



Análisis sobre los beneficios en la implementación de las tecnologías 4,0 en fábricas de calzado en el último lustro en Colombia

Monografía de análisis

Daniel García Fonseca  
1007726498

Zhair José Arias Caballero  
1005337598

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad de ciencias e ingenierías  
Tecnología en producción industrial

Bucaramanga, 20 de Diciembre 2021



Análisis sobre los beneficios en la implementación de las tecnologías 4,0 en fábricas de calzado en el último lustro en Colombia

Monografía de análisis

Daniel García Fonseca  
1007726498  
Zhair José Arias Caballero  
1005337598

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Tecnólogo en producción industrial**

**DIRECTOR**

Diana Beatriz Aponte Martinez

Grupo de investigación – SOLYDO

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

Facultad de ciencias e ingenierías  
Tecnología en producción industrial

Bucaramanga, 20 de Diciembre 2021

Nota de Aceptación

\_\_\_\_\_Aprobado\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_  
Firma del Evaluador



\_\_\_\_\_  
Firma del Director

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres quienes han puesto su confianza en mi persona desde el inicio de mi formación académica en la institución, especialmente a mi madre Yorcelis Elena Caballero Varela quien ha sido el pilar más fuerte e importante en mi vida. También va dirigido a mis amigos y allegados los cuales han estado al pendiente de mi proceso universitario. Por último, pero no menos importante, este trabajo se lo dedico a alguien el cual desafortunadamente ya no se encuentra conmigo, pero en su momento le hice una promesa y que más satisfacción que poder cumplirla en su nombre.

***Zhair José Arias Caballero***

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecidos con Dios por brindarnos paciencia y sabiduría en la realización de este proyecto.

A su vez los autores expresan su más rotundo agradecimiento a la Docente de las Unidades Tecnológicas de Santander e Ingeniería Industrial Diana Beatriz Aponte Martínez, quien fue la mentora y responsable del desarrollo de este proyecto de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>12</b>
<b>1.</b>	<b>1414</b>
1.1.	1414
1.2.	1515
1.3.	1616
1.3.1.	1616
1.3.2.	1616
<b>2.</b>	<b>1717</b>
<b>2.1 MARCO TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1.1 INDUSTRIA 4.0	17
2.1.2 CALZADO EN COLOMBIA	20
<b>2.2 MARCO CONCEPTUAL</b>	<b>22</b>
2.2.1 IoT (INTERNET DE LAS COSAS)	22
2.2.2 COMPUTACIÓN EN LA NUBE	22
2.2.3 (IA) INTELIGENCIA ARTIFICIAL	22
2.2.4 EDGE COMPUTING	23
2.2.5 CIBERSEGURIDAD	23
2.2.6 DIGITAL TWINS	24
2.2.7 IMPRESIÓN 3D	24
2.2.8 MANUFACTURA INTELIGENTE	24
2.2.9 AUTOMATIZACIÓN	25
<b>2.3 MARCO DE ANTECEDENTES</b>	<b>25</b>
<b>2.4 MARCO LEGAL</b>	<b>27</b>

**3. 3030**

**4. 3131**

4.1 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DE CALZADO EN ESPAÑA..	31
4.1.1 IMPRESIÓN 3D EN EL CALZADO ESPAÑOL.....	31
4.2 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO EN MEXICO .....	33
4.2.1 PROTOTIPADO EN EL CALZADO.....	34
4.3 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE ESTADOS UNIDOS.....	35
4.3.1 USO DEL BIG DATA EN EMPRESAS COMO: <i>NIKE Y UNDER ARMOUR</i> .....	35
4.4 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE CHINA. .....	36
4.4.1 BIG DATA EN EL CALZADO DEPORTIVO POR XIAOMI.....	36
4.5 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE ALEMANIA.....	37
4.5.1 TECNOLOGÍA “FutureCraft” IMPLEMENTADA POR ADIDAS.....	38
4.6 AVANCES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO DE TAIWÁN .....	39
4.6.1 IMPLEMENTACIÓN ROBÓTICA EN EL ARMADO DEL CALZADO.....	40
4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO - QUÉ IMPLEMENTACIONES SE HAN ADOPTADO EN LAS EMPRESAS EN COLOMBIA .....	42
4.8 ANÁLISIS FODA, ANÁLISIS PESTEL Y 5 FUERZAS DE PORTER Y LOS RESPECTIVOS BENEFICIOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 .....	44
4.9 DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE GESTIÓN Y OPTIMIZACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LAS FÁBRICAS DE CALZADO.....	49

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

**5.**     **5252**

**6.**     **5555**

**7.**     **5757**

**8.**     **5858**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Zapatillas de escalar impresas en 3D.....	32
Figura 2. Prototipado en 3D.....	34
Figura 3. Máquinas de revisión 3D.....	34
Figura 4. Xiaomi Mijia Smart.....	37
Figura 5. Mediasuela hecha con la tecnología futurecraft.....	38
Figura 6 Automatic Recognition Spraying System.....	40
Figura 7. Centro de innovación de calzado (Taiwán).....	41
Figura 8. Análisis Porter sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado.....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis comparativo con respecto a otros países.....	42
Tabla 2. Análisis FODA sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado.....	45
Tabla 3. Matriz FODA cruzado sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado.....	46
Tabla 4. Análisis PESTEL sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado.....	46

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de grado contiene un análisis sobre cómo la implementación de herramientas tecnológicas avanzadas, beneficia la producción en las fábricas de calzado en Colombia. Partiendo desde conceptos básicos de industria 4.0 e incluso desde la historia del calzado en Colombia. A su vez se puede observar desde una vista global como algunos países en sus reconocidas marcas de calzado han implementado estas innovaciones en la creación de sus productos, todo esto basado en la revisión de bases de datos científicos, revistas, y artículos de investigación los cuales nos ayudan a entender más a fondo sobre la industria 4.0 y como se encuentra nuestro país en comparación a otros más desarrollados. A lo largo del proyecto se puede encontrar una breve comparación de los demás países con Colombia en cuanto a implementación de nuevas herramientas tecnológicas, también mediante análisis como el DAFO entre otros es posible observar los posibles beneficios que conlleva innovar en las fábricas de calzado en Colombia.

**PALABRAS CLAVE.** Industria 4.0, Impresión 3D, Inteligencia artificial, calzado.

## INTRODUCCIÓN

El término industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación apoyado y hecho posible por las tecnologías de la información (*José Luis, 2016*).

A este concepto se le da origen en Alemania en el foro económico mundial para el año 2011, se le dio este término debido a todas las transformaciones que sufriría la industria por nuevas tecnologías como la IA (inteligencia artificial), la automatización, gran almacenamiento de datos, la robótica, impresión 3D entre otras, todos estos cambios suponen efectos negativos como positivos en los diferentes elementos de la economía. Para esta revisión se analizaron los beneficios de esta nueva industria en fábricas de calzado principalmente en Colombia, partiendo de los cambios que se han presentado a través de la historia en las anteriores revoluciones industriales. Teniendo en cuenta los efectos o beneficios que ha tenido a nivel mundial la implementación de esta nueva industria con el fin de analizar y comparar cuáles de esos beneficios en cuanto a mejoras de manufactura y producción del calzado se pueden ver reflejados en la industria local del calzado colombiano.

El presente proyecto investigativo consta de IV capítulos principales. Inicialmente, el primer capítulo cubre el planteamiento del problema, la descripción, la contextualización, el análisis, la definición del problema, la justificación y el establecimiento de objetivos. En el segundo capítulo, la investigación establece las categorías básicas con base en los antecedentes, fundamentos filosóficos, conceptuales y legales, permitiendo desarrollar un marco teórico relacionado con

las variables a trabajar. en el tercer capítulo se trabajan los objetivos, primero indagamos los avances en diferentes países que están implementando la industria 4.0 en el calzado, segundo se hace un análisis FODA, PESTEL y cinco fuerzas de Porter con el fin de determinar cuáles han sido los beneficios y/o desventajas de la industria 4.0, y el tercer paso con los dos pasos anteriores se establecieron cuáles podrían ser las estrategias de gestión para la implementación de industria 4.0 en fábricas de calzado. En el cuarto y último capítulo se establecen los resultados del proyecto cumpliendo el objetivo general de proyecto y respondiendo la pregunta del problema; los beneficios de la industria 4.0, también se encuentran las conclusiones del proyecto y unas recomendaciones para posibles investigaciones y/o proyectos.

## CAPÍTULO I

### 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según Epicor. (s.f.) Industria 4.0 es conocida como una nueva fase en la revolución industrial la cual, se enfoca en gran medida en la interconectividad, la automatización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. En Colombia la industria del calzado desempeña un rol muy importante en la economía del país, teniendo en cuenta los nuevos avances tecnológicos, así como la naciente Industria 4.0. Actualmente en nuestro país se evidencia un retraso en la implementación de estas tecnologías en fábricas de calzado tales como la impresión 3D la cual nos hace posible fabricar un gran número de componentes, stock inteligente que ayuda a la predicción de la demanda, y el big data con la cantidad de información que proporciona ayuda a mejorar procesos de detectar y corregir errores. Es común observar que algunas empresas deciden omitir implementar dichas tecnologías por desconocimiento y/o conformidad en sus procesos. Una encuesta realizada por la Asociación de Industriales de Colombia, Andi, el 54% de los consultados no negó su desconocimiento en lo que se ha denominado como la Cuarta Revolución Industrial (Johan, 2017), aunque en estos últimos años el stock de empresas en industria 4.0 ha incrementado, según (valora, 2020) hasta 2019, el número de empresas asociadas a la industria 4.0 ha crecido en 7,7 %. Ya que no es común que las Fábricas de calzado en Colombia la implementen. Todo lo anterior conduce a formular la siguiente pregunta: ¿Cuáles podrían ser los beneficios en la implementación de estas tecnologías que ofrece la industria 4.0 en la industria de fabricación de calzado?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Centrando la atención en las particularidades de la Industria 4.0 en el sector del calzado, Según ticnegocios (2017), las fábricas podrían incorporar tecnologías que ofrecen un valor añadido a sus productos en términos de manufactura, marketing, alcance que serán incorporadas en mayor proporción en el futuro cercano.

