

**Impacto de la Industria 4.0 en las PYMES del Sector Textil en Colombia, sus Desafíos y
Oportunidades**

Jenny Katherine Lobo Carrillo

Asesor

Gloria Paulina Castellanos Jaramillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Industrial

2024

Resumen

El estudio analiza el impacto de las tecnologías avanzadas como la Industria 4.0 y 5.0 en las PYMES del sector textil en Colombia, destacando sus beneficios, desafíos y estrategias de implementación. La Industria 4.0 ha impulsado la automatización de procesos productivos mediante tecnologías como la Inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), el big data y la robótica, mejorando la eficiencia operativa y lesa competitividad del sector. Sin embargo, la transición a estos sistemas ha sido limitada debido a barreras tecnológicas, económicas y culturales dentro de las empresas. La Industria 5.0, por su parte plantea una evolución en la que las máquinas y los humanos trabajan en conjunto, priorizando la personalización de productos, la sostenibilidad y el bienestar laboral. Este modelo permite a las PYMES textiles no solo optimizar sus procesos, sino también responder a las tendencias globales de consumo, que buscan mayor responsabilidad ambiental y ética en la producción. El documento propone diversas estrategias para facilitar la adopción de estas tecnologías, incluyendo la capacitación del talento humano, incentivos financieros, fortalecimiento de la infraestructura digital y el cumplimiento de estándares internacionales como las normas ISO. Con estas iniciativas, las PYMES textiles colombianas podrán modernizar sus operaciones y consolidarse en mercados globales cada vez más exigentes.

Palabras clave: Industria 4.0 y 5.0, Transformación digital, Automatización, Sostenibilidad, Sector Textil, Productividad y Competitividad.

Abstract

The study analyzes the impact of advanced technologies such as Industry 4.0 and 5.0 on SMES in the textile sector in Colombia, highlighting their benefits, challenges, and implementation strategies. Industry 4.0 has enabled the automation of production processes through technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), big data, and robotics, improving operational efficiency and sector competitiveness. However, the transition to these systems has been limited due to technological, economic, and cultural barriers within companies. On the other hand, Industry 5.0 represents an evolution in which machines and humans work together, prioritizing product customization, sustainability, and workplace well-being. This model allows textile SMES not only to optimize their processes but also to respond to global consumption trends, which demand greater environmental and ethical responsibility in production. The document proposes various strategies to facilitate the adoption of these technologies, including human talent training, financial incentives, strengthening digital infrastructure, and compliance with international standards such as ISO norms. With these initiatives, Colombian textile SMES will be able to modernize their operations and establish themselves in increasingly demanding global markets.

Keywords: Industry 4.0 and 5.0, Digital Transformation, Automation, Sustainability, Textile Sector, Productivity and Competitiveness.

Tabla de Contenido

Introducción	6
Justificación	8
Planteamiento del Problema	10
Objetivos.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
Metodología	13
Marco Conceptual y Teórico.....	14
Glosario.....	14
Tecnologías Clave de la Industria 4.0 Aplicables a las PYMES del Sector Textil en Colombia..	18
Oferta de Industria 4.0 en las PYMES Sector Textiles en Colombia	22
Impacto en la Competitividad y Eficiencia Operativa.....	23
Oportunidades que la Industria 4.0 Ofrece a las PYMES del Sector Textil	24
Recomendaciones para Implementar la Industria 4.0 en las PYMES del Sector Textil.	26
Personalización de Productos en el Sector Textil	28
Estrategias para Facilitar la Adopción de la Industria 4.0 en las PYMES Textiles de Colombia.	30
Sostenibilidad y Reducción del Impacto Ambiental.....	33
Acceso a Nuevos Mercados y Competitividad Global PYMES Sector Textil Colombia.....	35
Sistema de Gestión de Calidad	37

Conclusiones	41
Referencias Bibliográficas	42

Introducción

El avance tecnológico ha transformado fundamentalmente el entorno empresarial, generando cambios significativos en la forma en que las organizaciones gestionan sus procesos y compiten en el mercado. En este contexto, las Industrias 4.0 y 5.0 han emergido como revoluciones clave que están redefiniendo los modelos de negocio, impulsando la innovación y fortaleciendo la productividad. El sector textil en Colombia, de acuerdo con Dueñas y Villegas (2020) señala que un 65,1% de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) conocen la Industria 4.0, el 34,9% aún no conoce esta industria, enfrentando el desafío de adaptarse a estas nuevas dinámicas para mantener su competitividad y sostenibilidad.

La Industria 4.0 se centra en la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), el big data, la automatización y la robótica, permitiendo a las empresas optimizar sus operaciones, reducir costos y mejorar la personalización de productos. Por otro lado, la Industria 5.0 da un paso más allá, promoviendo la colaboración entre humanos y máquinas inteligentes, con un enfoque en la sostenibilidad, el bienestar social y la creación de valor añadido. Esta nueva etapa no solo busca maximizar la eficiencia operativa, sino también alinear las estrategias empresariales con las demandas de un mercado cada vez más consciente del impacto ambiental y social (Solleiro, 2020).

A pesar de las oportunidades que estas tecnologías ofrecen, las PYMES textiles colombianas enfrentan importantes obstáculos para su adopción. Estudios recientes revelan que las principales barreras incluyen la falta de cultura tecnológica (74.1%), el desconocimiento de las herramientas digitales (61.6%) y las limitaciones financieras (56.3%) (Dueñas & Villegas, 2020). Estas dificultades han ralentizado el proceso de transformación digital, lo que ha limitado

la capacidad de las empresas para aprovechar plenamente ventajas como la automatización, el uso de herramientas digitales y la posibilidad de ofrecer productos personalizados a gran escala.

Este estudio tiene como propósito analizar el impacto de las Industrias 4.0 y 5.0 en las PYMES del sector textil en Colombia, identificando las oportunidades que estas tecnologías ofrecen y las estrategias necesarias para superar las barreras existentes. A través de este análisis, se tiene como objetivo fortalecer la competitividad empresarial, promover la innovación sostenible y facilitar la adaptación de las PYMES a las exigencias de un mercado globalizado. La transformación digital no es solo una opción, sino una necesidad para garantizar el crecimiento y la resiliencia de las empresas textiles colombianas en un entorno económico cada vez más dinámico y tecnológicamente avanzado.

Justificación

La Industria 4.0 representa una oportunidad significativa, estas tecnologías permitirían a la industria un cambio constante de los modelos de negocio e incorporar nuevas tecnologías, respondiendo a las necesidades del sector manufacturero que se presenta en la actualidad, lo que permite que las empresas mejoren su competitividad y una economía más estable. Cabe destacar que la Industria 5.0 transforma el sector financiero al combinar el poder de las tecnologías avanzadas con el criterio humano, dando paso a modelos de negocio más personalizados, colaborativos y sostenibles, esenciales para competir en un mercado global dinámico.

Las principales barreras y retos que enfrentan las empresas que se incluye la falta de cultura tecnológica (74,1%), el desconocimiento (61,6%) y las limitaciones presupuestales (53,3%) (Dueñas & Villegas, 2020). Entre los factores que impactan el sector industrial, se encuentra la productividad con un (30,10%) por la actualización de tecnología e inversiones en equipos, lo cual constituye un factor muy importante para el desarrollo de las organizaciones.

La mitad de las industrias colombianas tienen una estrategia de transformación digital no definida, implicaría que Colombia no pueda ser competitiva mundialmente, así, los organismos públicos y privados de Colombia buscan incentivar a las industrias para implantar estas tecnologías y mejorar los procesos productivos. Las empresas PYMES generan aproximadamente el 65 %, la encuesta mensual manufacturera con un enfoque territorial del DANE, en junio de 2021 frente a junio de 2020, la producción real de la industria manufacturera varió un 20,8%, las ventas reales un 25,0% y el personal ocupado un 4,3%. Según estudios del DNP (2021), las empresas en Colombia han aumentado la digitalización adoptando herramientas de la industria 4.0 como el Internet de la Cosas (IoT), la robótica, la impresión 3D y la Realidad

Virtual, herramientas cuya penetración en el tejido empresarial oscila entre el 3.6% y el 24.9% siendo la IoT la de mayor exploración por parte de los empresarios (Ladino & Briceño , 2021).

