	Sostenibilidad social	Tecnología de procesamiento de datos	Capurro et al. (2023). Gangoda & Cobb (2023). Jain et al. (2022).

Área de influencia	Enfoque sostenible	Tecnología Digital	Referencias
Gestión operativa y servicios al cliente	Sostenibilidad social	Tecnología de interacción y automatización	Cross et al. (2021). Mirbabaie et al. (2023)
		Mixto	Bae et al. (2022). Nouinou et al. (2023).
	Enfoque mixto		Baytar & Ashdown (2015). Hwangbo & Kim (2019). Mok et al. (2022). Nasiret al. (2022). Samadhiya et al. (2024). Shin et al. (2022). Silvia & Bonetti (2021). Von der Assen (2023).

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta área, se evaluaron investigaciones como la de Ospital et al. (2023), que se centra en analizar el concepto de transparencia en la industria textil. El artículo evalúa la situación actual tanto en tienda física como a través de páginas web. Tras un estudio donde se analizaron más de 50 marcas, los autores descubren que a pesar de que las marcas estudiadas estuvieran comprometidas con el *Fashion Pact*, la transparencia e información disponible acerca del producto a la hora de la compra es muy limitada. Finalmente, proponen como solución, la introducción de pasaportes de productos digitales, aumentando así la transparencia y trazabilidad del producto y permitiendo a los consumidores tomar decisiones más informadas. Stridsland et al., (2023), a su vez, mencionan la implementación de pasaportes de productos digitales para el aumento de la transparencia y trazabilidad, además de los esfuerzos vinculados a la descarbonización y reducción de la huella de carbono en la producción. Sin embargo, en este caso, el autor no especifica cómo afectaría esto tanto al personal como al servicio proporcionado a los clientes y se centra solo en la eficiencia de la cadena de suministro.

Por otro lado, Jain et al. (2018) estudian como a través del *clienting* digital (tecnología relacionada con la interfaz usuario) y el *big data* se ofrece una experiencia de cliente más auténtica y personalizada. Los autores defienden que esta personalización no solo mejora la experiencia del cliente, sino que, también contribuye a la implementación de innovaciones sostenibles. Este aumento en la personalización de prendas permite a las empresas de moda ajustarse mejor a la demanda, reduciendo el desperdicio y mejorando la eficiencia en el uso de recursos. Sin embargo, a pesar de esto, Cross et al. (2021) identificaron el vacío existente en el uso de la interfaz usuario a la hora de explotar las posibilidades de estas tecnologías para generar un sentimiento de lugar o personas detrás del producto. Debido a esto, los autores señalan que

tecnologías de interfaz usuario, como la realidad aumentada o realidad virtual, también pueden emplearse para fomentar una conexión emocional y cultural entre consumidor y producto. Además, identifican una segunda función que permite de igual manera, educar a las audiencias globales y contemporáneas sobre la herencia de productos tradicionales, alentando el consumo de productos de mayor longevidad y la apreciación de los valores de moda sostenible y lenta.

En esta misma línea, Bae et al. (2022) sostienen que las tecnologías de interfaz de usuario atractivas y que ofrecen experiencias inmersivas, son más efectivas a la hora de influir en los consumidores en el uso de estas plataformas de reventa, en comparación con otras tecnologías como el aprendizaje automático. Así, según lo establecido por Bae et al. (2020, pp. 1), “*la proliferación del comercio electrónico secundario facilitará una cultura compartida que valore el consumo sostenible en las plataformas en línea y promoverá la sostenibilidad en la industria minorista*”. Además, para el mismo contexto de prendas de segunda mano, Jain et al. (2022) establecen que la implementación de la tecnología *Blockchain* permite rastrear el origen y evitar la contaminación de estas, fomentando un mayor consumo de estas plataformas.

Dentro de la literatura que cubre el impacto en la gestión operativa y servicios al cliente, Hwangbo & Kim (2019) ponen el foco en cómo, a través de nuevos métodos de recomendación de productos de moda y de técnicas de aprendizaje automático, se mejora la precisión en las recomendaciones en el ámbito del marketing digital sostenible. Esto se considera cada vez más necesario debido a la creciente concienciación ambiental de los consumidores, lo que permite a las empresas adaptarse a la demanda de manera más eficiente. Shin et al. (2022), realizan un estudio similar al de Hwangbo & Kim (2019), enfocado en cómo los servicios de curandería de moda basados en IA fomentan el uso activo de la ropa, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, al reducir el dispendio y la cantidad de prendas desechadas o desatendidas. Estos hallazgos por parte de Shin et al. (2022), resaltan la importancia y el papel de la IA en la promoción de prácticas de consumo sostenibles, al prolongar la vida útil de las prendas de moda. Igualmente, indican que, según los resultados obtenidos, la satisfacción del usuario aumenta al prolongarse esta vida útil de manera creativa, fomentando comportamientos más sostenibles dentro de la industria de la moda.

De igual manera, Mok et al. (2022) demuestran cómo a través de tecnologías de procesamiento de datos y técnicas de análisis de texto y de sentimiento, se puede evaluar cómo una marca de moda comunica y logra la sostenibilidad. Además de ofrecer propuestas sobre cómo expandir estos esfuerzos sostenibles. Estos hallazgos demuestran que la aplicación de estas tecnologías permite a los gerentes tomar decisiones más informadas a la hora de establecer estrategias de

sostenibilidad a largo plazo. Esto está estrechamente vinculado con el uso de las tecnologías de interfaz usuario para influir en la conciencia de compra de los consumidores mencionado en apartados anteriores. Sin embargo, Mok et al. (2022) no se enfoca tanto en la experiencia del cliente, sino que en como se emplea esa información para la futura toma de decisiones.

Por su parte, Samadhiya et al. (2024) clasificaron los principales impulsores de un modelo integrado de Industria 4.0 y Mantenimiento Productivo Total (TPM¹³), con el propósito de orientar a las empresas manufactureras textiles hacia la maximización de la sostenibilidad. Esta obra se incluye dentro del área de influencia de gestión operativa y servicios al cliente, debido a que los cinco impulsores claves identificados se vinculan directamente a las áreas de gestión y personal de las empresas, estos impulsores incluyen: (1) el apoyo de la alta dirección, (2) un programa formal de adopción de I4.0, (3) la participación y apoyo de la gerencia media, (4) un sólido conocimiento base de TPM por parte del personal y (5) un alto compromiso del equipo de producción. Los autores defienden que estos impulsores pueden llevar a las empresas manufactureras hacia una mayor sostenibilidad a través de la implementación de la industria 4.0.

Finalmente, resulta interesante mencionar aportaciones a la literatura existente como la de Nouinou et al. (2023). Tras identificar un área de mejora en la toma de decisiones empresariales, el autor sugiere una serie de enfoques que permitan maximizar los beneficios sostenibles de estas tecnologías. Se indica que, para maximizar la sostenibilidad empresarial, los directivos deben tomar decisiones sostenibles descentralizadas e integradas que se basen en datos y tiempo real, para poder beneficiarse de las oportunidades sostenibles que les brinda la Industria 4.0.