La implementación de esta industria ayudaría al sector del calzado a incrementar sus niveles de innovación en cuanto a temas de manufactura se refiere, así mismo con los controles de calidad que cumplan con estándares establecidos, eliminación de procesos que generan cuellos de botella. Otro factor importante y quizás uno de los más relevantes de la implementación de mencionada tecnología, sería lograr la agilización de procesos, favoreciendo en mayor medida la capacidad de las plantas de producción con mayor eficiencia en sus envíos.

Esta cuarta revolución industrial es la clave para dar a conocer los beneficios de la implementación de industria 4.0 en fábricas de calzado en Colombia, debido a los cambios tecnológicos que se están presentando alrededor del mundo en materia de interconectividad, la automatización, el aprendizaje automatizado y los datos en tiempo real. En la presente revisión se analizarán los efectos positivos que conllevan a la implementación de esta nueva era digital en la fabricación de calzado en Colombia.

Este análisis busca por ende enfocarse en cómo el impacto de las nuevas tecnologías crea la necesidad de adoptar modelos más flexibles de manufactura en este caso de la industria del calzado, también en las implicaciones económicas y sociales que la implementación de estas tecnologías conlleva.

Con este trabajo se busca generar un aporte al desarrollo de la investigación de las UTS en la línea; Ingeniería de producción, procesos y operaciones. Y así mismo en la sublínea: Mejoramiento de procesos productivos.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer los criterios de la implementación de la industria 4.0 mediante herramientas de análisis, con el fin de identificar los beneficios en la fabricación de calzado en Colombia

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

-Identificar los avances e impactos que se han dado en los países donde se ha implementado la industria 4.0 en Fábricas de calzado y cuáles de estos se han presentado en Colombia.

-Analizar por medio de una matriz FODA, análisis PESTEL y 5 fuerzas de Porter. si los beneficios en implementación de la industria 4.0 han traído consigo solo efectos positivos y/o también negativos.

-Determinar qué tipo de estrategias de gestión y optimización son las más adecuadas para que las fábricas de calzado implementen la industria 4.0.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. Marco Teórico

##### 2.1.1. Industria 4.0

El concepto de industria 4.0, surge en Alemania en 2011, para hacer referencia a una política económica gubernamental basada en estrategias de alta tecnología; caracterizada por la automatización, la digitalización de los procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica y de la información en la manufactura. (Ynzunza Cortés et al., 2017). La Industria 4.0 lleva al futuro la automatización y la informatización que vimos en la Tercera Revolución Industrial. (SAP, n.d.).

Es una nueva era que da un salto cuantitativo y cualitativo en la organización y gestión de cadenas de valor. Esta nueva etapa de la industria apuesta por una mayor automatización, conectividad y globalización.

La Industria 4.0, hace referencia a tecnologías y conceptos de la organización de la cadena de valor en fábricas inteligentes, que cuentan en su estructura con sistemas ciber físicos (CPS) capaces de monitorear los procesos físicos, crear una copia virtual del mundo real y tomar decisiones descentralizadas. (Ynzunza Cortés et al., 2017). Gracias al Internet de las cosas, los Sistemas Ciber Físicos se comunican con otros Sistemas Ciber Físicos y con seres humanos, dentro de la propia organización, pero también entre organizaciones, proveedores, clientes, y usuarios, dando lugar a una cadena de valor absolutamente interconectada en forma de tela de araña. (GEINFOR, n.d.).

La industria 4.0 representa un enfoque a la innovación de nuevos productos y procesos, a través de fábricas inteligentes, totalmente integradas en redes de trabajo (a lo largo de la cadena de valor) que propician nuevas formas de colaboración e infraestructuras sociales. No obstante que está todavía en proceso de desarrollo, sus bondades permiten anticipar grandes cambios, ya que se le asocia con la digitalización de los sistemas de información y producción para las actividades de gestión; los sistemas de automatización para la adquisición de datos de las máquinas y líneas de producción; con el intercambio de información para el monitoreo y control de los procesos y la toma de decisiones en tiempo real. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

La conceptualización que existe sobre industria 4.0 es reciente, sin embargo, ha sido definida como una maquinaria física y dispositivos con sensores y software que trabajan en red y permiten predecir, controlar y planear mejor los negocios y los resultados organizacionales. De ahí, que la integración de todas las actividades de la empresa junto con aquellos que interactúan en la cadena de suministro, proveedores, clientes y socios, dentro de amplias redes de trabajo, sea una actividad medular en las organizaciones, y, la tecnología sea el mejor medio para diseñar, crear e implementar tales ambientes que faciliten el intercambio de información, productos y servicios, el aprovechamiento de las oportunidades y la creación de ventajas competitivas. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

La Industria 4.0 está sustentada en el desarrollo de sistemas, el internet de las cosas (IoT) y el internet de la gente y de los servicios aunado a otras tecnologías como la fabricación aditiva, la impresión 3D, la ingeniería inversa, el big data y la analítica, la inteligencia artificial, etc., las que al trabajar de forma conjunta, están generando cambios trascendentales no sólo en la industria de la manufactura sino también en

el comportamiento del consumidor y en la manera de hacer negocios. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

El IoT y la industria 4.0 incidirán también en la forma en la que interactúan los clientes, proveedores y mayoristas, etc., quienes podrán tener una mayor participación en el proceso y las decisiones acerca de la manufactura, calidad y personalización de los productos; considerando por supuesto para ello, los desafíos de ciberseguridad implicados que garanticen el contar con una estructura sólida de intercambio de información y colaboración. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

Las capacidades digitales en la Industria 4.0, traen ventajas sin precedentes, pero también presenta nuevos riesgos cibernéticos para los cuales la industria aún está en un nivel incipiente o con poco nivel de preparación. La ciberseguridad es un factor que debe ser considerado en todo el ciclo de vida de cualquier iniciativa impulsada por la Industria 4.0, debe formar parte de la cultura y de la estrategia de la organización. (Rozo García, 2020, 7)

A través del internet de las cosas, los sistemas pueden interactuar entre sí y con los humanos en tiempo real. El internet de los servicios (IoS) es el medio mediante el cual es posible ofertar y acceder a éstos. Mientras que, el big data, el cómputo en la nube y la inteligencia artificial son facilitadores de la Industria 4.0 y junto con la automatización industrial están cambiando la forma en la que los productos se fabrican; contribuyen al mejoramiento de la manufactura y a que las empresas cuenten con procesos totalmente automatizados e interconectados, que faciliten el flujo de información, la descentralización de la manufactura, la creación de nuevos procesos, la toma de decisiones y un enfoque al desarrollo de competencias que agreguen valor a las organizaciones de forma tal, que se genere no solo mayor

innovación de productos y procesos; sino también fábricas inteligentes y otros modelos de negocio. (Ynzunza Cortés et al., 2017)

### **2.1.2. Calzado en Colombia**

La primera fábrica de calzado que se crea en Colombia, es La Corona, ubicada en la ciudad de Bogotá en el año de 1913, los cambios económicos que se dan en dicha época, unido al paulatino aumento del poder adquisitivo de las personas en Colombia, logra poco a poco, la aparición de diferentes fábricas en el país; tal es el caso de Fatialia en la ciudad de Barranquilla (1917), Beetar en la ciudad de Cartagena (1923), Cicodec y Grulla en Medellín (1933), todas con tecnología italiana obsoleta para la época, ya que tenía más de cincuenta años de uso.

La llegada al gobierno, por parte del doctor Cesar Gaviria Trujillo en el año 1990, trajo consigo políticas de estado de visión globalista. Esta apertura sin embargo, llevó a la quiebra y posterior cierre de un sinnúmero de empresas, y el subsector del calzado no fue la excepción. Los empresarios entendieron que en un mundo globalizado, una visión integral del negocio y elevados estándares de calidad, son tal vez la única salvaguardia existente.

La industria del calzado en Santander, se remonta al año de 1946 en el cual la empresa Derby, aún hoy en funcionamiento inicia labores, le seguirán Damton de Colombia en 1948, calzado Marasol y Norman en 1960, su importancia en la 21 generación de empleo se empezó a ver en los años setenta y ya en 1993 generaba el 23% del empleo en Bucaramanga y el Área Metropolitana.

Como se anotaba anteriormente, la situación de la industria santandereana en general al igual que la colombiana, presenta grandes fallas en gestión administrativa como son sistemas de gestión de calidad y servicio al cliente deficiente, por citar algunas debilidades en tecnología de punta que ha traído como resultado sensibilidades muy altas ante variaciones de precio en el mercado, entrada de nuevos competidores, como es el caso de los productos chinos y fragilidad en la conformación de asociaciones que los representen.

Un análisis realizado por el subsector del calzado, muestra que la gestión gerencial de las empresas del sector en Santander, se dedica al día a día y no piensan con visión o prospectiva

Luego, se agregó la unidad comercial (NPR) que incluye el número de pares de calzado para declaración de exportación e importación y valor FOB (Free on Board). Debería indicarse el peso, en kilogramo. Hoy en día, existen empresas fabricantes de calzado, proveedores de materias primas e insumos, distribuidores, comercializadoras, puntos de venta directos e importadores de calzados.