Según las normas ISO 9001:2015 del Sistema de Gestión de la Calidad SGC y la norma ISO 42001:2023 del Sistema de Gestión de Inteligencia Artificial SGIA (ISO, 2023); cuya integración propone la implementación exitosa de las herramientas de la Industria 4.0 en las organizaciones para el aumento de su productividad mediante el enfoque por procesos, la reducción de la variación, la eliminación de los desperdicios y la mejora continua.

La implantación de estas nuevas tecnologías permite encontrar soluciones que soportan la complejidad del entorno y garantizan la competitividad, para romper paradigmas de las PYMES, así visualizar el futuro hacia las nuevas formas de manejar la tecnología y formas de producir bienes y servicios.

Planteamiento del Problema

El avance de la Industria 4.0 en Colombia representa una oportunidad estratégica para fortalecer el posicionamiento del país en el ámbito económico global, ya que estas tecnologías permiten a la industria un cambio constante de los modelos de negocio e incorporar nuevas tecnologías, respondiendo a las necesidades del sector manufacturero que se presenta en la actualidad. La Industria 5.0 complementa estos avances al centrarse en la colaboración entre humanos y máquinas inteligentes, promoviendo un equilibrio entre la eficiencia operativa, la innovación tecnológica y el bienestar social, lo que impulsa a las empresas a adoptar prácticas más sostenibles y personalizadas.

Con base en el contexto colombiano, se presentan múltiples desafíos que podría limitar su impacto positivo. Es importante entender el impacto que esta industria abarca en Colombia, que permite facilitar los procesos, generar innovación, fortaleciendo la adaptación de estas nuevas tecnologías, logrando brindar una diferencia ante los competidores y ser constante con un mejoramiento continuo en estos aspectos para cumplir con los objetivos empresariales.

Las PYMES son un factor importante para el desarrollo económico del país, pero no han implementado los avances tecnológicos, lo que reduce la competitividad y limita su conectividad, por lo tanto, han presentado grandes desafíos en la adopción de la industria 4.0, por mantener prácticas tradiciones, lo que ha generado resistencia al cambio.

Por esta razón este trabajo pretende analizar el contexto colombiano de la implementación de la Industria 4.0 y su impacto en el sector textil, para identificar las oportunidades y estrategias a partir de la pregunta de investigación ¿Cuáles son los beneficios esperados de la implementación de la Industria 4.0 en las PYMES del sector textil en Colombia,

y cuáles son los principales desafíos y oportunidades que enfrentan en términos de eficiencia operativa, calidad de productos e innovación tecnológica?

Objetivos

Objetivo General

Identificar las oportunidades de integración de las tecnologías 4.0 en las PYMES del sector textil en Colombia, a partir de un análisis documental de los desafíos y oportunidades relacionados con la Industria.

Objetivos Específicos

Identificar la oferta de tecnologías y herramientas de la Industria 4.0 que pueden ser aplicables a las PYMES del sector textil en Colombia, con el fin de evaluar su impacto en la competitividad y eficiencia operativa.

Analizar las oportunidades que la Industria 4.0 ofrece a las PYMES del sector textil para mejorar su competitividad, eficiencia operativa y calidad de productos.

Proponer estrategias y recomendaciones para facilitar la adopción de la Industria 4.0 en las PYMES del sector textil en Colombia.

Analizar el rol que desempeña los sistemas de gestión de la calidad dentro del marco de evolución tecnológica de las compañías en el país.

Metodología

El enfoque metodológico de esta investigación se fundamenta en una revisión sistemática de la literatura orientada a comprender el impacto de las Industrias 4.0 y 5.0 en las PYMES del sector textil en Colombia, con énfasis en la identificación de sus principales desafíos y oportunidades. Este proceso permitió recopilar, evaluar y sintetizar información clave proveniente de fuentes académicas y gubernamentales.

Se emplearon fuentes académicas y bibliográficas especializadas, compilando literatura científica y técnica proveniente de diversas fuentes que contribuyeron al desarrollo de la construcción del documento. Los principales temas abordados fueron: Industria 4.0 y 5.0, PYMES textiles, Transformación digital, Automatización, Sostenibilidad, y Competitividad empresarial.

Las fuentes utilizadas incluyeron buscadores académicos como Google Académico, base de datos estadísticos como el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística), textos especializados en tecnologías emergentes y videos educativos sobre Industria 4.0 y 5.0 para comprender sus impactos prácticos, así como: la ISO 9001 para la gestión de calidad y la ISO 42001 para la gestión de inteligencia artificial, y las guías del ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) para asegurar que las prácticas tecnológicas y productivas estuvieran alineadas con estándares internacionales.

Las fuentes fueron seleccionadas con base en criterios de relevancia, actualidad (últimos cinco años) y confiabilidad, priorizando aquellas relacionadas directamente con la implementación de tecnologías 4.0 y 5.0 en Colombia.

Marco Conceptual y Teórico

Glosario

Asociaciones de apoyo. Son organizaciones como la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) y ProColombia, que impulsan la capacitación, acceso a mercados internacionales y adopción de tecnologías en PYMES.

Big data. Es la recolección de datos de sistemas interconectados, como máquinas y sensores, destacada por su volumen, variedad y velocidad. Esto permite tomar decisiones más eficientes, mejorar la autogestión y optimizar el mantenimiento de las máquinas (Abarca, et al., 2020).

Blockchain. Es una base de datos que registra y gestiona información, como transacciones y archivos, de forma segura y descentralizada para uso empresarial (Peralta Abarca, Martínez Bahena, & Enríquez Urbano, 2020).

Cadena de valor en el sector textil. La cadena de valor textil incluye diseño, obtención de materiales, producción, distribución y venta, integrando tecnología y sostenibilidad para optimizar procesos y satisfacer al mercado.

Campañas SEM (Marketing en Motores de Búsqueda). Como objetivo promover la página web mediante su posicionamiento en los primeros resultados patrocinados de los motores de búsqueda (Chalarca et al., 2020).

Campañas SEO (Search Engine Optimization). Optimizar el posicionamiento en motores de búsqueda como Google o Bing requiere estrategias SEO, enfocadas en palabras clave, contenido de valor, velocidad del sitio y enlaces confiables, para aumentar la visibilidad y atraer clientes, fortaleciendo la presencia digital (Castrillón & Zapata, 2024).

Ciberseguridad. Es clave para proteger los datos generados y transmitidos por IoT, siendo uno de los mayores desafíos tecnológicos del futuro (MinTIC, 2019).

Cobots (Robots Colaborativos). Robots diseñados para trabajar de manera segura junto a los humanos, ayudando en tareas repetitivas o pesadas mientras los trabajadores se enfocan en actividades creativas.

Computación en la nube (Cloud Computing). Permite almacenar y procesar grandes cantidades de datos sin ocupar la memoria de los dispositivos, facilitando la conectividad entre diversos dispositivos (Ladino & Briceño, 2021).

Industria 4.0 (I4.0). La Industria 4.0 integra tecnologías como IoT, inteligencia artificial y la robótica, con el fin de crear fábricas inteligentes, conectadas y eficientes, optimizando procesos y promoviendo innovación y sostenibilidad.

Industria 5.0 (I5.0). Integra la colaboración entre los humanos y las máquinas inteligentes, combinando la creatividad y la tecnología avanzada para mejorar la personalización, sostenibilidad y bienestar laboral.

Inteligencia artificial. Se utiliza algoritmos para resolver problemas de forma óptima, creando sistemas expertos capaces de realizar predicciones o clasificaciones basadas en los datos recibidos (Hurtado & Borjas, 2023).

Internet de las cosas (IoT). Es un conjunto de dispositivos interconectados que intercambian información automáticamente, sin intervención humana. Integran sensores y actuadores conectados por redes cableadas o inalámbricas, permitiendo el control digital para interactuar con el mundo físico (Ladino & Briceño, 2021).

Manufactura aditiva. Es una técnica que produce productos personalizados en pequeños lotes, agregando material en lugar de eliminarlo, hasta alcanzar el resultado deseado. (Ladino & Briceño, 2021).

Personalización masiva. Habilidad de crear productos únicos adaptados a las necesidades del cliente, utilizando herramientas tecnológicas como impresión 3D y análisis de datos avanzados.

PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas). Son empresas con un tamaño reducido en términos de personal, ingresos anuales y activos. Empresas que constituyen un porcentaje significativo del sector textil en Colombia. Aunque suelen tener recursos limitados, poseen alta capacidad de adaptabilidad y son clave para el desarrollo socioeconómico del país.

Realidad aumentada. Esta fusiona mediante un contenido digital con el entorno físico, creando un espacio virtual donde los humanos interactúan con máquinas mediante dispositivos que recrean el entorno de trabajo (Ladino & Briceño, 2021).

Robots autónomos. Optimiza la eficiencia de las líneas de producción y apoya actividades manuales, vinculando tecnología y capacitación del trabajador. (Peralta Abarca, Martínez Bahena, & Enríquez Urbano, 2020).

Sostenibilidad y economía circular. Modelos económicos y productivos que priorizan la reducción de residuos, el reciclaje de materiales y la producción responsable. En la Industria 5.0, esto incluye el diseño de productos textiles reutilizables o biodegradables.

Textiles inteligentes. Materiales equipados con tecnología para adaptarse a condiciones específicas o interactuar con el entorno. Por ejemplo, ropa que monitoriza parámetros biométricos.

Transformación digital. Es el proceso de la adopción de tecnologías digitales para mejorar la eficiencia, la productividad y la competitividad empresarial. Para las PYMES textiles, implica modernizar maquinaria, integrar software de diseño y optimización, y digitalizar procesos administrativos y logísticos.

Tecnologías Clave de la Industria 4.0 Aplicables a las PYMES del Sector Textil en Colombia

La Industria 4.0 representa una transformación tecnológica al integrar tecnologías digitales avanzadas con procedimientos modernos. Esta interconexión permite el acceso en tiempo real a datos internos, optimizando las operaciones y fortaleciendo la gestión empresarial. A su vez, la Industria 5.0 da un paso más allá, centrando su enfoque en la colaboración entre humanos y tecnologías inteligentes. Su principal objetivo es equilibrar la productividad empresarial con el bienestar social y ambiental, promoviendo soluciones innovadoras, sostenibles y éticas.

Las PYMES del sector textil en Colombia están en una etapa de transición tecnológica, y la Industria 4.0 es, sin duda, la más implementada en comparación con la Industria 5.0. Esto se debe a que muchas empresas aún están enfocadas en digitalizar y automatizar sus procesos básicos hacia prácticas más avanzadas y personalizadas que caracterizan a la Industria 5.0, además, delimita la adopción debido a los mayores costos y la infraestructura necesaria.

En el sector textil, la adopción de estas tecnologías ha mejorado la eficiencia, alcanzado objetivos estratégicos y contribuido al desarrollo económico de diversos países. Para una mejor comprensión integral del concepto Industria 4.0, es fundamental explorar los términos clave asociados, de acuerdo con, en el resumen ejecutivo del estudio sobre las brechas de innovación y tecnología de Sistema Moda, a continuación, se presentarán las herramientas más utilizadas en el sector textil:

Big Data. Analítica e inteligencia artificial (IA) en el sector textil permite gestionar grandes volúmenes de datos no estructurados para identificar patrones y tendencias que optimizan la producción de nuevos productos y servicios. Esto incluye el análisis en tiempo real

de fábricas para mejorar procesos y facilitar la trazabilidad de prendas durante su ciclo de vida, así como el uso de máquinas autorreguladas que toman decisiones para aumentar la productividad. Además, permite predecir la demanda según el comportamiento del consumidor y detectar defectos en tejidos, reduciendo errores humanos en la inspección visual (Sistema Moda, 2020).

El Internet de las cosas (IoT). Estas tecnologías transforman los textiles al incorporar sensores que monitorean parámetros físicos, regulan temperatura, dosifican medicamentos y detectan toxicidad, con aplicaciones en salud y uso militar. Además, el IoT optimiza inventarios, automatiza el reabastecimiento y utiliza etiquetas RFID para acceder a información en la nube, mejorando la trazabilidad y el control de las prendas (Sistema Moda, 2020).

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA). Transforman la compra de moda al permitir probar prendas virtualmente, escanearlas para conocer su origen y disponibilidad, y usar body scanners 3D para crear patrones personalizados y visualizar colecciones adaptadas a cada cuerpo. Estas tecnologías mejoran la experiencia del cliente y personalizan el proceso de compra (Sistema Moda, 2020).

La robótica y automatización. Optimizan la industria textil al automatizar procesos como la confección de prendas y el teñido de hilos, reduciendo costos de producción y entrega. Para 2030, se proyecta un aumento del 30% en productividad y una disminución de hasta un 33% en costos laborales, revolucionando la eficiencia y calidad del sector (Sistema Moda, 2020).

La manufactura 3D. Impulsa la fabricación personalizada en vestuario y calzado, permitiendo producción bajo demanda, reciclaje de materiales y uso de biomateriales sostenibles,

aunque enfrenta desafíos técnicos como el sinterizado láser para aplicaciones más precisas (Sistema Moda, 2020).

La biotecnología. Impulsa textiles sostenibles mediante fibras renovables como nanocelulosa, sintéticos de maíz e hilos de algas con protección UV. También explora recubrimientos bacterianos en ropa deportiva y biofabricación con microorganismos para una producción más ecológica y funcional (Sistema Moda, 2020).

La nanotecnología. Mejora los textiles con propiedades innovadoras como protección UV, control de humedad, resistencia a manchas y autolimpieza. Además, permite telas que cambian de color según la luz y soluciones sostenibles como el tratamiento de aguas residuales mediante filtros con nanopartículas (Sistema Moda, 2020).

Los materiales avanzados. Mejoran los textiles con tejidos de secado rápido, mayor resistencia a arrugas y colorantes naturales, además de reemplazar fibras sintéticas por celulosa de madera cultivada, promoviendo la sostenibilidad en la industria (Sistema Moda, 2020).

La eficiencia energética en la industria textil. Se optimiza mediante el uso de energías renovables, la gestión de residuos y tejidos que regulan la energía en edificios y fábricas. Además, se desarrollan hilos de madera que reemplazan al algodón, reduciendo significativamente el consumo de agua y energía (Sistema Moda, 2020).

La Industria 4.0 es fundamental para la fabricación de cero defectos, lo cual, se desarrollan herramientas que supervisan todo lo que ocurre durante un proceso productivo utilizando sensores y herramientas de cámaras de inspección, lo anterior termina midiendo los niveles de calidad, pues permite tomar acciones oportunas y generando la fabricación de mínimos defectos o fallos en los productos y servicios. La fabricación personalizada es otro

aspecto relevante que resulta muy útil las herramientas de la IA derivando la creación de productos únicos y diferentes aplicables a todo tipo de industrias; en estos casos, se utilizan robots o máquinas que están conectadas a un centro de control para recibir información rápida y certera, los que finalmente se materializa mediante impresión 3D o fabricación aditiva, permitiendo crear bienes únicos en cualquier tipo de material (Solleiro, 2020).

En las PYMES del sector textil en Colombia, si buscan implementar las tecnologías de la Industria 4.0 obtendrían soluciones avanzadas que permitirían mejorar su competitividad y eficiencia, de esta manera, pueden optimizar recursos, reducir tiempos de producción y personalizar productos según la demanda del mercado.

Oferta de Industria 4.0 en las PYMES Sector Textiles en Colombia

En Colombia las PYMES pueden aprovechar diversas oportunidades en el mercado global mediante el acceso a tecnologías que mejoran significativamente su producción y eficiencia en el sector textil, así como la capacidad de alcanzar mercados internacionales a través de plataformas de comercio electrónico, lo que les permite expandir su alcance y diversificar sus fuentes de ingreso.

La adopción de la Industria 4.0 en las PYMES del sector textil en Colombia ha avanzado considerablemente, aunque persisten algunos desafíos. Un ejemplo es el estudio de Araque & Giampietro (2022) que muestra cómo la aplicación de Big Data en una PYME textil colombiana mejoró la identificación de fallas operacionales en un 20%. Al aplicar Big Data, la empresa pudo optimizar su mantenimiento predictivo, reducir tiempos de inactividad y mejorar la calidad del producto, lo que se traduce en mayor competitividad y eficiencia operativa dentro del sector textil colombiano. Este caso refleja el potencial de las herramientas de la Industria 4.0 para transformar procesos industriales en las PYMES (Araque & Giampietro, 2022).