4.2.2.4. Impacto de la Industria 4.0 en la moda circular

Algunos artículos, abordan esta intersección desde una perspectiva más amplia. Por lo tanto, resulta interesante analizar cómo las distintas tecnologías de la Industria 4.0 impactan en la sostenibilidad dentro en la industria textil o de la moda en términos generales. Muchos de estos artículos recogen las mismas ideas o resultados que los presentes en el resto de los segmentos, sin embargo, surgen hallazgos y/o diferencias que se cubrirán a continuación.

¹³ Los modelos de TPM son modelos aplicados a procesos de producción con el objetivo de maximizar la eficiencia del proceso evitando contratiempos e ineficiencias.

En la Tabla 10 se muestran los distintos artículos que abordan el impacto general de la Industria 4.0 en la moda circular, sin centrarse en objetivos sostenibles o tecnologías digitales específicas, sino que desde una perspectiva más general.

Tabla 10: Artículos que abordan el impacto general de la Industria 4.0 en la moda circular

Impacto Industria 4.0 en la moda circular	
Akram et al. (2022). Bertola & Teunissen (2018). Bolesnikov et al. (2022). Casciani et al. (2022). Colombi & D'Itria (2023). Dziuba et al. (2022). Huynh (2021). Jin & Shin (2020).	Li et al. (2022). Liu et al. (2023). Scaturro (2008). Wiegand & Wynn (2023). Wu et al. (2023). Yan & Chiou (2020). Zhang et al. (2023b).

Fuente: Elaboración propia

Uno de los estudios más representativos de este segmento y que recoge muchos de los aspectos cubiertos en apartados anteriores, es el de Akram et al. (2022). En este estudio se explora la implementación de las tecnologías digitales en la industria de la moda, evaluando sus contribuciones a problemas sociales y ambientales, así como si se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (SDGs) de las Naciones Unidas. El resultado del estudio revela que, efectivamente, la integración de estas tecnologías en la industria de la moda puede contribuir significativamente a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenibles de las Naciones Unidas relacionados con la sostenibilidad. Una de las conclusiones de este artículo recomienda el uso de tecnologías de impresión 3D con materiales ecológicos en el diseño, creando un entorno de fabricación más sostenible. Esto ofrece mejoras en lo que respecta a la eficiencia del tiempo, la producción sin residuos, la personalización del producto y una mayor flexibilidad en el diseño. También se fomenta la integración de tecnologías *Blockchain* para aumentar la seguridad y transparencia dentro de la cadena de suministro. Además, se hace mención el empleo de dispositivos de *IoT* integrados en prendas para el almacenamiento de energía, temas abordados exclusivamente por Dai et al. (2022) y Zhang et al. (2023a), tal y como se indica anteriormente.

Resulta de igual interés mencionar obras como Bertola & Teunissen (2018), que además de compartir lo expuesto por obras como Akram et al. (2022), mencionan ejemplos reales de transformación digital e implementación de tecnologías digitales, para posicionarse como una industria más sostenible y orientada al cliente. Ilustrativamente, podemos mencionar “*Pijama*” (una marca fundada en Milán en 2007), que gracias a la correcta integración del comercio en línea bien integrado y a las redes sociales, descubrió una manera de reutilizar existencias de

tejidos de alta costura para fabricar fundas y bolsos. También destaca “*Feets*” (empresa estadounidense), que ofrece zapatos empleando la impresión 3D personalizables con una sólida política de sostenibilidad.

Dentro de esta sección de artículos también podemos destacar estudios como los de Wu et al. (2023), cuyo resultado principal defiende que la tecnología digital que respalda la sostenibilidad juega un papel crítico en remodelar el modelo de la cadena de valor sostenible. Los autores destacan que las partes de un sistema están fuertemente conectadas entre sí, y que para mejorar la eficiencia de la producción y manejar cadenas de valor sostenibles, resulta útil el uso de tecnologías digitales. Entre sus recomendaciones, se incluye diseñar ropa que sea ecológica, usar tecnología para hacer la producción más eficiente, y mantener una comunicación clara y transparente con sus clientes sobre los procesos y productos.

Zhang et al. (2023b) también estudiaron cómo a través de tecnologías digitales, en este caso el empoderamiento digital, en términos generales, se puede fomentar la sostenibilidad. Los autores establecen que el empoderamiento digital de la moda permite reducir el desperdicio inactivo, ahorrando energía a largo plazo y fomentando el desarrollo ecológico de las empresas. También mencionan como mediante el uso de herramientas digitales para la comunicación, las empresas pueden compartir con sus clientes la cadena ecológica del producto, desembocando en una conexión más profunda y estable con sus consumidores. Esto se alinea con lo expuesto por Serrano et al., (2020) sobre la marca ECOALF y su influencia en los consumidores de la marca.

Huynh, (2021) en su estudio sobre el impacto sostenible de la digitalización en la moda, propone tres arquetipos de modelos de negocio circulares basados en la digitalización: (i) modelo de cadena de suministro basado en Blockchain, (ii) modelo basado en servicios y (iii) modelo impulsado por demanda. De esta forma, el estudio es capaz de proporcionar conocimientos empíricos a los directivos de empresas sobre qué modelo económico escoger en función de las capacidades empresariales, las competencias tecnológicas y las estrategias de economía circular que se quieran perseguir. El autor indica que las empresas más grandes suelen adoptar principios de economía circular más marginales, sin cambiar drásticamente sus modelos de negocio. Mientras que, las empresas pequeñas suelen introducir modelos de economía circular y fomentar la innovación radical.

A pesar de lo anteriormente expuesto sobre los beneficios, y el gran impacto que tienen estas tecnologías en todas las áreas funcionales de la industria, obras como Wiegand & Wynn (2023), alegan que el uso de tecnologías digitales en apoyo a los objetivos de sostenibilidad es limitado.

Es decir que, aunque las tecnologías digitales tienen el potencial de fomentar una mayor sostenibilidad, en la actualidad no se está aprovechando plenamente esa oportunidad. Sin embargo, según los autores, debido a la necesidad de satisfacer los requisitos de cumplimiento y las nuevas percepciones de sostenibilidad por parte de los clientes, poco a poco se acelerará esta transición hacia actividades más alineadas con una economía circular. Esto se verá facilitado por una mayor explotación de estas tecnologías.

5. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A partir de los hallazgos de este estudio, se han identificado varias áreas prometedoras para futuras investigaciones que podrían continuar ampliando el conocimiento actual sobre la intersección entre la moda sostenible y la tecnología digital.

En primer lugar, se propone examinar el uso más variado de tecnologías de interacción en el campo de las plataformas digitales, más específicamente las redes sociales. Según los resultados del análisis, actualmente la mayoría de los estudios se limitan a evaluar el impacto que tienen determinadas plataformas de contenido basado en imágenes como *Instagram* en la concienciación de los consumidores hacia prácticas más sostenibles. Por lo tanto, puede ser interesante evaluar el impacto en consumidores de otro tipo de plataformas digitales como *TikTok* o *Twitter* donde la comunicación se realiza a través de contenido en formato de video o texto.