En Colombia, al 2007, existían 177 fabricantes de calzado de las cuales 133, manufacturan el calzado con corte de cuero, según encuesta nacional manufacturera del DANE. Estas fábricas de calzados en cuero producen menos de 5.400 pares de calzados al mes, pero, tienen una capacidad de fabricar para unos 8.900 pares mensuales.

A partir de 1998, varias empresas grandes y medianas empezaron a estudiar la posibilidad de exportar sus productos de calzado y, así lo hicieron hacia Estados Unidos, Panamá, Ecuador, Venezuela, México, Chile y Austria, primer país europeo

en medio oriente, en 1999 estuvo Arabia Saudita y, en Oceanía Australia, como primeros en recibir el calzado Colombiano.

La Corporación Nacional del Calzado – CORNICAL fue la primera asociación creada por el sector, en los 90. Luego señaló la Asociación Colombiana de la Industria del Calzado. Cuero y sus manufacturas CICAM; en Bucaramanga, el 18 de marzo de 1999, en fusión con la Asociación Colombiana del Cuero. En 2003, se consolidaron las empresas pequeñas, medianas y grandes. (Caliz & Miranda, 2011)

## **2.2. Marco Conceptual**

### **2.2.1 IoT (Internet de las cosas)**

Los dispositivos de IoT están potenciados para ser nuestros ojos y oídos cuando no podemos estar allí físicamente. Equipados con sensores, los dispositivos capturan los datos que podríamos ver, oír o percibir. Luego comparten los datos según lo indicado y los analizamos para que nos ayuden a fundamentar y automatizar nuestras acciones o decisiones posteriores. (SAP, n.d.)

### **2.2.2 Computación en la nube**

Esta tecnología permite a las empresas ofrecer servicios a través de la red (generalmente internet). Para ello, el cloud computing almacena nuestros archivos e información en la red (nube), de manera que tanto la entidad como los usuarios puedan tener acceso desde cualquier lugar, sin necesidad de disponer de una gran infraestructura. (Electrónica Edimar, n.d.)

### **2.2.3 (IA)Inteligencia artificial y (ML)Machine learning**

La IA y el machine learning permiten a las empresas manufactureras aprovechar al máximo el volumen de información generada no solo en la planta de producción, sino en todas sus unidades comerciales, e incluso de socios y fuentes de terceros. La IA y el machine learning pueden crear insights que brindan visibilidad, previsibilidad y automatización de operaciones y procesos comerciales. Por ejemplo: las máquinas industriales tienden a averiarse durante el proceso de producción. El uso de datos recopilados de estos activos puede ayudar a las empresas a realizar un mantenimiento predictivo basado en algoritmos de machine learning, lo que resulta en más tiempo de actividad y mayor eficiencia. (IBM, n.d.)

#### **2.2.4 Edge computing**

Las demandas de las operaciones de producción en tiempo real significan que algunos análisis de datos deben realizarse en el “borde”, es decir, donde se crean los datos. Esto minimiza el tiempo de latencia desde que se producen los datos hasta que se requiere una respuesta. Por ejemplo, la detección de un problema de seguridad o calidad puede requerir una acción casi en tiempo real con el equipo. El tiempo necesario para enviar datos a la nube empresarial y luego volver a la fábrica puede ser demasiado largo y depende de la confiabilidad de la red. El uso de edge computing también significa que los datos permanecen cerca de su fuente, lo que reduce los riesgos de seguridad. (IBM, n.d.)

#### **2.2.5 Ciberseguridad**

Las empresas manufactureras no siempre han considerado la importancia de la ciberseguridad o los sistemas ciber físicos. Sin embargo, la misma conectividad de los equipos operativos en la fábrica o el campo (TO) que permite procesos de manufactura más eficientes también expone nuevas rutas de entrada para ataques maliciosos y malware. Al pasar por una transformación digital hacia la Industria 4.0,

es esencial considerar un enfoque de ciberseguridad que abarque los equipos de TI y TO. (IBM, n.d.)

### **2.2.6 Digital twins**

Es una representación digital de un objeto, proceso o servicio físico (desde parques eólicos a edificios o ciudades enteras). Estas réplicas virtuales son utilizadas para hacer simulaciones antes de que se creen e implementen cambios en los objetos reales, con el fin de seleccionar datos para pronosticar cómo funcionarán. Un gemelo digital se crea en un programa de ordenador que usa datos del mundo real para recrear simulaciones que pueden predecir cómo funcionará un producto o proceso. Los encargados de crear un gemelo digital suelen ser expertos en matemáticas aplicadas o ciencia de datos. (Cárdenas, 2021)

### **2.2.7 Impresión 3D**

Conocida como la manufactura por adición, es una tecnología de modelado y creación de objetos físicos mediante un proceso llamado “superposición de material” o “impresión por capas”. Siempre se va a iniciar por medio de un modelo digital debido a que cada impresión contiene diferentes tipos de material y si el fin es realizar una réplica exacta, es muy importante sistematizar antes de realizar la impresión. (Adeva, 2022)

### **2.2.8 Manufactura inteligente**

La manufactura inteligente es considerada como la habilidad de representar digitalmente cada aspecto de la manufactura, desde el diseño hasta el proceso de fabricación – haciendo uso de herramientas de software como el de diseño y manufactura asistida por computadora (CAD/CAM). Según un informe de 2016 del

NIST, “los sistemas de manufactura inteligentes son 'sistemas de fabricación colaborativos totalmente integrados que responden en tiempo real para satisfacer las demandas y condiciones cambiantes en la fábrica, en la red de suministro y en las necesidades del cliente” (TRACC, 2021)

### **2.2.9 Automatización**

Consiste en el uso de la tecnología para realizar tareas con una interacción mínima humana. También es empleada para realizar procesos y/o tareas de producción que conlleven acciones muy repetitivas. Es un método que puede llegar a reducir costes e incluso llegar a mejorar la calidad de cualquier tarea o proceso que se esté llevando a cabo.

### **2.3 Marco de Antecedentes**

El trabajo de grado “Análisis de la industria 4.0 en Latinoamérica y países desarrollados” el cual fue elaborado por la estudiante de administración de empresas Diana Julieth Saa Zamorano, de la Universidad Cooperativa de Colombia de la ciudad de Cali, en el año 2021. Realizando una investigación bibliográfica cualitativa de revisión de literatura académica de las bases de datos para validar la información suministrada. Con la finalidad de investigar las estrategias de implementación de la industria 4.0 en los países latinoamericanos de Colombia, México, Chile y Brasil y los desarrollados (Alemania, Estados Unidos, China, Japón) y así poder definir y conocer cuáles han sido los avances en cada uno de los países mencionados y a su vez realizar una breve comparación. (Saa Zamorano, 2021)

De este trabajo citado anteriormente, el cual contribuyó a la realización de este proyecto gracias al aporte investigativo que contenía con respecto a los avances de la industria 4.0 en los diferentes sectores industriales, y cómo estos avances se han venido implementando y reflejando en nuestro país. También la información suministrada por este trabajo dio a conocer ciertos beneficios que otorga la implementación de nuevas tecnologías en los procesos de manufactura.

El trabajo de grado “La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia” elaborado por tres estudiantes de Facultad de Ciencias Económicas ( David A. Casas Castillo, Delio E. Aguirre Cortes, Camilo A. David Yanet ) de la Universidad Santo Tomás de la ciudad de Bogotá en el año 2019. Donde se hizo un análisis descriptivo sobre los avances en la implementación de la Industria 4.0 y la transformación digital principalmente en el sector terciario en España, y a realizar una aproximación a las tendencias de la cuarta revolución industrial que se vienen adelantando en Colombia para su implementación, este documento contempla el origen y la repercusión del paradigma de la Industria 4.0 a todos los niveles, incluyendo también el relativo a las personas como uno de los ejes centrales de la industria del futuro. (Casas et al., 2019)

Este trabajo de grado contribuye a nuestro proyecto de grado gracias al análisis descriptivo que nos da sobre la tendencia de la industria 4.0 en Colombia y que empresas en nuestro país están o han implementado estas tecnologías que nos ofrece esta nueva revolución industrial, además de las ventajas y desventajas que trae consigo.