Sin embargo, la adopción generalizada de estas tecnologías aún es limitada. Un estudio de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano señala que las PYMES manufactureras en Bogotá enfrentan barreras como altos costos, falta de infraestructura y escasa conciencia sobre los beneficios. Superar estos retos es clave para aprovechar plenamente las oportunidades de transformación tecnológica y competitividad en el sector (Ladino & Briceño , 2021).

Adicionalmente, la Asociación Colombiana de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (ACOPI) ha identificado la existencia de brechas tecnológicas significativas que limitan la adopción efectiva de las herramientas de la Industria 4.0 en el sector textil. Estas brechas

incluyen dificultades en infraestructura, acceso a financiamiento y capacitación técnica, aspectos fundamentales para la transformación digital (Chalarca, et al., 2020).

Impacto en la Competitividad y Eficiencia Operativa

A pesar de estos desafíos, iniciativas como Colombia 4.0, un evento dirigido a organizaciones y emprendedores, destacan el interés y el potencial de las PYMES textiles colombianas para avanzar en la transformación digital e incorporar herramientas de la Industria 4.0 en sus operaciones, impulsando su competitividad y modernización (Chalarca, et al., 2020).

La automatización en las PYMES de Santa María destacó el uso de tecnologías, usando métodos tradicionales hasta sistemas contables automatizados. Lo cual, enfrentan desafíos como la falta de conocimientos sobre formalización y resistencia al cambio para adoptar tecnologías avanzadas. Por consiguiente, se identificó una alta tasa del registro en la Cámara de Comercio y el RUT, lo cual, es crucial para acceder a apoyo gubernamental y financiamiento. La formalización y capacitación continua son esenciales para mejorar la productividad y competitividad, posicionando a Santa María como un modelo en innovación para las PYMES en Colombia (Ruiz & González, 2024).

La adopción de la Industria 4.0 es más común en las PYMES del sector textil en Colombia debido a su potencial para aumentar la eficiencia operativa, disminuir costos y agilizar la producción de los procesos. Estas tecnologías permiten a las empresas optimizar recursos, mejorar la calidad de sus productos y mantener una ventaja competitiva en un entorno globalizado. De esta manera, la Industria 4.0 ha impulsado la automatización y digitalización en el sector textil, dando paso a la Industria 5.0.

En Colombia se destacan iniciativas como Fibretex, que recicla residuos textiles para producir fibra, y Offcorss, que explora el metaverso como una nueva forma de interacción digital. Estas acciones reflejan el compromiso del sector con la sostenibilidad y la adopción de tendencias digitales emergentes, fortaleciendo su competitividad (Procolombia, 2023).

Oportunidades que la Industria 4.0 Ofrece a las PYMES del Sector Textil

La Industria 4.0 ofrece a las PYMES del sector textil oportunidades clave, como la automatización de procesos, la personalización a gran escala, y la optimización de la cadena de suministro mediante el uso de datos en tiempo real. Además, la integración de tecnologías sostenibles, como la economía circular y las fibras recicladas, les permite no solo mejorar la eficiencia y competitividad, sino también acceder a mercados internacionales. El aprovechamiento de plataformas digitales, como la Web 3.0 y el marketing, facilita la conexión con consumidores interesados en la moda sostenible y virtual, esto impulsa la innovación, alineándose con las expectativas del consumidor (Velásquez, et al., 2022).

De acuerdo con el programa de opinión sobre “El sector textil en Colombia”, los programas de Fábricas de Productividad tienen como objetivo principal elevar la competitividad en las empresas textiles mediante la implementación de tecnologías de vanguardia. Esto no solo facilita la optimización de los procesos productivos, sino que también contribuye al fortalecimiento de la infraestructura digital, lo que, a su vez abre nuevas oportunidades comerciales tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, uno de los retos más significativos es la baja tasa de adopción de estas tecnologías entre las pequeñas y medianas empresas del sector, ya que solo un número limitado de ellas logra aprovechar estos recursos (Rodríguez, et al., 2022).

Según la conferencia sobre “La Industria 4.0 Automatización de la Información en la Industria Textil”, aborda cómo la automatización y los sistemas digitales en la industria textil mejoran la gestión de la producción, la calidad y la trazabilidad. Destaca beneficios como la supervisión en tiempo real de las operaciones, la precisión en los pagos por productividad y la planificación de entregas. Además, resalta cómo estos sistemas fomentan eficiencia operativa y confianza en los clientes. La transición hacia herramientas 4.0 optimiza procesos, elimina errores humanos y despersonaliza decisiones laborales, impulsando a las empresas hacia la competitividad (Barrios & Sabillon, 2022) .

Según Barrios & Sabillon (2022) mencionan diversas oportunidades que la Industria 4.0 ofrece a las PYMES del sector textil para mejorar sus procesos, tales como:

Visibilidad del avance de la producción. Facilita saber en tiempo real en qué etapa está cada pedido y permite ajustar o balancear líneas de producción según sea necesario.

Gestión de calidad eficiente. Identifica con precisión quién realizó cada operación, lo que reduce el tiempo para resolver problemas y fomenta el compromiso del personal.

Personalización en la toma de decisiones. Automatiza la información basada en productividad y rendimiento, eliminando sesgos personales y promoviendo justicia en el entorno laboral.

Mayor flexibilidad para directivos. Les permite monitorear los talleres desde dispositivos móviles, dedicando más tiempo a actividades estratégicas como ventas y búsqueda de proveedores.

Optimización de la planificación. Las áreas de ventas pueden consultar el estado de la producción en tiempo real, facilitando la estimación de fechas de entrega más precisas.

Cálculo exacto de nómina. Relaciona directamente la producción entregada con los pagos, evitando errores y asegurando justicia.

Automatización mediante tecnología. Uso de tablets y códigos de barras para capturar información de cada etapa, asegurando un flujo constante de datos para el control de pedidos.

La adopción de tecnologías de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas (IoT), el Big Data y la robótica, impulsa la eficiencia operativa al optimizar procesos productivos y mejorar la gestión de la cadena de suministro. La automatización y la digitalización no solo reducen los costos de producción, almacenamiento y transporte, sino que también aumentan la precisión y calidad del producto final mediante herramientas avanzadas como la inteligencia artificial y la simulación. Además, estas tecnologías permiten una producción flexible y adaptable a las demandas del mercado, facilitando la personalización de productos según las preferencias de los clientes. Su implementación contribuye a la sostenibilidad al optimizar el uso de recursos y minimizar desperdicios, reduciendo así el impacto ambiental.

Las PYMES, la incorporación de soluciones 4.0 representa una oportunidad clave para mejorar su competitividad en mercados internacionales, incrementando su productividad y capacidad de respuesta a tendencias globales. Asimismo, la modernización del sector fomenta la creación de empleos especializados y fortalece el tejido económico y social de las regiones. (Castrillón & Zapata, 2024).

Recomendaciones para Implementar la Industria 4.0 en las PYMES del Sector Textil.

El intraemprendimiento como una estrategia clave para que las empresas textiles en Colombia enfrenten desafíos como la competencia internacional y la obsolescencia tecnológica, se destacan prácticas para fomentar la innovación interna, como la capacitación, la inversión en tecnología y

la creación de un ambiente favorable a ideas novedosas. El enfoque busca mejorar procesos, abrir nuevos mercados y adaptarse a las tendencias del consumidor. De tal manera, el intraemprendimiento es esencial para fortalecer la sostenibilidad y la competitividad del sector textil (Pérez & Peña, 2024).

Por consiguiente, el intraemprendimiento varias estrategias clave que pueden transformar la competitividad y adaptabilidad del sector textil colombiano (Pérez & Peña, 2024):

Invertir en la formación de los empleados fortalece sus habilidades técnicas, estimula la creatividad y refuerza su sentido de pertenencia dentro de la organización. La actualización continua a través de programas de capacitación garantiza que la fuerza laboral esté alineada con las exigencias del mercado global. Fomentar entornos que impulsen la generación de nuevas ideas mediante incentivos, espacios creativos y estructuras que favorezcan la experimentación permite desarrollar soluciones innovadoras y disruptivas. Además, la integración de herramientas como la automatización, la analítica de datos y las plataformas de colaboración digital optimiza procesos, reduce costos y mejora la calidad de los productos (Pérez & Peña, 2024).