En segundo lugar, se aconseja que las investigaciones futuras se enfoquen en evaluar en mayor detalle los efectos de estas prácticas sostenibles a largo plazo. Para ello, se propone la elaboración de estudios longitudinales con el objetivo de medir el éxito de las iniciativas y su verdadero impacto en el medio ambiente y sociedad en su totalidad. Además, también se propone explorar más a fondo los desafíos éticos y sociales asociados a estas prácticas. Por ejemplo, las repercusiones que este tipo de implementación puede tener en problemas de privacidad y seguridad de datos asociados a tecnologías como las ‘*cookies*’, que recopilan información del consumidor.

Finalmente, también se plantea para futuras líneas de investigación, analizar en mayor profundidad cómo las tecnologías digitales están cambiando la relación entre consumidor y marca de moda, y cómo influye esto en el comportamiento de estos a la hora de comprar productos sostenibles. Por ejemplo, realizar estudios más profundos acerca de cómo las tecnologías de procesamiento de datos como la IA o *blockchain* permiten verificar la sostenibilidad de los productos o personalizar las prendas para reducir residuos. Asimismo, se podrían estudiar las distintas dinámicas de colaboración entre empresas de moda para promover la sostenibilidad en los ámbitos ambientales, sociales y económicos. Esto podría incluir la cooperación en la implementación de tecnologías digitales en las cadenas de suministro o alianzas estratégicas en tecnología, mejorando las prácticas sostenibles a lo largo de toda la industria.

Honestamente, creemos que estas líneas de investigación no solo podrían ampliar el campo de estudio actual, sino que también pueden ofrecer valiosas oportunidades para desarrollar propuestas y sugerencias prácticas. Estas propuestas serían útiles para los *stakeholders* de las empresas de moda, desde los diseñadores o directivos, hasta los formuladores de políticas y regulaciones. Con el objetivo de lograr una industria de la indumentaria verdaderamente sostenible e innovadora.

La agenda de investigación se puede ver resumida en la Tabla 11:

Tabla 11: Futuras líneas de investigación

Perspectiva	Líneas de investigación
Tecnologías digitales	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto sostenible a través de plataformas digitales de formatos variados.
Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto a largo plazo. • Desafíos éticos y sociales.
Áreas funcionales	<ul style="list-style-type: none"> • Participación del consumidor. • Colaboración entre empresas.

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES Y LIMITACIONES

6.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este trabajo enfrenta la limitación que supone la naturaleza multifacética e interrelacional de las tecnologías, la sostenibilidad y las áreas funcionales de la industria de la moda. Esto complica el proceso de categorización y análisis de los artículos estudiados, ya que, muchos de ellos abarcan múltiples áreas y no se ajustan a una única categoría fácilmente. Para facilitar su comprensión, algunos artículos se han incluido en grupos titulados ‘mixtos’, donde se cubre la aplicación de uno o más tipos de tecnologías, objetivos de sostenibilidad o áreas funcionales. Además, cabe mencionar casillas en las Tablas 7, 8 y 9 sin artículos asociados. Esto se debe a que la muestra analizada no incluía artículos enfocados exclusivamente en ese objetivo sostenible y tecnología determinada, adoptando, no obstante, un enfoque mixto. Esto se debe al carácter multifacético de los los tres sectores analizados.

Por otro lado, el enfoque específico en determinadas tecnologías, objetivos sostenibles y áreas funcionales puede limitar el estudio de otras innovaciones emergentes que también podrían tener un impacto significativo. A pesar de esto, la selección de tecnologías específicas proporciona un análisis más detallado y exhaustivo, aportando claridad y profundidad en las áreas establecidas.

Estas limitaciones en lugar de disminuir el valor del estudio revelan la complejidad y riqueza del campo de investigación y la necesidad de ser abordado desde múltiples perspectivas. Proporcionando, asimismo, una visión holística, además de una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en la intersección entre tecnología, sostenibilidad y moda.

6.2. CONCLUSIONES

Un marco teórico inicial, junto con la revisión exhaustiva de la literatura realizada, nos ha permitido llegar a una serie de conclusiones:

- 1) Cada vez más, los consumidores son más conscientes de la sostenibilidad y demandan productos que reflejen estos valores y cumplan con criterios cada vez más exigentes. Esta influencia se ve potenciada por plataformas digitales como las redes sociales, y la disponibilidad de información gracias al Internet. Esto exige a las empresas de moda la adopción de prácticas más sostenibles si quieren mantenerse relevantes.
- 2) Las tecnologías digitales han demostrado tener un impacto transformador en la moda sostenible. Basándonos en evidencia sistemática podemos llegar a varias conclusiones:

- a. Tecnologías como la IA o el *big data* permiten la optimización de procesos, reduciendo el desperdicio y mejorando la trazabilidad en la cadena de suministro.
 - b. Se crea una relación más interactiva con el consumidor, donde, a través de tecnologías como los armarios virtuales o plataformas digitales, se promueve la sensibilización medioambiental y el fomento de prácticas más sostenibles entre los usuarios.
 - c. Además, tecnologías como el blockchain permiten una mayor transparencia tanto en los procesos de producción, como de cara al público. Estas tecnologías permiten a los *stakeholders* de la marca validar la información detallada y verificable sobre el origen, componentes y procesos de producción de las prendas. Generando una mayor confianza y compromiso con prácticas éticas y sostenibles.
- 3) La falta de educación y conocimiento en la implementación y uso de tecnologías digitales actúa como una barrera, limitando los beneficios que estas tecnologías ofrecen. Para hacer uso de estas innovaciones y aprovechar al máximo su potencial, las empresas de moda deben invertir en la formación de su personal. Esto es crucial, ya que, la industria de la moda se caracteriza por evolucionar a pasos agigantados, y las empresas deben adaptarse y fomentar una cultura de innovación y adaptación continua si no quieren quedarse atrás.
 - 4) Finalmente, cabe mencionar la importancia de la investigación continua, al tratarse temas como la sostenibilidad y las tecnologías digitales, dos tópicos muy dinámicos que se encuentran en pleno auge hoy en día. La rápida evolución de las tecnologías y prácticas sostenibles requieren un enfoque colaborativo y dinámico para mantenerse al día con los cambios.