## 2.4 Marco legal

Las nuevas tecnologías, o más precisamente la revolución de la industria 4.0, están fomentando un cambio exponencial en el enfoque y en la forma como las organizaciones y las personas se desempeñan. Hoy hablamos de automatización de roles o funciones, incluso, de un reemplazo completo de profesiones tal como las conocemos. Sin embargo, lo que no será reemplazada es la sensibilidad humana, la misma que nos permite seguir identificando los problemas y las necesidades desde lo profundo del ser, de cada individuo y de cada sociedad. En este sentido, la conexión humana seguirá siendo lo más relevante para acompañar estas transformaciones. Y el papel de la universidad como institución en esa transición será la de seguir siendo inspiradora de emociones, ser ese lugar en el que la capacidad de asombro se viva de forma constante, de día y de noche; donde sorprenderse sea un imperativo; donde un amanecer o un atardecer generen la afortunada conciencia de estar vivos para disfrutar las maravillas que nos dispensa el universo. La frialdad de la tecnología sólo puede contrastarse con la cercanía de lo humano. (Min Ciencias, 2020)

Lo que se desprende del análisis planteado es que la implementación de nuevas tecnologías y la sustitución de mano de obra por el capital es un proceso que tiene lugar en todas las industrias para reducir costos, aumentar la productividad y facilitar la provisión de soluciones individuales para los clientes. La mayoría de los estudios se refieren a las industrias manufactureras, aunque la iniciativa de Industria 4.0 es relevante en todos los sectores. Las implicaciones de política pública para la Industria 4.0 incluye: entorno laboral, desarrollo de habilidades, crecimiento económico y equilibrio macroeconómico, sostenibilidad y medio ambiente,

estabilidad política, cambio en los procesos comerciales, digitalización y transformación digital, y fábrica y fabricación inteligente. (Colombia Tic, 2019)

El gobierno y sus políticas suelen desempeñar el papel de un elemento de apoyo necesario o un marco requerido que debería permitir, mejorar y promover el proceso de adopción de la Industria 4.0 de numerosas maneras, como por ejemplo:

- Planes de educación que prestan mucha más atención a los temas de fabricación y ponen más énfasis en los idiomas extranjeros
- Planes de inversión que alientan también a las empresas medianas a adoptar la Industria 4.0
- Planes de educación centrados en informática y educación continua para los operadores de fábrica inteligentes
- Políticas para abordar el problema de la estructura social debido a la baja tasa de natalidad, la inestabilidad de los ingresos, el desequilibrio laboral-familiar, etc. (Colombia Tic, 2019)

En Colombia existe un marco normativo legal y constitucional vigente que regula el derecho de asociación y de negociación colectiva. Sobre el particular, es preciso resaltar lo reglado en los artículos 37, 38, 39 y 55 de la Constitución Política y lo dispuesto en los artículos 12, 353, 356 y 358 del Código Sustantivo del Trabajo. En lo que corresponde a la Carta Política, conviene señalar que las referidas normas, grosso modo, disponen lo siguiente: (i) la garantía que reside en el pueblo para reunirse y manifestarse en procura de sus intereses (Artículo 37); (ii) el derecho de asociación de los ciudadanos para la ejecución de actividades en sociedad (Artículo 38); (iii) la protección para trabajadores y empleadores para constituir sindicatos o asociaciones, sin limitaciones por parte del Estado (Artículo 39); y (iv) finalmente, la

garantía del derecho de negociación colectiva para regular las relaciones laborales  
(Artículo 55). (Pontificia Universidad Javeriana, 2020)

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este trabajo se realizó una investigación de carácter descriptiva con un enfoque cuantitativo, mediante una indagación de varios formatos (revistas online, periódicos, artículos de investigación), también bases de datos científicos como: Redalyc y ProQuest (*fuentes que sirvieron como apoyo para el desarrollo paso a paso de los objetivos específicos planteados*). Con el fin de obtener de manera detallada la información acerca de la industria 4.0 en Colombia. Con esta recolección de datos se empezaría a contestar las preguntas de investigación y analizar hipótesis establecidas previamente descritas. Posterior al análisis y explicación del tema se procedió a concluir con los resultados de la investigación.

## CAPÍTULO III

### 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

*Paso 1: Identificar los avances e impactos que se han dado en los países donde se ha implementado la industria 4.0 en Fábricas de calzado y cuáles de estos se han presentado en Colombia.*

#### 4.1 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de España

##### 4.1.1 Impresión 3D en el calzado español

La multinacional Camper española del calzado, con sede en Inca (Mallorca), ha integrado la tecnología de fabricación aditiva en el trabajo diario de sus expertos. El departamento técnico de la empresa ha agilizado los procesos creativos de las futuras colecciones mediante la integración de impresoras 3D de escritorio de la marca BCN3D, que desarrolla este tipo de máquinas de impresión 3D en Barcelona. (Redacción Interempresas, 2019)

Job Willemsen, senior designer de Camper, explica las ventajas de las impresoras 3D de BCN3D para su trabajo creativo: “Trabajar con una impresora BCN3D es muy útil porque si tenemos una idea en mente, junto con un técnico, podemos obtener resultados rápidos y directos para las dimensiones de los componentes. Esto aumenta nuestra capacidad de reacción”. (Redacción Interempresas, 2019)

Antes de la integración de la impresión en 3D, los diseñadores trabajaban en un entorno conceptual 2D en las pantallas de sus ordenadores. Con la impresión en 3D, la empresa puede ganar realmente en calidad. En el departamento técnico de Camper, los ingenieros desarrollan, en 3D, los bocetos creados por los diseñadores.

Al día siguiente, los ingenieros son capaces de entregar un modelo tridimensional, aumentando así el poder de la creatividad todos los días. (Redacción Interempresas, 2019)

Por otro lado, desarrollados por un grupo de estudiantes en Barcelona, los zapatos de escalada ATHOS están ganando gran popularidad en este deporte. Llamados también “pies de gato” este tipo de calzado necesita ajustarse mucho al pie del atleta para mejorar el agarre y evitar que resbale. Aún así, muchos deportistas sufren deformaciones en los pies debido a que utilizan varias tallas de calzado más pequeñas de las que deberían. Por ello, el equipo detrás de ATHOS quiso crear unos zapatos de escalada a medida que se adaptaran perfectamente a las necesidades de cada escalador. Para ello, están utilizando la tecnología de impresión 3D MultiJet Fusion, de HP, y el material TPU de BASF. El proceso para obtener los zapatos ATHOS es muy sencillo: solo tienes que escanear tus pies con 3 fotografías, customizar los zapatos según tus gustos, y una vez los recibes en casa. (M, 2022)



**Figura 1.** Zapatillas de escalar impresas en 3D - Fuente: 3dnatives

Cabe mencionar que, a diferencia de los calzados estandarizados que normalmente se utilizan en la escalada, los Athos se fabrican a medida para conseguir el pie de gato perfecto para cada deportista. Además, la impresión 3D permite una fabricación mucho más responsable y sostenible, al producir bajo demanda y reducir tanto procesos como materiales en un 50%. (M, 2021)

#### **4.2 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de México**

El sector industrial, está viviendo una era de incorporación tecnológica, lo que significa que el mundo digital y el físico se están uniendo con el fin de transformar los procesos tradicionales y modificar las diversas áreas productivas, dando paso a una industria inteligente, la manufactura 4.0 y la industria del calzado y marroquinería en México tiene esto como uno de sus ejes estratégicos, con programas y proyectos bien definidos, para afrontar los retos de la nueva revolución digital.

La incorporación de las nuevas tecnologías dentro de la industria del calzado hace que al procesar la información se mejoren los procesos y la calidad de los mismos, además de ello, brinda a todo el personal la información útil que les ayuda en la planeación y así concentrarse en sus objetivos, esto quiere decir que a mayor producción, menor tiempo, dejando que las máquinas y los procesos interactúen con la experiencia del factor humano.

Este modelo también es sustentable, pues con nuevos esquemas de producción, la gestión de los recursos humanos, el ahorro de energía, el uso de los recursos naturales y la implementación de tecnologías verdes se ve reflejada en modelos que mejoran los servicios y el producto final, añadiendo también un valor agregado más. (Shoes From Mexico, 2019)

### 4.2.1 Prototipado del calzado



**Figura 2.** Prototipado de calzado 3D - Fuente: Shoes From México

Este proceso el cual consta de un sistema especializado de corte y seguimiento de patrones lineales. También posee una serie de puestos o subestaciones de diseño, es decir, para el uso de un software para el desarrollo y el diseño óptimo del calzado. Por último, hay una línea de inspección que no se considera destructiva mediante rayos X.



**Figura 3.** Máquinas de revisión 3D - Fuente: Shoes From Mexico

## **4.3 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de Estados Unidos**

### **4.3.1 Uso del big data en empresas como: Nike y Under Armour**

Nike y Under Armour son empresas que venden productos físicos de indumentaria y accesorios deportivos, pero ambas están invirtiendo fuertemente en aplicaciones, dispositivos portátiles y big data. Ambos buscan ir más allá de los productos físicos y crear marcas de estilo de vida sin las que los atletas no quieran correr. (Marr, 2016).

La marca de ropa deportiva Under Armour apostó por la compra de varias apps las cuales le significaron una baja en su valoración, sin embargo 2 años después cobra sentido esta acción pues se apropiaron de 3 aplicaciones que representaban toda una comunidad deportiva a su alrededor, con esto la compañía logró recolectar una gran información de datos sobre los usuarios como en dónde, a qué hora y con quién entrenan, hasta llegaron a conocer datos como que comen y cuánto pesaban los usuarios. Por este medio de análisis de gran volumen de información lograron impactar directamente en el diseño de sus productos y las ventas. (Mulcue, 2018)

Hoy en día varias empresas le han apostado al análisis de datos y Nike no es la excepción. "En 2019 y 2020 Nike adquirió firmas de análisis de datos del consumidor con el objetivo de acelerar la Transformación digital. Se realizó una alianza estratégica entre Nike y una compañía llamada Celect, que se encarga de obtener y recopilar datos para analizar las tendencias de consumo. Celect también realiza predicciones de tendencia global y local. (Criollo, 2021)

A consecuencia de la alianza estratégica realizada. Se optó por integrar aplicaciones móviles llamada "Nike Fit" esta app permite realizar un escaneo 3D con la que se busca predecir con precisión el tamaño de las zapatillas que las personas desean comprar. Con esto, la empresa puede predecir los estilos de los zapatos o prendas de vestir que sean de interés para sus clientes, cuando lo quieren y donde van a comprar. (Criollo, 2021)

En conclusión, el uso del big data permite a Nike y Under Amour conocer mejor a sus clientes. Esto les permite tener un mayor margen de utilidad. También, la toma de decisiones le ha ayudado a que no se tenga un alto nivel de inventario en su punto de ventas, reduciendo los gastos en el almacenamiento y sobre todo, en conocer las necesidades de sus clientes. (Criollo, 2021)

#### **4.4 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de China**

- Cuando se trata de Producción de calzado a nivel mundial, existe un país que repunta con gran diferencia, ya sea por su gran volumen de producción o por su alta demanda de consumo, al punto de ser llamado "La nación del calzado" y estamos hablando de China.
- China es uno de los países con mayor avance de tecnología en todos los sectores industriales. La industria del calzado no representa una excepción y es precisamente a causa de su alta demanda que los empresarios han recurrido a realizar grandes inversiones en maquinarias y demás tecnologías que les permitan aumentar considerablemente los ritmos de producción. (La Horma De Tu Negocio, 2019)

##### **4.4.1 Big data en el calzado deportivo por Xiaomi**

Xiaomi, una de las compañías más importantes en el mundo de la innovación y la tecnología, a pesar de su sin número de productos para el día a día y el hogar, ha decidido también incursionar en el mundo del calzado deportivo; creando para su público un modelo de zapatos inteligente propio. Para poder hacer este lanzamiento posible, la marca realizó una colaboración con una de las empresas más famosas del país, esta es “Li Ning”.