Las alianzas estratégicas con clústeres, instituciones académicas y asociaciones industriales facilitan el acceso a investigación, recursos y redes que impulsan el crecimiento del sector. Asimismo, la incorporación de sistemas de análisis de tendencias globales y locales permite a las empresas anticiparse a cambios en la demanda y ajustar sus estrategias comerciales de manera proactiva. Motivar a los empleados para liderar proyectos internos fortalece su sentido de propiedad y abre nuevas oportunidades de negocio dentro de la organización. Por último, la adopción de modelos basados en economía circular y el uso de materiales sostenibles no solo aumentan la competitividad, sino que también refuerzan la responsabilidad ética y social de las empresas en los mercados internacionales (Pérez & Peña, 2024).

Una estrategia destacada son las ferias internacionales, como Colombiamoda, que han servido de vitrina para mostrar productos innovadores y generar contactos con potenciales compradores. Estas plataformas fortalecen la imagen del sector textil colombiano como proveedor de alta calidad y diseño innovador (Gutiérrez, et al., 2021).

Personalización de Productos en el Sector Textil

La personalización de productos en las PYMES del sector textil colombiano es una estrategia que ha cobrado gran relevancia gracias a la implementación de las herramientas digitales y las tendencias de consumo centradas en la individualización. Según los estudios revisados, el uso de sistemas de gestión de relaciones con clientes (CRM) y análisis de datos avanzados permite a las empresas recopilar información detallada sobre los gustos y preferencias de sus consumidores. Este enfoque no solo facilita la creación de productos alineados con las expectativas de los clientes, sino que también mejora la experiencia de compra al ofrecer opciones personalizadas que aumentan la fidelidad y satisfacción del usuario según (Bendeck, et al., 2024).

El comercio electrónico, en particular, ha emergido como una plataforma estratégica para implementar la personalización en las PYMES. Las redes sociales, combinadas con herramientas de optimización como SEO y SEM, permiten una interacción más directa con los consumidores, a través de estos canales, las empresas pueden recibir retroalimentación en tiempo real sobre sus productos y ajustar rápidamente su oferta para adaptarse a las tendencias emergentes del mercado. Esto les brinda una ventaja competitiva significativa, ya que logran diferenciarse de las grandes cadenas de moda rápida al enfocarse en propuestas de valor únicas (Laverde, et al., 2023).

La integración de tecnologías de la Industria 4.0, como la manufactura aditiva, el Internet de las Cosas (IoT) y el Big Data, ha transformado los procesos productivos en el sector textil. De acuerdo con Bendeck, et al., (2024), estas tecnologías permiten que las PYMES adopten modelos de producción flexibles y altamente adaptables, lo que resulta ideal para responder a las demandas de personalización. Por ejemplo, una empresa puede producir pequeñas cantidades de diseños exclusivos o ajustar patrones y estilos de acuerdo con las solicitudes específicas de los clientes. Esto no solo reduce el desperdicio de materiales, sino que también optimiza la eficiencia operativa y mejora la sostenibilidad de la cadena de valor.

La personalización de productos se ha convertido en un pilar estratégico para las PYMES del sector textil en Colombia. Más allá de ser una herramienta para satisfacer las expectativas de los consumidores, esta estrategia posiciona a las empresas en mercados especializados y crea una ventaja competitiva que fortalece su resiliencia frente a desafíos como la globalización y la moda rápida. Sin embargo, para capitalizar plenamente estas oportunidades, las PYMES deben continuar invirtiendo en tecnologías avanzadas y en el desarrollo de habilidades digitales que les permitan innovar y adaptarse continuamente a las cambiantes dinámicas del mercado global.

Estrategias para Facilitar la Adopción de la Industria 4.0 en las PYMES Textiles de Colombia

Para desarrollar estrategias efectivas es importante facilitar la adopción de la Industria 4.0 en las PYMES textiles en Colombia, según Bendeck, et al., (2024), es clave integrar aspectos ambientales, sociales y técnicos mediante un enfoque sostenible e innovador. A continuación, se presentan estrategias detalladas y aplicables:

Implementación de tecnologías digitales. Implementar herramientas de monitoreo automatizado, como sensores y software, permite un control preciso de los procesos productivos, aumentando la eficiencia y minimizando desperdicios. La adopción de sistemas asistidos por computadora (CAD) facilita la personalización de productos y optimiza la gestión de inventarios, evitando acumulaciones innecesarias. Asimismo, el análisis de datos permite optimizar el ciclo de vida de los productos, promoviendo estrategias de reciclaje y reutilización para una producción más sostenible.

Estrategias basadas en ecodiseño. Utilizar materiales reciclados o renovables para reducir la huella ambiental y fomentar una producción más sostenible. Implementar tecnologías limpias que optimicen el uso de energía y minimicen la generación de residuos en los procesos textiles. Diseñar productos duraderos y de fácil reparación, fortaleciendo su ciclo de vida y promoviendo un vínculo emocional con los consumidores.

Capacitación y cultura empresarial. Diseñar programas de formación especializados para empleados, enfocándose en el uso de nuevas tecnologías y sus beneficios. Promover una cultura organizacional orientada a la sostenibilidad y la innovación, impulsando una mentalidad proactiva frente a los cambios y desafíos del sector.

Transformación del modelo de negocio. Adoptar esquemas de diseño textil enfocados en la reutilización, reacondicionamiento y reciclaje de productos, prolongando su ciclo de vida. Optimizar la logística y el transporte mediante sistemas más eficientes y el uso de envases reutilizables, reduciendo así la huella de carbono.

Integración del consumidor en el proceso. Facilitar la participación del consumidor en el diseño de productos personalizados a través de plataformas digitales, fortaleciendo su fidelidad y minimizando el desperdicio. Fomentar una compra consciente y responsable mediante campañas que destaquen los beneficios ambientales de los productos ecoamigable.

Gestión de recursos y colaboración. Integrar tecnologías de eficiencia energética y el uso de recursos renovables en los procesos productivos para reducir el impacto ambiental. Establecer alianzas con instituciones educativas, asociaciones industriales y entidades gubernamentales para fortalecer las capacidades de las PYMES y acelerar su transición tecnológica.

El objetivo de las estrategias mencionadas anteriormente es promover la capacidad de cambio y adaptación en los modelos de negocio, a su vez, el movimiento que está generando el mercado al implementar estas tecnologías con transformaciones vanguardistas. Todas estas estrategias incluye la tecnología para la satisfacción del cliente entendido como actor fundamental, comprende la tecnología como el motor clave y habilitador de la toma de decisiones, se obtiene beneficios de flexibilidad y productividad y se evoluciona en los modelos de fabricación tradicional a la fabricación inteligente de manera confiable y controlada en asegurar cada etapa de los procesos el cumplimiento de los requisitos aplicables y la innovación en la manera de como garantizarlos.

La integración de tecnologías de la Industria 4.0 en las PYMES sector textiles colombianas, ejemplifica un cambio estratégico hacia la digitalización y la innovación, por lo tanto, algunas empresas están aprovechando herramientas avanzadas como el diseño asistido por inteligencia artificial, plataformas digitales de colaboración y automatización para optimizar sus procesos productivos y de gestión.

Las herramientas como Big Data, computación en la nube y ciberseguridad son las más conocidas y utilizadas, destacando un papel en la gestión de grandes volúmenes de datos, almacenamiento seguro y protección contra ciberataques. Las empresas que aplican estas tecnologías reportan beneficios tangibles, como una mayor eficiencia operativa y capacidad para tomar decisiones basadas en datos. Sin embargo, aún existe un desafío significativo en cuanto a la integración de tecnologías más avanzadas o especializadas, como la realidad aumentada, los gemelos digitales y la fabricación aditiva (Cadavid & Pilonieta, 2023).

Uno de los principales obstáculos, es la falta de conocimiento y capacitación. Muchas empresas, especialmente PYMES, no tienen claridad sobre el funcionamiento y los beneficios de estas tecnologías, lo que las limita a depender de prácticas tradicionales. Otro factor importante es el costo inicial de implementación, que resulta cohibido para muchas organizaciones que carecen de recursos financieros o acceso a financiación. Además, la ausencia de personal calificado para operar y mantener estas tecnologías refuerza la brecha tecnológica.