Es evidente que la moda sostenible es más que una simple tendencia, sino que se ha convertido en una necesidad imperante en un mundo preocupado por la huella ecológica y la responsabilidad social. La integración de tecnologías digitales no solo ofrece soluciones innovadoras a nivel interno, sino que también fomenta prácticas más sostenibles entre los distintos *stakeholders* que rodean a la empresa. Mirando hacia el futuro, es fundamental que las marcas de moda continúen invirtiendo en tecnologías avanzadas y la educación de sus empleados, promoviendo una cultura de innovación constante. El futuro de la moda no solo reside en lo que vestimos, sino en cómo lo hacemos: aprovechando las oportunidades que nos brindan las tecnologías para crear una industria de la moda más sostenible y consciente del impacto de sus decisiones.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Sonsoles Martínez González, estudiante de ADE y Business Analytics de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado “*Moda Inteligente y Sostenible: Una Revisión de la Literatura y Tendencias Actuales*”, declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación [el alumno debe mantener solo aquellas en las que se ha usado ChatGPT o similares y borrar el resto. Si no se ha usado ninguna, borrar todas y escribir “no he usado ninguna”]:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
3. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
4. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
5. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
6. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
7. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
8. **Generador de problemas de ejemplo:** Para ilustrar conceptos y técnicas.
9. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para

que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 03/06/2024

Firma: SONSOLES MARTÍNEZ GONZÁLEZ

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abbate, S., Centobelli, P., & Cerchione, R. (2023). From fast to slow: an exploratory analysis of circular business models in the Italian apparel industry. *International Journal of Production Economics*, 260, 108824.
- Adidas News. (2022, Octubre 15). *Our journey to circularity: Fall winter 2021 update*. <https://news.adidas.com/planet/our-journey-to-circularity--fall-winter-2021-update/s/e740a615-1010-44a7-b97d-2e43f0a74944>
- Adidas News. (2022, Septiembre 22). *Adidas lifts the curtain on its latest made to be remade product innovations at design London exhibition*. <https://news.adidas.com/running/adidas-lifts-the-curtain-on-its-latest-made-to-be-remade-product-innovations-at-design-london-exhibi/s/b8249508-e940-41c9-824b-40d447922a7e>
- Admiraal, N. (2023, Diciembre 1). *Perspectivas inciertas para la moda en 2024 según McKinsey y BoF*. Fashion United. <https://fashionunited.es/noticias/empresas/perspectivas-inciertas-para-la-moda-en-2024-segun-mckinsey-y-bof/2023120142094>
- Ahmed, W. A., & MacCarthy, B. L. (2021). Blockchain-enabled supply chain traceability in the textile and apparel supply chain: A case study of the fiber producer, Lenzing. *Sustainability*, 13(19), 10496.
- Akram, S. V., Malik, P. K., Singh, R., Gehlot, A., Juyal, A., Ghafoor, K. Z., & Shrestha, S. (2022). Implementation of digitalized technologies for fashion industry 4.0: Opportunities and challenges. *Scientific Programming*, 2022.
- Almalki, D. K., & Tawfiq, W. A. (2023). Implementation of a Sustainable Apparel Design Framework for Felted Women's Garments Made of Local Wool. *Fashion Practice*, 15(3), 401-423.
- Alruwais, N., Alabdulkreem, E., Mahmood, K., Marzouk, R., Assiri, M., Abdelmageed, A. A., ... & Drar, S. (2023). Hybrid mutation moth flame optimization with deep learning-based smart fabric defect detection. *Computers and Electrical Engineering*, 108, 108706.
- Aramendia-Muneta, M. E., Ollo-López, A., & Simón-Elorz, K. (2022). Circular fashion: cluster analysis to define advertising strategies. *Sustainability*, 14(20), 13365.

- Araque González, G., Suárez Hernández, A., Gómez Vásquez, M., Vélez Uribe, J., & Bernal Avellaneda, A. (2022). Sustainable manufacturing in the fourth industrial revolution: A big data application proposal in the textile industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(4), 614-636.
- Aristodemou, L., & Tietze, F. (2018). The state-of-the-art on Intellectual Property Analytics (IPA): A literature review on artificial intelligence, machine learning and deep learning methods for analysing intellectual property (IP) data. *World Patent Information*, 55, 37-51.
- Bae, Y., Choi, J., Gantumur, M., & Kim, N. (2022). Technology-based strategies for online secondhand platforms promoting sustainable retailing. *Sustainability*, 14(6), 3259.
- Ballie, J. (2012). e-co-Textile Design: Constructing a community of practice for textile design education. *The Design Journal*, 15(2), 219-236.
- Bang, H., & Su, J. (2022). Who uses virtual wardrobes? Investigating the role of consumer traits in the intention to adopt virtual wardrobes. *Sustainability*, 14(3), 1209.
- Baytar, F., & Ashdown, S. (2015). An exploratory study of interaction patterns around the use of virtual apparel design and try-on technology. *Fashion Practice*, 7(1), 31-52.
- BBVA. (2024, Abril 11). *Herramientas para producir moda sostenible: el impacto social y ambiental importa*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/herramientas-para-producir-moda-sostenible-el-impacto-social-y-ambiental-importa/>
- Bertola, P., & Teunissen, J. (2018). Fashion 4.0. Innovating fashion industry through digital transformation. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 352-369.
- Bhatti, M. A., Aljoghaiman, A., Kaliani Sundram, V. P., & Ghouri, A. (2023). Effect of industry 4 emerging technology on environmental sustainability of textile companies in Saudi Arabia: mediating role of green supply chain management. *Management of Environmental Quality: An International Journal*.
- Bolesnikov, M., Popović Stijačić, M., Keswani, A. B., & Brkljač, N. (2022). Perception of Innovative Usage of AI in Optimizing Customer Purchasing Experience within the Sustainable Fashion Industry. *Sustainability*, 14(16), 10082.

- Brans, L. (2023). "Who made my clothes?" How transparency apps bring politics to cultural fields. *Journal of Consumer Culture*, 23(4), 990-1016.
- Brismar, A. (2017). *What is Circular Fashion?* Green Strategy. <https://greenstrategy.se/circular-fashion-definition/>
- Campillo Mejías, M. (2017). Prefabricación en la arquitectura: Impresión 3D en hormigón.
- Capurro, R., Fiorentino, R., Galeotti, R. M., & Garzella, S. (2023). The impact of digitalization and sustainability on governance structures and corporate communication: a cross-industry and cross-country approach. *Sustainability*, 15(3), 2064.
- Casciani, D., Chkanikova, O., & Pal, R. (2022). Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply chains, business models, and sustainability-oriented innovations. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 18(1), 773-795.
- Celik, M. F., Isik, M. S., Taskin, G., Erten, E., & Camps-Valls, G. (2023). Explainable artificial intelligence for cotton yield prediction with multisource data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*.
- Charnley, F., Knecht, F., Muenkel, H., Pletosu, D., Rickard, V., Sambonet, C., ... & Zhang, C. (2022). Can digital technologies increase consumer acceptance of circular business models? The case of second hand fashion. *Sustainability*, 14(8), 4589.
- Choi, K. H. (2019). Eco-tech fashion project: collaborative design process using problem-based learning. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 12(1), 105-117.
- Choi, K. H. (2022). 3D dynamic fashion design development using digital technology and its potential in online platforms. *Fashion and Textiles*, 9(1), 9.
- Colombi, C., & D'Itria, E. (2023). Fashion digital transformation: innovating business models toward circular economy and sustainability. *Sustainability*, 15(6), 4942.
- Conlon, J., & Gallery, C. (2024). Developing digital skills: a fashion business masterclass in virtual 3D prototyping with Style3D. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 17(1), 76-85.