Este modelo de zapatos, incluyen dentro un chip, específicamente ubicado en la suela derecha, el cual será capaz de almacenar datos relacionados con la presión y el movimiento de la persona al momento de realizar cualquier actividad. Los datos recolectados se harán por medio de un sensor “Intel” por medio del sistema “Intel Curie”, de esta manera por alrededor de 60 días de autonomía se recopilarán datos que serán incluso más precisos que los recolectados por un pulsómetro. Claramente para obtener estos resultados Xiaomi a su vez patentó una app móvil llamada “Mi Fit” la cual por medio de bluetooth puede conectar los zapatos directamente a un smartphone.



**Figura 4.** Xiaomi Mijia Smart - Fuente: <https://chollox.com/>

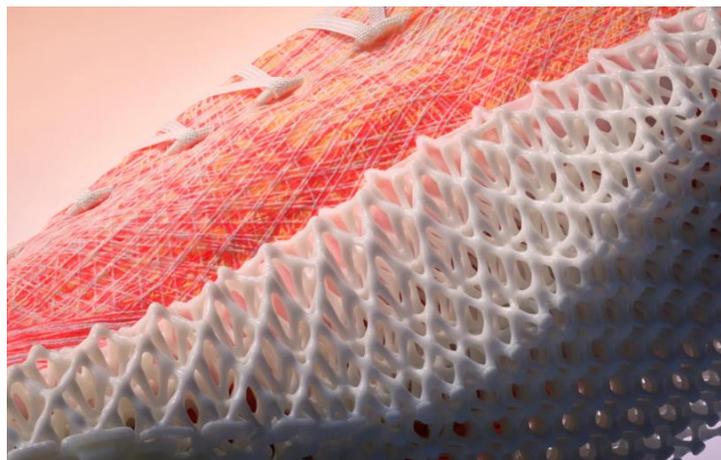
## 4.5 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de Alemania

Alemania ha aceptado la importancia y los beneficios que ofrecen los avances tecnológicos de la industria 4.0. Las organizaciones grandes, como la reconocida empresa de implementos deportivos como “Adidas” han previsto las ventajas posibles del nuevo mundo digital, ya han comenzado a elaborar técnicas avanzadas y únicas, en esquemas de industria y potenciar los procedimientos de sus empresas.

### 4.5.1 Tecnología FutureCraft implementada por Adidas

La tecnología 4D se creó a partir de la recolección de datos de millones de atletas a nivel mundial, con el objetivo de cambiar el futuro de las carreras y los corredores y el ámbito deportivo en general. Todo esto es posible gracias a la innovadora media suela creada mediante impresión digital en 3D.

El proceso de la implementación de esta tecnología de impresión 3D se caracteriza por tener una peculiaridad un tanto especial y a su vez llamativa, Adidas hizo posible la fabricación por medio de la combinación entre una cultivación de líquido, luz y oxígeno para crear una estructura sólida en 3D (medio tiempo, 2020)



**Figura 5.** Media suela hecha con la tecnología futurecraft - Fuente: <https://www.adidas.co>

El deseo de innovar por un mejor futuro del running seguirá intacto. Continuarán desarrollando el modelo Adidas 4D, donde recopilan constantemente datos de todo el mundo para seguir innovando para crear un calzado diseñado con precisión que eleve la experiencia deportiva para todos. Liberar el potencial que ofrece la combinación de los datos con la funcionalidad, para crear productos codificados para atletas y para atletas.

*“La tecnología puede lograr cosas maravillosas, pero solo podrá hacerlo bien si se basa en el comportamiento humano. Este es el enfoque que hasta ahora ha guiado nuestro viaje con la tecnología STRUNG. Este es el enfoque que guiará el camino que nos espera.” (Adidas, 2020)*

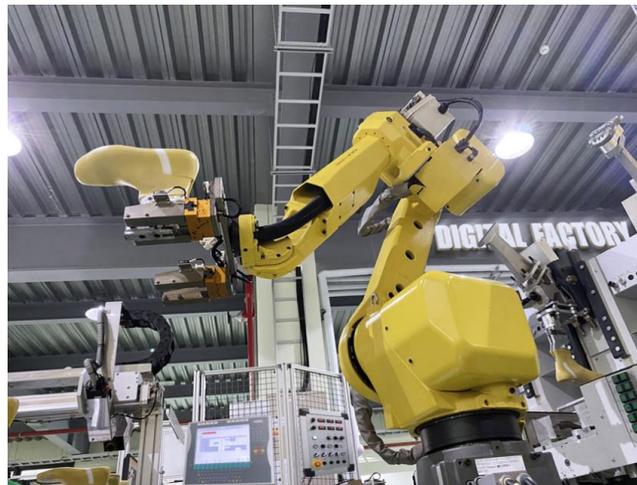
#### **4.6 Avances de la industria 4.0 en la industria del calzado de Taiwán**

Los consumidores taiwaneses actualmente tienen un poder adquisitivo muy alto, en su mayoría siguen las modas, sobre todo las provenientes de EE.UU. y Europa y están muy atentos a la calidad de los productos que compran. Estas características se reflejan en el constante aumento en el mercado de calzado importado y hacen de Taiwán un mercado atractivo para aquellas firmas extranjeras que producen zapatos con diseños innovadores y de alta calidad y a la vez se encuentran en la búsqueda de nuevas maneras inteligentes de producción. De acuerdo con los cambios del mercado, desde el punto de vista de la oferta interna las manufacturas locales han hecho grandes esfuerzos para mejorar su calidad y cambiar la imagen del calzado taiwanés, ya que la única manera para poder competir con su vecino chino es vender un producto de calidad.

#### 4.6.1 Implementación robótica en el armado del calzado

ShoeTech Taipei se convirtió en la primera exhibición especializada en maquinaria para la industria del calzado en Taiwán, la cual presentó maquinaria inteligente y automatizada y así mismo las llamadas “plantas productivas” que proveen soluciones completas para las vertiginosas tendencias relacionadas con la personalización del calzado, particularmente el calzado deportivo.

Por ejemplo, Ding-Shen creó un *Automatic Recognition Spraying System* que utiliza un brazo robótico para automática y precisamente esparcir pegamento en suela y armado del calzado, a fin de disminuir la mano de obra e incrementar los volúmenes de producción. (*En El Núcleo Tecnológico: Industria 4.0 Desde Taiwán En Crecimiento*, 2019)



**Figura 6 .** *Automatic Recognition Spraying System* - **Fuente:** <http://revistadelcalzado.com/>

La multinacional química BASF en Changhua (Taiwán) un nuevo centro de innovación de calzado. Ubicado en la fábrica de calzado de su socio local Longterm Concept, este innovador espacio, de más de 2.000 metros cuadrados de superficie, reunirá a profesionales, fabricantes y diseñadores del calzado para cooperar en la creación de un calzado de nueva generación. El centro está especializado en

materiales y procesos, prestando especial atención a la comodidad, el rendimiento, la calidad y el diseño de los zapatos.

Se divide en tres zonas principales: área de diseño, área funcional y área de creación. Además, también cuenta con un laboratorio de biomecánica, donde se realizan pruebas científicas para desarrollar nuevas soluciones de calzado que mejoren el rendimiento y la comodidad de las zapatillas deportivas.



**Figura 7.** Centro de innovación de calzado (Taiwán) - Fuente: <http://revistadelcalzado.com/>

#### 4.7 Análisis comparativo - Qué implementaciones se han adoptado en las empresas de calzado en Colombia.

IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS 4.0		ADAPTACIONES EN COLOMBIA	
		Existente	No Existente
ESPAÑA	Impresión 3D		x
MEXICO	Prototipado de calzado en 3D	x	
ESTADOS UNIDOS	Big Data		x
CHINA	Big Data en el calzado deportivo		x
ALEMANIA	Tecnología 4D e Impresión 3D en suelas deportivas		x
TAIWÁN	Implementacion robótica en el armado del calzado		x

**Tabla 1.** Análisis comparativo con respecto a otros países - **Fuente:** Elaboración propia

Más de la mitad de las empresas en el país, (el 58,4%) está adoptando una estrategia de transformación digital. Ese fue el resultado arrojado por una encuesta que acaba de revelar la Andi y que fue realizada a 430 empresarios. En la misma, se evidencia que este es un proceso que adoptan más rápido las compañías de servicios (71,4%), mientras que en la industria pasó del 25,1% en el 2016 al 48,4% en el 2017. (Semana, 2018).