En general, mientras que algunas empresas han logrado avances significativos en la implementación de tecnologías 4.0, muchas otras se encuentran en etapas iniciales, explorando cómo estas herramientas pueden integrarse de manera efectiva en sus procesos. Esto refleja un potencial latente que, con las estrategias adecuadas, puede impulsar la transformación digital en el sector textil y consolidar su posición en el mercado local e internacional.

Para implementar estrategias de la Industria 4.0 en las PYMES del sector textil, se recomienda iniciar con un diagnóstico empresarial para identificar áreas de mejora y potenciales aplicaciones tecnológicas. Es esencial fomentar la capacitación técnica en herramientas como Big Data, computación en la nube e IoT, acompañada de talleres de sensibilización sobre los beneficios de estas tecnologías. Además, es crucial establecer alianzas con instituciones académicas y financieras para acceder a fondos que permitan costear la implementación tecnológica. La adopción de estas tecnologías debe iniciarse con proyectos piloto que minimicen riesgos y generen aprendizajes clave, apoyados por una infraestructura adecuada y asesoramiento técnico continuo. Paralelamente, se debe promover una cultura de innovación que integre estrategias como la integración horizontal y vertical para optimizar procesos productivos y logísticos, asegurando así la competitividad y sostenibilidad del sector en un mercado globalizado.

Sostenibilidad y Reducción del Impacto Ambiental

El impacto ambiental de la industria textil se caracteriza por ser una de las más contaminantes debido a la naturaleza de sus procesos productivos. Entre los principales impactos ambientales destacan el elevado consumo de agua y energía, así como el uso intensivo de productos químicos. En procesos como el teñido y acabado, se emplean grandes cantidades de tintes y agentes químicos que contienen metales pesados como plomo, níquel y cromo, conocidos por sus efectos tóxicos y cancerígenos. Además, el agua utilizada en estos procesos, cargada con sustancias químicas, es frecuentemente vertida sin el tratamiento adecuado, lo que genera contaminación en fuentes hídricas y afecta a los ecosistemas acuáticos. Por otro lado, el uso de fibras sintéticas como el poliéster contribuye significativamente a la generación de residuos sólidos de difícil biodegradación, complicando los esfuerzos de reciclaje. Estos

problemas se agravan por la falta de una regulación estricta y el bajo nivel de implementación de estrategias ambientales en muchas PYMES del sector textil colombiano (Urrego, 2023).

Las estrategias para la sostenibilidad es mitigar el impacto ambiental, se han propuesto diversas estrategias que combinan innovación tecnológica y gestión eficiente de los recursos. Por ejemplo, los programas de uso racional y eficiente del agua y la energía son fundamentales para reducir el consumo de estos recursos en los procesos industriales. Estas iniciativas incluyen la instalación de tecnologías que permitan la recirculación del agua, el uso de energías renovables y la optimización de maquinaria. Además, la gestión integral de residuos sólidos tiene como objetivo fomentar la reutilización y el reciclaje de textiles, promoviendo una economía circular. Esto implica diseñar prendas con materiales reciclables y reducir la mezcla de fibras, lo que facilita su procesamiento al final de su vida útil. La innovación sostenible también juega un papel crucial, mediante el desarrollo de fibras alternativas como el algodón orgánico o el uso de nanotecnología para mejorar la durabilidad y minimizar el impacto de los productos textiles. Estas medidas no solo benefician al medio ambiente, sino que también aumentan la competitividad de las empresas al alinearlas con las tendencias de sostenibilidad global (Urrego, 2023).

La regulación y Cumplimiento Normativo ambiental es esencial para establecer estándares que minimicen los impactos negativos de la industria textil. En Colombia, normativas como la resolución 0631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible fijan límites máximos permisibles para vertimientos líquidos industriales, incluyendo parámetros específicos para sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno y contenido de aceites y grasas. Aunque estas regulaciones son un paso importante, su aplicación efectiva es limitada debido a la falta de supervisión y control adecuados

Acceso a Nuevos Mercados y Competitividad Global PYMES Sector Textil Colombia

Colombia tiene una historia relevante dentro de la economía nacional, destacándose como uno de los mayores generadores de empleo e ingresos por exportaciones. Actualmente, enfrenta diversos retos y oportunidades para consolidarse en los mercados internacionales y fortalecer su competitividad global, de esta forma, se destacan algunos aspectos relevantes que aportan claridad y contexto (Gutiérrez, et al., 2021).

Los procesos de internacionalización permiten a las PYMES textiles expandir su alcance a mercados extranjeros, incrementando la competitividad, las ventas y la generación de empleo. Entre los principales incentivos están las políticas de apoyo gubernamental, como la promoción de exportaciones y la firma de tratados de libre comercio (TLC). Estos tratados han permitido a las empresas colombianas tener acceso preferencial a mercados en América del Norte, Europa y Asia, reduciendo barreras arancelarias y facilitando las transacciones comerciales. Además, el fortalecimiento de las capacidades internas de las empresas, como la gestión de recursos y el uso de tecnologías de la información, ha sido clave. Las ferias internacionales y los eventos sectoriales también se destacan como plataformas efectivas para promover los productos colombianos y establecer contactos comerciales (Gutiérrez, et al., 2021).

La exportación directa es el principal modo de entrada utilizado por las PYMES textiles colombianas. Este modelo permite una inserción gradual en mercados extranjeros con menores riesgos financieros. También se ha identificado el uso de alianzas estratégicas como las Joint Ventures, que permiten compartir recursos y riesgos con empresas extranjeras, facilitando el acceso a nuevos mercados (Gutiérrez, et al., 2021).

Las PYMES enfrentan barreras y retos significativos para la internacionalización. Entre ellas destacan:

Si bien los tratados de libre comercio (TLC) han reducido algunas barreras, los altos costos de transporte y las limitaciones en infraestructura siguen representando un desafío. La obsolescencia tecnológica y la baja inversión en investigación y desarrollo dificultan la competitividad frente a mercados globales más avanzados. Además, la creciente presencia de productos asiáticos de bajo costo impacta las operaciones de las empresas locales, reduciendo su participación en el mercado. Muchas PYMES también enfrentan dificultades por la falta de conocimiento especializado en comercio internacional y marketing global, lo que restringe su capacidad de negociación y expansión.

Al aprovechar herramientas como la logística 4.0, la digitalización y las plataformas de comercio electrónico puede ser clave para mejorar la competitividad. Estas tecnologías permiten optimizar las cadenas de suministro, reducir costos y llegar a nuevos consumidores de manera eficiente. Además, el posicionamiento de productos sostenibles y de alta calidad puede ser un diferenciador importante en mercados internacionales. La creciente demanda por textiles eco-amigables y éticamente producidos abre una oportunidad única para que las PYMES colombianas se destaquen en nichos de mercado específicos.

Sistema de Gestión de Calidad

En Colombia, la adopción de la Industria 4.0 está siendo impulsada por iniciativas gubernamentales y privadas que buscan modernizar la industria y aumentar la competitividad en el mercado global. La integración de las normas ISO en este contexto es crucial para asegurar que las innovaciones tecnológicas se implementen de manera efectiva y segura, garantizando la calidad y sostenibilidad de los procesos industriales.

Existen algunos programas gubernamentales en Colombia de la Universidad Sergio Arboleda tales como "Colombia 4.0" y "La Sergio 4.0", son encuentros que se realizan para visualizar un ecosistema digital, además, muestran la tecnología moderna que va saliendo, buscando promover la adopción de tecnologías avanzadas y el desarrollo de habilidades digitales en la fuerza laboral.

La Sergio 4.0 es un proyecto educativo que lleva la Universidad Sergio Arboleda, se trata de los programas 4.0 que surgen como respuesta a los desafíos que plantea la cuarta revolución industrial y el impacto de las tecnologías de la información y la comunicación. Buscan analizar el grado de desarrollo tecnológico en las organizaciones y su potencial para transformar tanto a las empresas existentes como a las emergentes, impulsando su adaptación a un futuro (Universidad Sergio Arboleda, 2021).