- Creanavarra Arte Digital y Tecnología. (2024, Febrero 13). *Innovación en la Moda: 5 Tecnologías que están cambiando la Industria*. <https://www.creanavarra.es/innovacion-en-la-moda-5-tecnologias-que-estan-cambiando-la-industria/#:~:text=La%20impresión%203D%2C%20la%20realidad,cambios%20emocionantes%20en%20el%20futuro.>
- Cross, K., Steed, J., & Jiang, Y. (2021). Harris Tweed: A glocal case study. *Fashion, Style & Popular Culture*, 8(4), 475-494.
- D'Itria, E., & Aus, R. (2023). Circular fashion: evolving practices in a changing industry. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 19(1), 2220592.
- Dai, J., Dai, H., Xie, Y., & Indumathi, T. (2022). Environmental Protection and Energy Color Changing Clothing Design under the Background of Sustainable Development. *Journal of Renewable Materials*, 10(11), 2717-2728.
- Davies, N. (2021). Tackling Sustainability with Industry 4.0. *AATCC Review*, 21(3).
- Dencheva, V. (2024, Marzo 20). *Leading generative artificial intelligence (AI) use cases in the fashion industry in the United States, the United Kingdom and China as of October 2023*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1457039/fashion-industry-gen-ai-use-cases/>
- Dissanayake, D. G. K., & Weerasinghe, D. (2021). Towards circular economy in fashion: Review of strategies, barriers and enablers. *Circular Economy and Sustainability*, 1-21.
- Donmezer, S., Demircioglu, P., Bogrekci, I., Bas, G., & Durakbasa, M. N. (2023). Revolutionizing the Garment Industry 5.0: Embracing Closed-Loop Design, E-Libraries, and Digital Twins. *Sustainability*, 15(22), 15839.
- Dynapro. (2020, Noviembre 3). *¿Cómo funciona un escáner 3D?* Dynapro 3D. <https://dynapro3d.com/funciona-escaner-3d/#:~:text=Un%20escáner%203D%20se%20trata,una%20amplia%20variedad%20de%20aplicaciones.>
- Dziuba, R., Jabłońska, M., Ławińska, K., & Wysokińska, Z. (2022). Overview of EU and Global Conditions for the Transformation of the TCLF Industry on the Way to a Circular and Digital Economy (Case Studies from Poland).

- Ferrero-Regis, T., & Gambi, S. (2024). # Instawool: Wool narratives of sustainability on Instagram. *Fashion Practice*, 16(1), 32-55.
- Gambhir, D. (2020). Role of hr development for productivity & efficiency-case for apparel manufacturing. *JIMS8M: The Journal of Indian Management & Strategy*, 25(1), 49-55.
- Gangoda, A., Krasley, S., & Cobb, K. (2023). AI digitalisation and automation of the apparel industry and human workforce skills. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 16(3), 319-329.
- González, S. (2023, Mayo 24). *Qué es el athleisure y por qué se convierte en la tendencia más importante*. Marie Claire. <https://marieclaire.perfil.com/noticias/moda/que-es-el-athleisure-y-por-que-es-la-tendencia-mas-importante.phtml>
- Gossen, M., & Heinrich, A. (2021). Encouraging consumption reduction: Findings of a qualitative study with clothing companies on sufficiency-promoting communication. *Cleaner and Responsible Consumption*, 3, 100028.
- Greder, K. C., Pei, J., & Shin, J. (2020). Design in 3D: a computational fashion design protocol. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 32(4), 537-549.
- Guinebault, M. (2019, Agosto 23). “Fashion Pact”: Treinta y dos gigantes de la moda fijan sus objetivos medioambientales. Fashion Network. <https://es.fashionnetwork.com/news/-fashion-pact-treinta-y-dos-gigantes-de-la-moda-fijan-sus-objetivos-medioambientales.1130176.html>
- Haines, S., Fares, O. H., Mohan, M., & Lee, S. H. (2023). Social media fashion influencer eWOM communications: understanding the trajectory of sustainable fashion conversations on YouTube fashion haul videos. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 27(6), 1027-1046.
- Harreis, H., Koullias, T., Roberts, R., & Te, K. (2023, Marzo 8). *Generative AI: Unlocking the future of fashion*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/generative-ai-unlocking-the-future-of-fashion#/>
- Hauschild, C., & Coll, A. (2023). The Influence of Technologies in Increasing Transparency in Textile Supply Chains. *Logistics*, 7(3), 55.

- Heim, H. (2022). Digital fashion revolutions: supply chain transparency, digitalization and the non-disclosure paradox. *Fashion Practice*, 14(3), 329-351.
- Heim, H., & Hopper, C. (2022). Dress code: the digital transformation of the circular fashion supply chain. *International journal of fashion design, technology and education*, 15(2), 233-244.
- Hmamed, H., Cherrafi, A., Benghabrit, A., Tiwari, S., & Sharma, P. (2024). The adoption of Industry 4.0 technologies for a sustainable and circular supply chain: an industry-based SEM analysis from the textile sector. *Business Strategy and the Environment*, 33(4), 2949-2968.
- Hohn, M. M., & Durach, C. F. (2021). Additive manufacturing in the apparel supply chain—impact on supply chain governance and social sustainability. *International Journal of Operations & Production Management*, 41(7), 1035-1059.
- Huang, X., Kettley, S., Lycouris, S., & Yao, Y. (2023). Autobiographical design for emotional durability through digital transformable fashion and textiles. *Sustainability*, 15(5), 4451.
- Huynh, P. H. (2021). Enabling circular business models in the fashion industry: The role of digital innovation. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(3), 870-895.
- Hwangbo, H., & Kim, Y. (2019). Session-based recommender system for sustainable digital marketing. *Sustainability*, 11(12), 3336.
- Iberdrola. (s.f.). *Industria 4.0: ¿qué tecnologías marcarán la Cuarta Revolución Industrial?* <https://www.iberdrola.com/innovacion/cuarta-revolucion-industrial>
- Idoia, & Rebeka. (2023, Abril 13). *La moda en el siglo XXI*. Imperio Norte. <https://imperionorte.com/2023/04/13/moda-en-el-siglo-21/>
- Iribarren, G. F. (2019, Septiembre 9). *2020 Circular Fashion System Commitment*. Gabriel Farias Iribarren. <https://gabrielfariasiribarren.com/en/2020-circular-fashion-system-commitment/>
- Jain, G., Kamble, S. S., Ndubisi, N. O., Shrivastava, A., Belhadi, A., & Venkatesh, M. (2022). Antecedents of Blockchain-Enabled E-commerce Platforms (BEEP) adoption by