Si bien en Colombia se puede evidenciar muchas empresas las cuales han implementado industria 4.0 como es el caso de Mercado Libre, Rappi, Bavaria,

Cervecería del Valle etc. estas empresas ya cuentan con una buena digitalización de sus procesos y servicios, pero en empresas o fábricas de calzado no se llega a evidenciar estos casos de digitalización

En Colombia ya es común que algunas fábricas de calzado se unan a la integración y la producción de sistemas flexibles de manufactura por medio de tecnologías CAD y prototipado virtual que reducen los tiempos de diseño y evitan la elaboración de modelos no necesarios.

En la feria IFLS + EICI, que se celebró en febrero de 2019 en Corferias y organizada por ACICAM. Una de las empresas reconocidas en la industria del calzado “Climbing Land” dió a conocer el uso de un nuevo software de producción denominado MRP ( Material Requirement Planning ) exclusivo para el manejo de inventarios en la industria del calzado; este mismo software por medio de una aplicación contable mantiene la nómina al día y su vez controla el calzado que se produce, por último se integra con la estrategia web por medio de un e-commerce. (Clúster Bogotá, 2019)

Las fábricas inteligentes que llegarán a Colombia en los próximos años, tendrán la capacidad de comunicar sus máquinas entre sí y con las personas, a través de redes sociales propias que optimizarán los servicios, mejorarán la adaptación dinámica de la demanda y reducirán costos operacionales, hasta en un 30%. La revolución digital, acerca la tan esperada Industria 4.0 a Colombia, y llega con múltiples beneficios para los sectores empresariales productores, que van desde mejorar los servicios que se ofrecen a los clientes, procesos limpios y sin errores en la producción, hasta la disminución del impacto medioambiental. (Casas, 2019)

Si bien las inversiones en la implementación de la automatización y digitalización en sus procesos productivos son lideradas por el sector de las compañías que prestan servicios, el sector industrial se proyecta a realizar fuertes inversiones en la implementación de estas tecnologías para los años que vienen. (Casas, 2019)

*Paso 2: Analizar por medio de una matriz FODA, análisis PESTEL y 5 fuerzas de Porter si los beneficios en implementación de la industria 4.0 han traído consigo solo efectos positivos y/o también negativos.*

#### **4.8 Análisis FODA, análisis PESTEL y 5 fuerzas de Porter y los respectivos beneficios en la implementación de la industria 4.0.**

Este análisis FODA va a permitir identificar: fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Con esta herramienta, se pretende analizar ciertos elementos los cuales pueden ser tanto positivos como negativos. De igual manera este análisis puede ayudar a obtener una visión para las empresas fabricantes de calzado para poder planificar estratégicamente y mantenerse a la vanguardia de las tendencias del mercado.

Análisis FODA Industria 4.0			
<b>Amenazas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ciberseguridad</li> <li>• Desempleo</li> <li>• Carencia de recursos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de errores de producción</li> <li>• Mejor posicionamiento en el mercado</li> <li>• Continua innovación en sus procesos y servicios</li> <li>• Mayor productividad y eficiencia</li> <li>• Satisfacción al cliente</li> </ul>	<b>Fortalezas</b>
<b>Debilidades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altos costos en la implementación de estas nuevas tecnologías</li> <li>• Vulnerable ante hackers</li> <li>• Dificultades a la adaptación de nuevos métodos</li> <li>• Absolecencia tecnológica</li> <li>• Necesidad de mano de obra capacitada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rastreo de toda la cadena de suministros</li> <li>• Innovación de mercado en productos y servicios</li> <li>• Incremento en rentabilidad de la empresa</li> </ul>	<b>Oportunidades</b>

**Tabla 2.** Análisis FODA sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado -  
**Fuente:** Elaboración propia

## Análisis FODA CRUZADO

El análisis FODA cruzado sirve para crear acciones estratégicas que se deben poner en práctica una vez establecemos los factores internos y externos de nuestro negocio y/o empresa. En esta matriz se agrega la extensión estratégica contrastando los factores internos de la organización contra los factores externos.

Matriz FODA Cruzado			
<b>Estrategias FO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer un producto de calidad e innovador a un buen precio.</li> <li>• Énfasis en el servicio al cliente.</li> <li>• Mayor posicionamiento en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar su posicionamiento en el mercado, su productividad y ganancias para expandirse a nivel nacional y así crear más ofertas de empleo.</li> <li>• A medida que continúe la innovación se irán mitigando los problemas de ciberseguridad.</li> </ul>	<b>Estrategias FA</b>
<b>Estrategias DO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar el incremento de otras fábricas para así poder incrementar la cantidad de clientes, promoviendo diversidad en diseños a través de avisos publicitarios, volantes, etc.</li> <li>• Dirigir recursos necesarios para la inversión en equipos y en capacitaciones de personal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacitación del personal debe ser realizada adecuadamente, para así lograr una satisfacción en los consumidores y a su vez evitar que elijan a una posible competencia.</li> <li>• Manejar un software seguro y confiable para el almacenamiento de datos de fábrica, así de esa manera evadir infiltraciones que puedan afectar al fabricante.</li> </ul>	<b>Estrategias DA</b>

**Tabla 3.** Matriz FODA cruzado sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado - **Fuente:** Elaboración propia

ANÁLISIS PESTEL - IMPLEMENTACION DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA PRODUCCION DEL CALZADO		
FACTORES POLÍTICOS	FACTORES ECONÓMICOS	FACTORES SOCIALES
-Gobierno, -Políticas gubernamentales en la industria del calzado	- Gran potencial al desempleo lo que podría generar una crisis económica en el futuro. - Con el nuevo impulso de atención al cliente las empresas serán más competitivas.	-Actitudes y opiniones del consumidor -Imagen corporativa de las empresas que realicen la implementación, hábitos y tendencias
FACTORES TECNOLÓGICOS	FACTORES ECOLÓGICOS	FACTORES LEGALES
-Tecnologías emergentes -Infraestructuras físicas.	-Cultura del reciclaje -Políticas medioambientales -Procesos de producción	-Antimonopolio -Seguridad laboral
<b>P E S T E L</b>		

**Tabla 4.** Análisis PESTEL sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado - **Fuente:** Elaboración propia

Esta herramienta de análisis PESTEL, utilizada para identificar las fuerzas macro (externas) que afectan a una organización. Las letras representan políticas, económicas, sociales, tecnológicas, del entorno y legales, de ahí su importancia para el plan financiero de una empresa. El PESTEL va a ofrecer una serie de ventajas como:

- Prever tendencias futuras en los mercados.
- Adaptaciones rápidas a ciertos casos en concretos.
- Ayudas en la toma de decisiones.
- Adaptaciones a los cambios



**Figura 8:** Análisis Porter sobre la implementación de la industria 4,0 en la fabricación de calzado -  
**Fuente:** Elaboración propia

**Poder de los clientes:** Es bajo, muy bajo porque los consumidores compran en un volumen muy pequeño y el producto de la empresa puede llegar a lograr un nivel de diferenciación alto con respecto a las demás en el mercado, además la industria 4.0 permite conocer mejor a los clientes lo cual permite conocer sus necesidades y satisfacerlas esto conlleva a una mejor relación y fidelidad del cliente a la hora de comprar.

**Poder de los proveedores:** Alto. Ya que Colombia no fabrica las herramientas necesarias para el implemento de esta nueva industria por lo que la mayoría de estas herramientas serían importadas del extranjero y su a vez tendrían costos elevados.

**Nuevos competidores:** Bajo. Un mercado tan superpoblado como el del calzado siempre será un riesgo para las organizaciones fabricantes de calzado. Pero, teniendo en cuenta que Colombia es un país el cual no adquiere de manera fácil y rápido los insumos correspondientes para el implemento de nuevas tecnologías, sería poco visible la implementación de las herramientas tecnológicas en la producción del calzado por parte de todas las empresas del sector al mismo tiempo.

**Productos sustitutos:** Medio. Con el paso del tiempo las empresas van innovando lo cual siempre va a existir un riesgo de que algún producto sea sustituido. Por eso la marca debe estar alerta y tratar de innovar siempre.

**Rivalidad existente:** Alta. Esta es la conclusión de todas las anteriores. Aunque una empresa de calzado con industria 4.0 dominará gran parte del mercado y tuviera poder sobre sus proveedores y clientes, lo cierto es que la competencia puede ser muy reñida. La empresa debe trabajar muy duro su estrategia para no decaer y perder todo lo conseguido.

*Paso 3: Determinar qué tipo de estrategias de gestión y optimización son las más adecuadas para que las fábricas de calzado implementen la industria 4.0.*

#### **4.9 Determinación de estrategias de gestión y optimización para la implementación de la industria 4.0 en las fábricas de calzado.**

En la actualidad los avances tecnológicos producto de la globalización exigen cada vez más que las organizaciones tengan estrategias competitivas que las mantengan a la vanguardia en el mercado y frente a sus competidores. Esto ha hecho posible la creación de aplicaciones que son usadas en todos los sectores de las organizaciones, teniendo como propósito la mejora y optimización de los procesos, lo que lleva consigo el aumento de la productividad y la generación de valor. (Peñata Sánchez et al., 2021)

Si de aumentar la productividad se trata la inversión en tecnología es lo ideal, porque va a permitir que se automaticen diferentes procesos promoviendo, de esta manera, una ejecución más ágil y precisa. En efecto, la automatización de tareas repetitivas posibilita destinar a los profesionales a realizar tareas más complejas.