La educación y la formación juegan un papel clave en estos procesos, ya que facilitan la capacitación en nuevas tecnologías y su integración en la gestión de calidad empresarial. Además, preparar a los trabajadores para los desafíos de la Industria 4.0 es fundamental para mejorar la competitividad y la eficiencia en las organizaciones. Por lo tanto, se pueden identificar algunas normas aplicables a la Industria 4.0 en el sector textil:

La norma GTC-ISO 10005:2019. Es una norma que proporciona directrices para la elaboración y gestión de planes de calidad, con el objetivo de asegurar que los procesos, productos y servicios cumplan con los requisitos establecidos. Su propósito es ayudar a las organizaciones a documentar y estructurar sus planes de calidad de manera efectiva (Organización Internacional de Normalización, 2019), alineándolos con los principios de la ISO 9001 y otros estándares de gestión. Además, esta norma es especialmente útil en sectores donde la planificación de la calidad es clave para garantizar el cumplimiento normativo, promoviendo un enfoque preventivo y sistemático en la gestión de la calidad (Organización Internacional de Normalización, 2015).

La norma ISO/IEC 27001. Establece los requisitos para un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI), permitiendo a las organizaciones proteger sus datos mediante la implementación de controles de seguridad que garanticen la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Su enfoque basado en la gestión de riesgos ayuda a prevenir amenazas, cumplir con normativas legales y mejorar continuamente la seguridad en sectores como el financiero, tecnológico y de salud (Organización Internacional de Normalización, 2022).

La norma ISO/IEC 42001:2023. Establece los requisitos para un Sistema de Gestión de Inteligencia Artificial (SGIA), proporcionando un marco para que las organizaciones desarrollen, implementen y gestionen sistemas de IA de manera ética, segura y eficiente. Esta norma aborda la gestión de riesgos, la evaluación del impacto de la IA, la gobernanza del ciclo de vida de los sistemas y la optimización del rendimiento, asegurando el cumplimiento de regulaciones y la confianza de los usuarios en la tecnología (Organización Internacional de Normalización, 2023).

La norma ISO 45001:2018. Establece los requisitos para un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), permitiendo a las organizaciones identificar, controlar y reducir riesgos laborales para mejorar la seguridad de los trabajadores. Su enfoque basado en la gestión de riesgos y la mejora continua ayuda a prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales, cumpliendo con regulaciones legales y fomentando un ambiente laboral seguro y saludable (Organización Internacional de Normalización, 2018).

La norma ISO 20706-1:2019. Especifica métodos para la identificación cualitativa y cuantitativa de ciertas fibras de líber, como el lino, el cáñamo y la ramia, utilizando técnicas de microscopía óptica y electrónica de barrido. Esta norma es aplicable tanto a fibras individuales como a mezclas de estas y a productos elaborados a partir de ellas, facilitando su análisis y clasificación precisa en la industria textil (Organización Internacional de Normalización, 2019).

La norma ISO/IEC/IEEE 15288:2023. Establece un marco común de descripciones de procesos para el ciclo de vida de sistemas creados por el ser humano. Define un conjunto de procesos y terminología asociada desde una perspectiva de ingeniería, aplicables en cualquier nivel de la jerarquía estructural de un sistema. Estos procesos pueden ser utilizados a lo largo del ciclo de vida para gestionar y ejecutar las etapas correspondientes, facilitando la comunicación y cooperación entre las partes involucradas en el desarrollo, utilización y gestión de sistemas modernos de manera integrada y coherente (Organización Internacional de Normalización, 2023).

La norma ISO/IEC 62443. Establece un marco para la ciberseguridad en sistemas de control industrial (ICS), proporcionando directrices para la protección de infraestructuras críticas y redes industriales contra amenazas cibernéticas. Define requisitos para fabricantes, integradores y operadores de sistemas de automatización y control, abordando la gestión de

riesgos, segmentación de redes y protección contra accesos no autorizados, garantizando la seguridad en entornos industriales conectados a la Industria 4.0 (Organización Internacional de Normalización, 2022).

Las herramientas de la Industria 4.0, como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas y el análisis de Big Data, están transformando la administración de sistemas de gestión de calidad y gestión de riesgos en Colombia, especialmente en el contexto de las normas de la familia ISO 9000. Estas tecnologías permiten una recopilación y análisis de datos más eficiente, facilitando la identificación temprana de riesgos y oportunidades de mejora en los procesos de calidad. Además, la automatización y la conectividad mejoran la trazabilidad y la transparencia en toda la cadena de suministro, lo que puede ayudar a las organizaciones a cumplir con los requisitos de las normas ISO de manera más efectiva.

En la industria textil el sistema de gestión de calidad se usa principalmente para obtener máximos resultados en los procesos de producción y buscar alternativas para la mejora del funcionamiento de todas las áreas de la organización. Este sistema les brinda a las empresas diversos beneficios en cuanto a la satisfacción del cliente sobre sus productos llevándolos así a competir en el mercado y la innovación de cada uno de los procesos productivos de la organización que se realizan en el sector textil dependiendo de la fabricación que se realice llevando así a tener productos más certificados en calidad, el cual genera una mayor confiabilidad de estos.

Conclusiones

La implementación de las Industrias 4.0 y 5.0 en las PYMES del sector textil en Colombia representa una oportunidad clave para fortalecer su competitividad, mejorar su eficiencia operativa y promover la innovación sostenible. Mientras que la Industria 4.0 impulsa la automatización, la digitalización y la optimización de procesos a través de tecnologías como la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT) y el big data, la Industria 5.0 complementa este avance al fomentar la colaboración entre humanos y máquinas inteligentes, priorizando la personalización de productos y el bienestar social.

Las PYMES textiles enfrentan barreras significativas, como la falta de cultura tecnológica, el desconocimiento de las herramientas digitales y las limitaciones financieras, que dificultan la adopción de estas tecnologías. A pesar de estos retos, las empresas que logran integrar estas soluciones pueden adaptarse con mayor agilidad a las demandas del mercado global, ofreciendo productos personalizados, sostenibles y de alta calidad.

Es fundamental implementar estrategias claras que incluyan la capacitación tecnológica del talento humano, el acceso a financiamiento para la modernización de procesos, y la colaboración con instituciones académicas y organismos gubernamentales. Adicionalmente, el cumplimiento de normas ISO y las guías del ICONTEC aseguran que la adopción tecnológica se realice bajo estándares de calidad reconocidos a nivel internacional. Apostar por estas tecnologías no es una opción, sino una necesidad para que las PYMES textiles en Colombia se mantengan competitivas, innovadoras y preparadas para enfrentar los desafíos de un entorno global cada vez más dinámico y consciente del impacto social y ambiental.

Referencias Bibliográficas

- Araque, G. A., & Giampietro, V. J. (2022). *El Big Data aplicado en la industria 4.0: un caso en el sector textil Colombiano con un enfoque en la inteligencia de negocios*. Cuaderno Activa. Obtenido de <https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/1176/1652>
- Arboleda, U. S. (s.f.). *Estos son los Nuevos Programas 4.0 de la Sergio para Formar a los Líderes de la Transformación Digital en Colombia*. Obtenido de <https://www.usergioarboleda.edu.co/noticias/estos-son-los-nuevos-programas-4-0-de-la-sergio-para-formar-los-lideres-de-la-transformacion-digital-en-colombia-industria-4.0>
- Barrios, Á., & Sabillon, A. (2022). Conferencia industria 4.0 automatización de la información en la industria textil. . Colombia. Obtenido de <https://youtu.be/V93-ZeNIFV8?si=fm4aYkijCcVWkg9V>
- Bendeck, J. D., Osorio, D., & Restrepo, A. (2024). *Análisis de estrategias de marketing online para las empresas del sector textil*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/12236/An%c3%a1lisis%20de%20estrategias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cadavid, I., & Pilonieta, J. C. (2023). Identificación de las Tecnologías de la Industria 4.0 Implementadas por las Empresas de Medellín y el Valle de Aburrá. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Obtenido de <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/2410/2876>