- customers—A study of second-hand small and medium apparel retailers. *Journal of Business Research*, 149, 576-588.
- Jain, G., Rakesh, S., Nabi, M. K., & Chaturvedi, K. R. (2018). Hyper-personalization—fashion sustainability through digital clienteling. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 320-334.
- Jiang, Y., Yin, S., Li, K., Luo, H., & Kaynak, O. (2021). Industrial applications of digital twins. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2207), 20200360.
- Jin, B. E., & Shin, D. C. (2020). Changing the game to compete: Innovations in the fashion retail industry from the disruptive business model. *Business Horizons*, 63(3), 301-311.
- Kam, S. (2021). Three-dimensional printing fashion product design with emotional durability based on korean aesthetics. *Sustainability*, 14(1), 240.
- Kasemsap, K. (2017). Mastering fashion supply chain management and new product development in the digital age. In *Advanced fashion technology and operations management* (pp. 65-91). IGI Global.
- Kayikci, Y., Kazancoglu, Y., Gozacan-Chase, N., Lafci, C., & Batista, L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375-392.
- Kazancoglu, Y., Mangla, S. K., Berberoglu, Y., Lafci, C., & Madaan, J. (2023). Towards industry 5.0 challenges for the textile and apparel supply chain for the smart, sustainable, and collaborative industry in emerging economies. *Information Systems Frontiers*, 1-16.
- Khan, H., Hussain, S., Zahoor, R., Arshad, M., Umar, M., Marwat, M. A., ... & Haleem, M. A. (2023). Novel modeling and optimization framework for Navy Blue adsorption onto eco-friendly magnetic geopolymer composite. *Environmental Research*, 216, 114346.
- Kumar, P., Sharma, D., & Pandey, P. (2023). Coordination mechanisms for digital and sustainable textile supply chain. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 72(6), 1533-1559.
- Larsson, J. K. J. (2018). Digital innovation for sustainable apparel systems: Experiences based on projects in textile value chain development. *Research Journal of Textile and Apparel*, 22(4), 370-389.

- Lee, H. (2023). The Dual Strategy for Textile and Fashion Production Using Clothing Waste. *Sustainability*, 15(15), 11509.
- Lee, W., Sung, E., Moon, J., Ahn, I., Yoon, K., Park, Y., & Kim, J. (2023). Performance Evaluation of Ink and Digital Textile Printing Fabric Using Natural Indigo. *Fibers and Polymers*, 24(4), 1309-1319.
- Lee, Y. K. (2021). Transformation of the innovative and sustainable supply chain with upcoming real-time fashion systems. *Sustainability*, 13(3), 1081.
- Lee, Y. K. (2022). How complex systems get engaged in fashion design creation: Using artificial intelligence. *Thinking Skills and Creativity*, 46, 101137.
- Li, Q., Xue, Z., Wu, Y., & Zeng, X. (2022). The status quo and prospect of sustainable development of smart clothing. *Sustainability*, 14(2), 990.
- Linden, A. R. (2016). An analysis of the fast fashion industry.
- Liu, N., Lin, J., Guo, S., & Shi, X. (2023). Fashion platform operations in the sharing economy with digital technologies: recent development and real case studies. *Annals of Operations Research*, 329(1), 1175-1195.
- Liu, Z., Li, W., & Wei, Z. (2020). Qualitative classification of waste textiles based on near infrared spectroscopy and the convolutional network. *Textile research journal*, 90(9-10), 1057-1066.
- Lois Bermejo, L. E. (2019). El impacto de la transformación digital en las empresas de moda.
- Luoma, P., Penttinen, E., Tapio, P., & Toppinen, A. (2022). Future images of data in circular economy for textiles. *Technological Forecasting and Social Change*, 182, 121859.
- Luoma, P., Penttinen, E., Tapio, P., & Toppinen, A. (2023). Paradoxical tensions in exploiting data to implement circular economy in the textile industry. *Ambio*, 52(8), 1400-1413.
- MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44.
- Marcella-Hood, M. (2023). Augmenting sustainable fashion on Instagram. *Sustainability*, 15(4), 3609.

- March-Vila, E., Ferretti, G., Terricabras, E., Ardao, I., Brea, J. M., Varela, M. J., ... & Pastor, M. (2023). A continuous in silico learning strategy to identify safety liabilities in compounds used in the leather and textile industry. *Archives of Toxicology*, 97(4), 1091-1111.
- Mata Varela, P. (2022). Transformación digital en empresas de moda y evolución del comportamiento del consumidor.
- Milanesi, M., Kyrdoda, Y., & Runfola, A. (2022). How do you depict sustainability? An analysis of images posted on Instagram by sustainable fashion companies. *Journal of Global Fashion Marketing*, 13(2), 101-115.
- Mirbabaie, M., Marx, J., & Erle, L. (2023). Digital Nudge Stacking and Backfiring: Understanding Sustainable E-Commerce Purchase Decisions. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 15(3), 3.
- Mohsin, M., Sardar, S., Shehzad, K., Anam, W., & Iqbal, M. (2022). Performance enhancement of the digital printed cotton fabric through ecofriendly finishes. *Journal of Natural Fibers*, 19(14), 7996-8005.
- Mok, A., Yu, H., & Zihayat, M. (2022). The trends of sustainability in the luxury fashion industry: A Triple Bottom Line analysis. *Journal of Global Fashion Marketing*, 13(4), 360-379.
- Montero, Y. H. (2015). *Experiencia de usuario: principios y métodos*. editor no identificado.
- Nayak, R., George, M., Jajpura, L., Khandual, A., & Panwar, T. (2022). Laser and ozone applications for circularity journey in denim manufacturing-A developing country perspective. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 38, 100680.
- Nguyen, T. P., Nguyen, H., & Ngo, H. Q. T. (2023). Toward a sustainable transition in automated production: enabling the vision-based approach and synchronous control for textile surface inspection systems. *Textile Research Journal*, 93(23-24), 5391-5415.
- Nouinou, H., Asadollahi-Yazdi, E., Baret, I., Nguyen, N. Q., Terzi, M., Ouazene, Y., ... & Kelly, R. (2023). Decision-making in the context of Industry 4.0: Evidence from the textile and clothing industry. *Journal of cleaner production*, 391, 136184.

- Noviyanti, V., Hidayat, D., & Hidayat, Z. (2022). Environmental care communication in the Zero Waste Indonesia community: A case study of the# TukarBaju digital campaign. *Fashion, Style & Popular Culture*, 9(4), 555-582.
- Oguntegbe, K. F., Di Paola, N., & Vona, R. (2023). Communicating responsible management and the role of blockchain technology: social media analytics for the luxury fashion supply chain. *The TQM Journal*, 35(2), 446-469.
- Orús, A. (2023, Junio 14). *Ranking de las 10 marcas de ropa más valiosas del mundo en 2023 (en millones de dólares)*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/600207/valor-de-marca-de-las-10-marcas-de-ropa-mas-importantes-en-el-mundo/>
- Orús, A. (2024, Enero 4). *Moda y confección de ropa en el mundo – Datos estadísticos*. Statista. <https://es.statista.com/temas/11039/confeccion-de-ropa-en-el-mundo/#topicOverview>
- Ospital, P., Masson, D., Beler, C., & Legardeur, J. (2023). Toward product transparency: Communicating traceability information to consumers. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 16(2), 186-197.
- Otalvaro, C. M. M., Andrade, J. C. B., Jaramillo, C. M. Z., & RiosPatiño, J. I. (2022). IoT best practices and their components: A systematic literature review. *IEEE Latin America Transactions*, 20(10), 2217-2228.
- Palomo-Domínguez, I., Elías-Zambrano, R., & Álvarez-Rodríguez, V. (2023). Gen Z's motivations towards sustainable fashion and eco-friendly brand attributes: The case of Vinted. *Sustainability*, 15(11), 8753.
- Pan, Y., Roedl, D. & Bleviss, E. (2015). Fashion Thinking: Fashion Practices and Sustainable Interaction Design. *International Journal of Design*, 9(1), 53-66.
- Papachristou, E., Kalaitzi, D., & Pissas, V. (2023). A methodological framework for the integration of 3D virtual prototyping into the design development of laser-cut garments. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 18, 15589250231194621.
- Papahristou, E., & Bilalis, N. (2017). Should the fashion industry confront the sustainability challenge with 3D prototyping technology. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(4-5), 207-214.