Las estrategias más viables y/o imprescindibles para la implementación de estas nuevas tecnologías en la producción del calzado podrían ser:

1. Planificar el alcance del negocio y alinear los objetivos con la estrategia general de la compañía.
2. Definir claramente cuáles son los objetivos y priorizar las acciones para: mejorar la eficacia de las operaciones, optimizar la cadena de valor y evaluar la posibilidad de crear nuevos modelos de negocio.

3. Facilitar un ambiente de trabajo que promueva una mentalidad abierta orientada hacia el aprendizaje, el cambio y la experimentación.
4. Definir las competencias que deben desarrollarse, tanto internamente como con proveedores externos.
5. Contratación y gestión del talento, priorizando equipos multidisciplinares y la capacidad de convertir el análisis de datos en un activo sólido.
6. Seleccionar a un equipo de proveedores con tecnologías probadas para impulsar una red óptima de socios.
7. Adoptar una perspectiva de ecosistema y desarrollar habilidades de gestión de red.
8. Impulsar proyectos piloto con el objetivo de validar los resultados y sistematizar los mecanismos de aprendizaje. (*Do Better by esade, 2020*)

Comprender cómo las tecnologías de fabricación avanzadas pueden respaldar estos objetivos es el primer paso para establecer una estrategia escalable de la Industria 4.0. algunos beneficios que se podrían obtener por una ejecución de estrategias y objetivos en la implementación de industria 4.0 son:

- Aumento de la productividad laboral en un 30% con líneas de montaje de automatización flexibles
- Aumento de la eficiencia laboral en un 25% con robótica colaborativa
- Incremento del tiempo de ciclo en un 60% con la fabricación aditiva
- Reducción de las quejas de los clientes en casi un 60% con sistemas de gestión de calidad de inteligencia artificial.
- Ahorro de más del 40% de la energía utilizada en la iluminación mediante la instalación de controles de iluminación inteligentes.

- Ahorro de hasta un 30% del consumo de energía con un sistema de gestión de energía del edificio. (Drew, 2020)

## CAPÍTULO IV (FINAL)

### 5. RESULTADOS

Se ha concluido que como parte de los efectos de la Industria 4.0 se facilitarán procesos más rápidos, flexibles y eficientes para producir bienes de calidad a costes reducidos; es decir, incrementará la productividad. (tech school of information technology, 2022)

Varias son las ventajas y beneficios de la Industria 4.0 y estos van en aumento, a medida que el concepto va integrándose y desarrollándose en sus distintos campos de aplicación. Ya en un informe del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España en 2014, se indicaba que la Industria 4.0 generaba beneficios en toda la cadena de valor de los procesos productivos, en las soluciones y productos que se generan con dichos procesos y, por supuesto, en los modelos de negocio. (tech school of information technology, 2022)

La innovación, facilitará el respeto por el medio ambiente (ahorrando materias primas y generando menos residuos). Mejorará la seguridad en el trabajo, puesto que no se expondrá a los trabajadores a tareas y materiales peligrosos. Evidentemente, para que todo esto sea posible, hace falta una mejora de las infraestructuras tecnológicas. Esto para que puedan soportar todo el volumen de datos que tendrá que circular por ellas y adaptar la legislación para dar más facilidades a la creación de empresas. Además de velar más para que las primeras empresas en llegar no abusen de un poder de mercado excesivo. (tech school of information technology, 2022)

De acuerdo con el Foro Económico Mundial (WEF), las empresas utilizan estas nuevas funcionalidades en la manufactura para aumentar su eficiencia operativa a través del mantenimiento predictivo, así como mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) y brindar los siguientes beneficios:

- Disminuir 12% los tiempos de reparación.
- Bajar los costos de mantenimiento en cerca del 30%.
- Reducir casi el 70% de las fallas. (Varela, 2020)

La impresión 3D es uno de los elementos fundamentales de la industria 4.0, esta es una de las tecnologías más importantes de la industria 4.0. Gracias a la impresión 3D las fábricas tienen la capacidad de aumentar su flexibilidad, adaptándose a las necesidades de un mercado cada vez más exigente e impredecible. Además, permite la fabricación de todo tipo de objetos personalizados sin la necesidad de costosos moldes y utillajes de fabricación. (Ramírez, 2021).

La impresión 3D también es una gran aliada del medio ambiente, característica muy importante debido a la situación climática actual y a la importancia de disponer de procesos de fabricación sostenibles con un menor consumo de recursos y generación de residuos. (Ramírez, 2021)

Según un informe hecho por SmarTech Publishing de acuerdo al analista especializado en industria aditiva AM (Additive Manufacturing) Davide Sher, la impresión 3D de calzado crecerá US \$6.300 millones en los próximos 10 años. La mayor parte se destinará a cinco grandes empresas de calzado AM que han realizado importantes inversiones en el desarrollo de fabricación de calzado digital. (Serma, 2019).

La impresión 3D se ha situado como la tecnología de fabricación preferente en múltiples sectores, con la previsión de seguir en aumento. Además, la situación actual que se está viviendo a nivel mundial debido al COVID-19, ha propiciado un mayor avance y consolidación de la impresión 3D por la necesidad de disponer de elementos personalizados de forma rápida. (Ramírez, 2021).

Aprovechar todos los beneficios de la industria 4.0 es imprescindible preparar la empresa para los cambios, poniendo atención en la cultura y del clima organizacional, el potencial de los recursos humanos, la gestión orientada por la innovación y contar con una comunicación transparente. De esta manera, el ingreso de la digitalización al medio industrial se convierte en un proceso mucho más ameno, motivador y efectivo. (SAP Concur, 2021)

## 6. CONCLUSIONES

Este proyecto presentó una revisión sobre los aspectos básicos de la Industria 4.0, específicamente se abordaron temas como los enfoques conceptuales para definir; el significado del concepto de Industria 4.0, las características y las tecnologías digitales de la Industria 4.0. Además, también se desarrolló una revisión sobre temas más enfocados hacia el sector de la producción del calzado en Colombia. El movimiento hacia la Industria 4.0 ha presentado conceptos nuevos y ha reconvertido otros igualmente relevantes. Esto demuestra una nueva perspectiva estratégica de la evolución industrial que enfrenta algunos cambios fundamentales y avances tecnológicos. (ColombiaTic, 2019)

Al realizar análisis como el FODA, PESTEL y fuerzas de Porter, se puede dar a entender y conocer una percepción acerca del éxito de implementar una estrategia competitiva. La globalización y el cambio tecnológico están creando nuevas formas de competencia en todos los mercados existentes y el sector calzado no pasa desapercibido. Por ende, los mercados cada vez serán más complejos e impredecibles; los flujos de información en un mundo fuertemente interconectado le están permitiendo a las empresas detectar y reaccionar frente a los competidores de una manera mucho más rápida y eficaz.

Colombia es un país que, a pesar de tener varios recursos, se ve limitado en cuanto a la adquisición rápida de nuevas tecnologías, sin embargo, este análisis aporta a la consolidación del concepto de industria 4.0, particularmente en términos de adopción de nuevas tecnologías en la fabricación del calzado. Además, este análisis

suministra lo que puede llegar a ser una visión general de las tendencias de la Industria 4.0 para identificar y seguir sus principales estrategias de adopción.

## 7. RECOMENDACIONES

Para trabajos futuros se debe realizar investigación más a fondo partiendo de este proyecto de grado, con el fin de identificar cómo y cuán significativo ha sido el progreso de las fábricas de calzado en el país.

También sería imprescindible hacer una indagación a nivel local, teniendo en cuenta que este proyecto es un poco más general con respecto a Colombia. Santander es una de las regiones más importantes en el sector calzado del país ya que cuenta con alrededor de 223 fábricas activas según, eINFORMA (Directorio de empresas de Colombia). De esta manera se podría obtener información acerca de cómo, y si esta región estaría implementando nuevas tecnologías en sus procesos de manufactura.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Adeva, R. (11 de March de 2022). *Impresión 3D: qué es, métodos, aplicaciones, materiales e impresoras 3D*. Recuperado el 17 de March de 2022, de ADSLZone: <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/impresion-3d/>
- BASF abre un nuevo centro de innovación de calzado en Taiwán. (19 de August de 2020). Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de Revista del Calzado: <http://revistadelcalzado.com/basf-innovacion-calzado-changhua-taiwan/>
- Caliz, J., & Miranda, D. (2011). ANALISIS SITUACIONAL DEL COMPORTAMIENTO DEL SECTOR DEL CALZADO COLOMBIANO EN LOS ULTIMOS DIEZ AÑOS (2001-2010). 66. Cartagena, Bolivar, Colombia. Recuperado el 27 de Febrero de 2022, de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0061851.pdf>
- Cárdenas, Á. (26 de October de 2021). *Los gemelos digitales claves para la industria 4.0*. Recuperado el 17 de March de 2022, de SecmotiC: <https://secmotiC.com/gemelos-digitales/#gref>
- Casas, D. A. (2019). *1 Trabajo de Grado Modalidad Periplo “La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia” Presentado p.* Recuperado el 25 de April de 2022, de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21523/2020camilodavid.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casas, D. A., Aguirre Cortes, D., & David Yanet, C. (2019). *1 Trabajo de Grado Modalidad Periplo “La Revolución de la Industria 4.0 en España y su tendencia en Colombia” Presentado p.* Recuperado el 29 de March de 2022, de Universidad Santo Tomás: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21523/2020camilodavid.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Clúster Bogotá. (5 de Febrero de 2019). *Cluster de Cuero, Calzado y Marroquinería*. Recuperado el 20 de Marzo de 2022, de Cluster de Cuero, Calzado y Marroquinería, Cámara de Comercio de Bogotá: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Cuero-Calzado-y-Marroquineria/Noticias/2019/Febrero-2019/La-transformacion-digital-del-sector-de-calzado-IFLS-EICI>