- Castrillón, A., & Zapata, I. (2024). *Evaluación de la implementación de la Industria 4.0 en la cadena de suministro de las Pymes del Sector Textil – Confección localizadas en el municipio de Itagüí*. Envigado: Universidad EIA. Obtenido de <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/80183cb1-bd83-4c7a-a73f-f6e048c3ba73/content>
- Chalarca, G. Y., Hurtado, S. B., & Escovar, E. F. (2020). *Pymes colombianas y los Retos de la Industria 4.0*. Revista Innova ITFIP . Obtenido de <https://www.revistainnovaitfip.com/index.php/innovajournal/article/view/94>
- DNP. (2021). Revisión de la productividad en las empresas en Colombia. Obtenido de https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/misiones/mision-internacionalizacion/Documents/Notas_politica_Espanol/Revision_de_la_productividad_en_las_empresas_en_Colombia.pdf
- Dueñas Ramírez, L., & Villegas López, G. (2020). Technological advances in computer science that define maintenance concerns in industry 4.0 in Colombia. *Iopscience*, pág. 8. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1513/1/012010/pdf>
- Dueñas, L., & Villegas, G. (2020). Technological advances in computer science that define maintenance concerns in industry 4.0 in Colombia. *Journal of Physics: Conference Series*, 3. Obtenido de IOP Publishing: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1513/1/012010/pdf>
- Gómez, A. S., & Duarte, K. S. (2023). *Análisis de apropiación de la Industria 4.0 en los sistemas de producción del sector Textil en Bucaramanga*. Bucaramanga: Unidades Tecnológicas de Santander. Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/12351/F-DC-125%20Trabajo%20Grado_Industria%204.0%20sector%20textil.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, K. D., Medina, J. F., & Carvajal, D. C. (2021). Una perspectiva de los procesos de internacionalización en el sector textil de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.cun.edu.co/bitstream/handle/cun/4171/688-Texto%20del%20art%c3%adculo-1824-1-10-20221212.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Healthcare. (s.f.). *ISO 27001 Sistema de gestión de seguridad de la información*. Obtenido de <https://www.dnv.com/ar/services/iso-27001-sistema-de-gestion-de-seguridad-de-la-informacion-3327/#>

Hurtado Azuaje, M. F., & Borjas Ostos, H. J. (11 de 2023). *Gestión de proyectos en Pymes del sector manufactura de Bogotá que han implementado la Industria 4.0*. Obtenido de Universidad EAN: <https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/13241/BorjasHeberto2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ibarra Zapata, E., & Ibarra Asprilla, A. (2024). *Uso de Plataformas Ofimáticas para Apoyar la Auditoria en Sistemas de Pedidos en el Almacén de una PYME de la Industria Textil*. Obtenido de Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62155/eibarraz.pdf?sequence=3https://portal.amelica.org/ameli/journal/193/1934639002/1934639002.pdf>

- Ladino , J., & Briceño , D. (2021). *Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá*. Bogotá D.C. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/29944/LadinoFernandezJessicaMarcela2022-Brice%c3%b1oBarreroDianaLiseth2022.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Laverde, L. N., Redondo, A. C., & Hernández, P. A. (2023). Análisis de estrategias del e-commerce en el sector textil: Caso Dimatex. *Economía & Negocios*. Obtenido de <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/eyn/article/view/1557/1895>
- MinTIC. (21 de 11 de 2023). *TIC*. Obtenido de En pocos días viviremos la experiencia Colombia 4.0: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/326496:En-pocos-dias-viviremos-la-experiencia-Colombia-4-0#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20tendr%C3%A1%20Colombia%204.0%3F,%2C%20informaci%C3%B3n%2C%20comunicaci%C3%B3n%20e%20innovaci%C3%B3n>
- MinTIC. (2019). *Aspectos Básicos de la industria 4.0*. Obtenido de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf
- Organización Internacional de Normalización. (2015). NTC-ISO 9001:2015 /AMD 1:2024. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=105910>
- Organización Internacional de Normalización. (2018). *ISO 45001:2018 - Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo: Requisitos con orientación para su uso*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=106388>

- Organización Internacional de Normalización. (2019). *ISO 10005:2019 – Directrices para la planificación de la calidad, útil para estructurar la producción en entornos digitales*. Obtenido de <https://chatgpt.com/c/67db567f-5948-8006-970a-3d140ecc2c4a>
- Organización Internacional de Normalización. (2019). *ISO 20706-1:2019, Textiles — Qualitative and quantitative analysis of some bast fibres (flax, hemp, ramie) and their blends — Part 1: Fibre identification using microscopy methods*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=83073>
- Organización Internacional de Normalización. (2022). *IEC 62443-2-1 Ed. 1.0 b, Industrial communication networks - Network and system security - Part 2-1: Establishing an industrial automation and control system security program*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=57940>
- Organización Internacional de Normalización. (2022). *ISO/IEC 27001:2022 - Seguridad de la información, ciberseguridad y protección de la privacidad. ISO*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=102657>
- Organización Internacional de Normalización. (2023). *ISO/IEC/IEEE 15288:2023, Systems and software engineering — System life cycle processes*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=104053>
- Organización Internacional de Normalización. (2023). *ISO-IEC 42001:2023 Tecnología de la información. Inteligencia artificial. Sistema de gestión*. Obtenido de <https://ecollection-icontec-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/normavw.aspx?ID=107048>
- Peralta Abarca, J. d., Martínez Bahena, B., & Enríquez Urbano, J. (2020). *Industria 4.0*. Obtenido de <https://inventio.uaem.mx/index.php/inventio/article/view/45/4>

Pérez, S. P., & Peña, S. P. (2024). *Título del trabajo de grado: "Intraemprendimiento, una respuesta a la necesidad de las empresas en el sector textil de diversificar sus estrategias de producción para adaptarse rápidamente a las tendencias del consumidor actual."*

Medellín, Antioquia: Universidad Pontificia Bolivariana. Obtenido de

<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/11814/Intraemprendimiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Procolombia. (09 de 02 de 2023). *Industria textil colombiana y su crecimiento a través de la innovación y la competitividad*. Obtenido de

https://procolombia.co/colombiatrade/exportador/articulos/industria-textil-colombiana-y-su-crecimiento-traves-de-la-innovacion-y-la-competitividad?utm_source=chatgpt.com

Rodriguez, C., Valencia, R., & Duque, J. (24 de 01 de 2022). El sector textil en Colombia [Un programa de opinión] Telemedellín. (G. Mendoza, Entrevistador) Obtenido de

<https://youtu.be/TFV0Z0sg0v8?si=W28Qc2ySXTlo3h1P>

Ruiz, M. J., & González, N. (2024). *La automatización de procesos en Pymes del municipio de Santa María como impulso a su productividad*. Obtenido de Universidad Nacional

Abierta y a Distancia – UNAD:

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/64191/ngonzalezpupdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sistema Moda. (2020). *Tecnologías avanzadas aplicadas al Sistema Moda*. Obtenido de

<https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=e99e1eba-8200-4d64-bc51-c46fdc381b3d>

- Solleiro, J. L. (2020). *Ciencia Revista de la academia mexicana de ciencia "Nuevas tecnologías, industria 4.0 y sociedad"*. Obtenido de La industria 4.0 y los cambios en la política industrial: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/74_2/PDF/Ciencia74-2.pdf
- Tecnología, I. y. (24 de 08 de 2022). *unir universidad en internet*. Obtenido de ¿Qué son los sistemas ciberfísicos?: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistemas-ciberfisicos/>
- Universidad Sergio Arboleda. (2021). *Escuela de Educación 4.0, una respuesta a los docentes de la Cuarta Revolución Industrial*. Obtenido de https://www.usergioarboleda.edu.co/wp-content/uploads/2023/05/Arbolea77-Completa_compressed.pdf
- Urrego, K. L. (2023). *Planteamiento de estrategias de sostenibilidad para mitigar*. Bogotá D.C: Fundación Universitaria América. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9210/4/43609-2023-1-GA.pdf>
- Velásquez, L., Granda, O., & Cárdenas, J. (2022). Sector Textil en Colombia, oportunidades y retos 2023. Colombia. Obtenido de <https://www.youtube.com/live/aPRUaye3Q64?si=PzZ-ibLiie-inJW9>
- Zambelli, R. (23 de 06 de 2022). *Checklistfacilblog*. Obtenido de Qué es el control de calidad y para qué sirve en una empresa: <https://blog-es.checklistfacil.com/control-de-calidad/>