- Park, K. T., Kang, Y. T., Yang, S. G., Zhao, W. B., Kang, Y. S., Im, S. J., ... & Do Noh, S. (2020). Cyber physical energy system for saving energy of the dyeing process with industrial internet of things and manufacturing big data. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 7, 219-238.
- Pasquinelli, I., & Ravasio, P. (2017). Ethical fashion in Western Europe: A survey of the status quo through the digital communications lens. In *Sustainability in Fashion and Textiles* (pp. 223-238). Routledge.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2022, Febrero 22). *Confección - Qué es, definición y concepto*. Definición.de. <https://definicion.de/confeccion/>
- Pervez, M. N., Yeo, W. S., Lin, L., Xiong, X., Naddeo, V., & Cai, Y. (2023a). Optimization and prediction of the cotton fabric dyeing process using Taguchi design-integrated machine learning approach. *Scientific reports*, 13(1), 12363.
- Pervez, M. N., Yeo, W. S., Shafiq, F., Jilani, M. M., Sarwar, Z., Riza, M., ... & Cai, Y. (2023b). Sustainable fashion: Design of the experiment assisted machine learning for the environmental-friendly resin finishing of cotton fabric. *Heliyon*, 9(1).
- Prajapati, D., Chan, F. T., Chelladurai, H., Lakshay, L., & Pratap, S. (2022). An internet of things embedded sustainable supply chain management of B2B E-commerce. *Sustainability*, 14(9), 5066.
- Preukschat, A. (2017). *Blockchain: la revolución industrial de internet*. España: Gestión 2000.
- Riba, J. R., Cantero, R., Riba-Mosoll, P., & Puig, R. (2022). Post-consumer textile waste classification through near-infrared spectroscopy, using an advanced deep learning approach. *Polymers*, 14(12), 2475.
- Nasir, A., Zakaria, N., & Zien Yusoff, R. (2022). The influence of transformational leadership on organizational sustainability in the context of industry 4.0: Mediating role of innovative performance. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2105575.
- Rouhiainen, L. (2018). Inteligencia artificial. *Madrid: Alienta Editorial*, 15-32.
- Sahu, M., Hajra, S., Panda, S., Rajaita, M., Panigrahi, B. K., Rubahn, H. G., ... & Kim, H. J. (2022). Waste textiles as the versatile triboelectric energy-harvesting platform for self-powered applications in sports and athletics. *Nano Energy*, 97, 107208.

- Samadhiya, A., Agrawal, R., & Garza-Reyes, J. A. (2024). Integrating industry 4.0 and total productive maintenance for global sustainability. *The TQM Journal*, 36(1), 24-50.
- Sandvik, I. M., & Stubbs, W. (2019). Circular fashion supply chain through textile-to-textile recycling. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 23(3), 366-381.
- SAP. (s.f.). ¿Qué es la industria 4.0? <https://www.sap.com/spain/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>
- Särmäkari, N. (2023). Digital 3D fashion designers: Cases of atacac and the fabricant. *Fashion Theory*, 27(1), 85-114.
- Scaturro, S. (2008). Eco-tech fashion: Rationalizing technology in sustainable fashion. *Fashion theory*, 12(4), 469-488.
- Schauman, S., Greene, S., & Korkman, O. (2023). Sufficiency and the dematerialization of fashion: How digital substitutes are creating new market opportunities. *Business Horizons*, 66(6), 741-751.
- Schwab, K. (2020). La cuarta revolución industrial. *Futuro hoy*, 1(1), 06-10.
- Scott, E. L., Bhamra, T., Mohammed, M. I., & Johnson, A. A. (2023). Investigating knitwear product development in small and medium enterprises: A report of practices related to environmental sustainability. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 7, 100105.
- Seçkin, M., Seçkin, A. Ç., Demircioglu, P., & Bogrekci, I. (2023). FabricNET: A Microscopic Image Dataset of Woven Fabrics for Predicting Texture and Weaving Parameters through Machine Learning. *Sustainability*, 15(21), 15197.
- Serrano, B. A. P., García, F. G., & Rodríguez-Peral, E. M. (2020). The network strategy of a fashion brand. *Revista Latina de Comunicacion Social*, (77), 33-53.
- Shi, M., Chussid, C., Yang, P., Jia, M., Dyk Lewis, V., & Cao, W. (2021). The exploration of artificial intelligence application in fashion trend forecasting. *Textile Research Journal*, 91(19-20), 2357-2386.

- Shin, E., Kim, S., & Koh, A. R. (2022). Satisfaction Through Clothing Utilization and Environmental Sustainability Based on Fashion AI Curation Service. *KSII Transactions on Internet & Information Systems*, 16(9).
- Shrivastava, A., Jain, G., Kamble, S. S., & Belhadi, A. (2021). Sustainability through online renting clothing: Circular fashion fueled by instagram micro-celebrities. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123772.
- Silva, E. S., & Bonetti, F. (2021). Digital humans in fashion: Will consumers interact? *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102430.
- Song, Y., Lee, S., Choi, Y., Han, S., Won, H., Sung, T. H., ... & Bae, J. (2021). Design framework for a seamless smart glove using a digital knitting system. *Fashion and Textiles*, 8, 1-13.
- Stridsland, T., Biørnstad, W., Vigen, K., Østergaard, K. L., & Sanderson, H. (2023). No-one left behind: An open access approach to estimating the carbon footprint of a Danish clothing company. *Journal of Cleaner Production*, 426, 139126.
- Sun, L., & Zhao, L. (2017). Envisioning the era of 3D printing: a conceptual model for the fashion industry. *Fashion and Textiles*, 4, 1-16.
- Sydle. (2023, Enero 22). *Big Data: definición, importancia y tipos*. <https://www.sydle.com/es/blog/big-data-definicion-importancia-y-tipos-614b791388e600016afa7fc3>
- Testa, D. S., Bakhshian, S., & Eike, R. (2021). Engaging consumers with sustainable fashion on Instagram. *Journal of Fashion Marketing and Management: An International Journal*, 25(4), 569-584.
- The Fashion Pact. (s.f). *About us*. <https://www.thefashionpact.org/about-us/>
- Tortora, P. G. (2010). History and Development of Fashion. *Berg Encyclopedia of World Dress and Fashion*, 10, 159-170.
- UNFCCC. (2021, Febrero 26). *A Beginner's Guide to Climate Neutrality*. <https://unfccc.int/news/a-beginner-s-guide-to-climate-neutrality>
- UNFCCC. (s.f). *Fashion Industry Charter for Climate Action*. <https://unfccc.int/climate-action/sectoral-engagement-for-climate-action/fashion-charter#The-Charter>