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

ColombiaTic. (2019). *Aspectos Básicos de la Industria 4.0*. Recuperado el 19 de April de 2022, de Colombia TIC: [https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767\\_recurso\\_1.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf)

Criollo, V. (10 de April de 2021). *El uso de Big Data en Nike*. Recuperado el 15 de March de 2022, de DataWorld – Blog: <https://dataworld.blog/2021/04/10/el-uso-de-big-data-en-nike/>

Do Better by esade. (1 de January de 2020). *Cómo implementar una estrategia efectiva en la industria 4.0*. Recuperado el 11 de April de 2022, de Do Better | Esade Insights & Knowledge hub: [https://dobetter.esade.edu/es/industria-4.0?\\_wrapper\\_format=html](https://dobetter.esade.edu/es/industria-4.0?_wrapper_format=html)

Drew. (30 de June de 2020). *5 principios para implementar la industria 4.0 en tu empresa*. Recuperado el 11 de April de 2022, de Business Insights: <https://blog.wearedrew.co/5-principios-para-implementar-la-industria-4-0-en-tu-empresa>

Electrónica Edimar. (s.f.). *Cloud computing: qué es y cuáles son sus ventajas en la industria | Edimar*. Recuperado el 17 de March de 2022, de Electrónica Edimar: <https://edimar.com/cloud-computing-que-es-ventajas/>

GEINFOR. (s.f.). *¿Qué es la Industria 4.0?* Recuperado el 5 de Marzo de 2022, de geinfor: <https://geinfor.com/blog/industria-40/>

IBM. (s.f.). *¿Qué es la Industria 4.0 y cómo funciona?* Recuperado el 17 de March de 2022, de IBM: <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>

La Horma De Tu Negocio. (11 de Noviembre de 2019). *China un Gigante en la Industria del Calzado*. Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de La horma de tu negocio: <https://lahormadetunegocio.com/2019/11/11/china-un-gigante-en-la-industria-del-calzado/>

Leiva, C. (21 de Febrero de 2021). *Una definición refinada de manufactura inteligente para 2021*. Recuperado el 5 de Marzo de 2022, de mundo PMMI: <https://www.mundopmmi.com/automatizacion/inteligencia-de-negocios/article/21295151/una-definicion-refinada-de-manufactura-inteligente-para-2021>

M, A. (1 de September de 2021). *Athos, las zapatillas de escalada impresas en 3D que se adaptan al pie del deportista*. Recuperado el 17 de March de 2022, de 3Dnatives: <https://www.3dnatives.com/es/athos-zapatillas-escalada-3d-010920212/>

M, A. (4 de Marzo de 2022). *Los mejores proyectos de calzado impreso en 3D*. Obtenido de 3Dnatives: <https://www.3dnatives.com/es/top-proyectos-calzado-impreso-3d-280420202/#!>

marr, b. (15 de Noviembre de 2016). *Cómo Nike y Under Armour se convirtieron en grandes negocios de datos*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/11/15/how-nike-and-under-armour-became-big-data-businesses/?sh=15f2ddc48669>

mediotiempo. (7 de Mayo de 2020). *Adidas, tres años de innovación con la tecnología 4D*. Recuperado el 17 de Marzo de 2022, de Mediotiempo: <https://www.mediotiempo.com/mas-deportes/running/adidas-tres-anos-de-innovacion-con-la-tecnologia-4d>

Min Ciencias. (2020). *COLOMBIA Y LA NUEVA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL*. Recuperado el 25 de April de 2022, de Minciencias: [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombia\\_y\\_la\\_nueva\\_revolucion\\_.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/colombia_y_la_nueva_revolucion_.pdf)

Mulcue, J. (28 de September de 2018). *Big data: 3 casos de éxito – SUNSET SOFTWARE HOUSE SAS*. Recuperado el 18 de March de 2022, de SUNSET SOFTWARE HOUSE SAS: <https://sunsetwh.com/big-data-casos-de-exito/>

Mundo Plástico. (7 de August de 2019). *En el núcleo tecnológico: Industria 4.0 desde Taiwán en crecimiento*. Recuperado el 3 de March de 2022, de Mundo Plástico: <https://mundoplastico.net/en-el-nucleo-tecnologico-industria-4-0-desde-taiwan-en-crecimiento/>

Peñata Sánchez, H. A., Bolaños Vargas, C. F., & Chimbi Bedoya, J. E. (2021). *Integración de la Industria 4.0 en el Modelo de Gestión de Mantenimiento de una Empresa de Producción de Bebidas. Hariel Adol*. Recuperado el 25 de April de 2022, de Repositorio Digital ECCI: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1287/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pontificia Universidad Javeriana. (2020). *1 LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y LAS NORMAS DE ASOCIACIÓN EN COLOMBIA Tesis de grado para optar por el título de Maestría*. Recuperado el 25 de April de 2022, de Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/50572/TESIS%20MAESTRIA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Ramírez, S. (09 de 02 de 2021). *¿Cuál es la importancia de la impresión 3D en la industria 4.0?* Recuperado el 19 de 04 de 2022, de 3Dnatives: <https://www.3dnatives.com/es/impresion-3d-industria-4-0-090220212/#!>

Redacción Interempresas. (29 de October de 2019). *Camper revoluciona el proceso de diseño de su calzado gracias a la impresión 3D*. Recuperado el 17 de March de 2022, de Interempresas: <http://www.interempresas.net/Fabricacion->

- aditiva/Articulos/257911-Camper-revoluciona-el-proceso-de-diseno-de-su-calzado-gracias-a-la-impresion-3D.html
- Rozo García, F. (01 de Abril de 2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0, 19(2)*, 16. Obtenido de [https://revistas.uis.edu.co/visores/Revista\\_UIS\\_Ingenierias\\_Vol\\_19\\_Num\\_2/553768132019/](https://revistas.uis.edu.co/visores/Revista_UIS_Ingenierias_Vol_19_Num_2/553768132019/)
- Saa Zamorano, D. J. (2021). Análisis de la industria 4.0 en Latinoamérica y países desarrollados. Cali, Valle del Cauca, Colombia. Recuperado el 17 de febrero de 2022, de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33593/1/2021\\_an%C3%A1lisis\\_industria\\_latinoam%C3%A9rica.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33593/1/2021_an%C3%A1lisis_industria_latinoam%C3%A9rica.pdf)
- SAP. (s.f.). *¿Qué es internet de las cosas (IoT)?* Recuperado el 6 de Marzo de 2022, de sap: <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>
- SAP. (s.f.). *¿Qué es la Industria 4.0?* Obtenido de sap: <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-industry-4-0.html>
- SAP Concur. (2 de August de 2021). *8 beneficios de la Industria 4.0*. Recuperado el 19 de April de 2022, de SAP Concur: <https://www.concur.co/news-center/beneficios-industria-4.0>
- Semana. (14 de March de 2018). *Automatización: la principal inversión tecnológica de las empresas, según encuesta*. Recuperado el 4 de April de 2022, de Transformación digital de las empresas en Colombia: <https://www.semana.com/empresas/articulo/transformacion-digital-de-las-empresas-en-colombia/256372/>
- Serma. (14 de August de 2019). *La impresión 3D en la industria del calzado - Serma.net*. Recuperado el 20 de April de 2022, de SERMA.NET: <https://www.serma.net/noticias/tecnicas/la-impresion-3d-en-la-industria-del-calzado>
- Shoes From Mexico. (1 de agosto de 2019). *Industria 4.0 en el calzado mexicano. – Shoes From México*. Recuperado el 3 de March de 2022, de Shoes From México: <https://shoesfrommexico.com/industria-4-0-en-el-calzado-mexicano/>
- tech school of information technology. (7 de January de 2022). *Beneficios de la industria 4.0 - Blog TECH Colombia Universidad Tecnológica*. Recuperado el 19 de April de 2022, de TECH: <https://www.techtute.com/co/informatica/blog/beneficios-industria-4-0>
- tech school of information technology. (01 de 04 de 2022). *Efectos de la industria 4.0*. Recuperado el 18 de 04 de 2022, de techtute: <https://www.techtute.com/co/informatica/blog/efectos-industria-4-0>

TRACC. (25 de Junio de 2021). *Manufactura inteligente: Madurez digital para beneficios medibles*. Recuperado el 3 de Marzo de 2022, de TRACC solution: <https://traccsolution.com/es/blog/manufactura-inteligente/>

Varela, K. (10 de July de 2020). *Manufactura 4.0: flexible, autónoma y adaptable - Implementación de ERP, CRM y soluciones Microsoft*. Recuperado el 20 de April de 2022, de ATX Business Solutions: <https://atx.mx/2020/07/10/manufactura-4-0-flexible-autonoma-y-adaptable/>

Villarelo, E. (11 de Marzo de 2021). *Industria del calzado apuesta por la tecnología inteligente*. Recuperado el 13 de Mazo de 2022, de WORTEV CAPITAL: <https://wortev.capital/industria-del-calzado-apuesta-por-la-tecnologia-inteligente/>

Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (26 de Noviembre de 2017). *El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras*. Recuperado el 5 de Marzo de 2022, de redalyc: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94454631006/94454631006.pdf>