- Vargas, I. G., Botero, J. R., & Feo, M. O. (2024). Caracterización del vestuario y su evolución a través del tiempo. *Cuadernos del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, (214).
- Velasco-Molpeceres, A., Zarauza-Castro, J., Pérez-Curiel, C., & Mateos-González, S. (2022). Slow fashion as a communication strategy of fashion brands on Instagram. *Sustainability*, 15(1), 423.
- Von der Assen, L. (2023). Digitalization as a Provider of Sustainability? —The Role and Acceptance of Digital Technologies in Fashion Stores. *Sustainability*, 15(5), 4621.
- Wagner, R., & Kabalska, A. (2023). Sustainable value in the fashion industry: A case study of value construction/destruction using digital twins. *Sustainable Development*, 31(3), 1652-1667.
- Wang, Z., Tao, X., Zeng, X., Xing, Y., Xu, Z., & Bruniaux, P. (2023a). A Machine Learning-Enhanced 3D Reverse Design Approach to Personalized Garments in Pursuit of Sustainability. *Sustainability*, 15(7), 6235.
- Wang, Z., Tao, X., Zeng, X., Xing, Y., Xu, Z., & Bruniaux, P. (2023b). Design of customized garments towards sustainable fashion using 3D digital simulation and machine learning-supported human-product interactions. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 16(1), 16.
- Wetherell, S. V., Nicholson, T. R., & James, A. M. (2023). Utilising 3D fashion design software to enable remanufacturing in sportswear. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 1-11.
- Whitty, J. (2018). Wardrobe Hack and Uncatwalk: Design interventions to encourage more fulfilling relationships with our clothing. *Clothing Cultures*, 5(1), 131-151.
- Wiederhold, M., & Martinez, L. F. (2018). Ethical consumer behaviour in Germany: The attitude-behaviour gap in the green apparel industry. *International journal of consumer studies*, 42(4), 419-429.
- Wiegand, T., & Wynn, M. (2023). Sustainability, the circular economy and digitalisation in the German textile and clothing industry. *Sustainability*, 15(11), 9111.

- Wu, K. J., Tseng, M. L., Yang, W. H., Ali, M. H., & Chen, X. (2023). Re-shaping sustainable value chain model under post pandemic disruptions: A fast fashion supply chain analysis. *International Journal of Production Economics*, 255, 108704.
- Xu, Y., Zhi, C., Guo, H., Zhang, M., Wu, H., Sun, R., ... & Yu, L. (2023). ChatGPT for textile science and materials: A perspective. *Materials Today Communications*, 107101.
- Yan, W. J., & Chiou, S. C. (2020). Dimensions of customer value for the development of digital customization in the clothing industry. *Sustainability*, 12(11), 4639.
- Yang, S., Song, Y., & Tong, S. (2017). Sustainable retailing in the fashion industry: A systematic literature review. *Sustainability*, 9(7), 1266.
- Zhang, C., Zhang, L., Bao, B., Ouyang, W., Chen, W., Li, Q., & Li, D. (2023a). Customizing triboelectric nanogenerator on everyday clothes by screen-printing technology for biomechanical energy harvesting and human-interactive applications. *Advanced Materials Technologies*, 8(4), 2201138.
- Zhang, Y., Zhou, Y., Liu, Y., & Xiao, Z. (2023b). Research on the influencing mechanism of the effect of brands' sustainable behaviors on consumer attitudes: An empirical study on clothing brands. *Sustainability*, 15(3), 2351.

8. ANEXO

8.1. ANEXO 1

Enlace de acceso a la revisión detallada:

https://drive.google.com/file/d/1Clf_brhjlXkxQyYkEgyw-ENUhRIzzp0W/view?usp=sharing

8.2. ANEXO 2

Tecnologías Digitales	Concepto
IA y Aprendizaje automático	La inteligencia artificial se trata de un concepto complejo, sin embargo, Rouhiainen (2018, pp. 17) la define como, “ <i>la capacidad de las máquinas para usar algoritmos, aprender de los datos y utilizar lo aprendido en la toma de decisiones tal y como lo haría un ser humano</i> ”.
<i>Blockchain</i> y tecnologías de cadena de suministro	La tecnología <i>Blockchain</i> se trata de una base de datos descentralizada que no puede ser alterada, se distribuye entre diferentes participantes. Además, está protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones relacionados matemáticamente entre sí (Preukschat, 2017). Esta tecnología es muy empleada en cadenas de suministro al aportar una mayor transparencia y seguridad en las operaciones.
Gemelos digitales	Se trata de una réplica virtual de un producto del mundo real (Jiang et al., 2021), como podría ser, por ejemplo, una prenda de vestir.
<i>Big Data</i>	Conforme a lo expuesto en el blog Sydle (2023), este se trata de un término empleado para describir grandes volúmenes de datos que crecen de manera exponencial a medida que pasa el tiempo y que puede emplearse para optimizar las diversas áreas de una empresa. Hoy en día, las empresas cuentan con millones de datos. Sin embargo, el manejo y análisis de estos

	<p>puede resultar una tarea difícil. He aquí cuando surge lo que conocemos como <i>big data</i>.</p>
Interfaz Usuario	<p>En nuestro día a día interactuamos con numerosos dispositivos como aplicaciones o sitios web, esta interacción se da en lo que conocemos como interfaz usuario, es decir, se trata del espacio y punto de encuentro entre usuario y producto (Montero, 2015). Dentro de esta categoría se incluyen aquellas aplicaciones o dispositivos que nos permiten interactuar con sistemas digitales, herramientas como el diseño asistido por computadora, la realidad virtual, la realidad aumentada o plataformas digitales como las redes sociales entrarían dentro de este paraguas.</p>
Impresión 3D	<p>Esta tecnología se aplica sobre todo en el proceso de diseño de productos, en este caso, de prendas de ropa. Se trata de una herramienta que está en auge actualmente y que según lo establecido por Campillo Mejías (2017), permite la impresión de prendas en 3D, acortando tiempos de diseño y desarrollo y mejorando la comunicación y colaboración entre las diferentes partes, ayudando de esta manera a la resolución de problemas en el mundo de la ingeniería y el diseño.</p>
<i>IoT (Internet of Things)</i>	<p>En este caso, el <i>IoT</i> se trata de “<i>una tecnología que consta de entidades interconectadas (objetos físicos inteligentes, servicios y sistemas de software) a través de internet</i>” (Otalvaro et al., 2022). Es decir, en lugar de ser el humano el que se conecta a un servidor de internet, es un objeto el que lo hace, como, por ejemplo, un vestido.</p>
Escáner 2D y 3D	<p>Se trata de “<i>un dispositivo que tiene la capacidad de analizar un objeto o una escena para reunir datos sobre su forma y, ocasionalmente, su color</i>” (Dynapro, 2020). Esta herramienta</p>

	cobra un rol muy importante sobre todo en el diseño de prendas.
--	---

Fuente: Elaboración propia