

Factores de cambio tecnológico claves para el futuro de las empresas manufactureras

Key Technological Factors for the Future of Manufacturing Companies

ADRIANA MARCELA ZAMBRANO-SÁNCHEZ¹ - DIANA CAROLINA CABRA-BALLESTEROS² -
LAURA CAMILA APONTE MEDINA³

1. Magíster en pensamiento estratégico y prospectiva. Administradora de Empresas. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

adriana.zambrano@escuelaing.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9447-1476>.

2. Magíster en dirección. Administración de negocios internacionales. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

diana.cabra@escuelaing.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8709-7145>.

3. Ingeniera Industrial. Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

laura.aponte-m@mail.escuelaing.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5169-4085>.

Recibido: 25/09/2025 Aceptado: 30/10/2025

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

En el presente estudio se identifican los factores de cambio tecnológico que incidirán en el desarrollo de empresas manufactureras de base tecnológica en Bogotá durante la próxima década. La investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo de carácter prospectivo, con una selección de catorce expertos vinculados a las industrias priorizadas, entrevistas individuales y grupales, análisis de contenido y revisión de bibliografía especializada. Como resultado, se identificaron diez factores tecnológicos: almacenamiento en la nube, automatización, *blockchain*, realidad mixta, ciudades inteligentes, ciencia de datos, fuentes energéticas eficientes, diversificación de la matriz energética, inteligencia artificial y singularidad tecnológica.

A lo largo del artículo se aporta una base de referencia para comprender las transformaciones tecnológicas del entorno manufacturero y orientar la toma de decisiones empresariales en innovación, adaptación y competitividad.

Palabras claves: factores de cambio tecnológico, empresas manufactureras de base tecnológica, automatización, inteligencia artificial, transición energética.

Abstract

This study identifies the technological change factors that will influence the development of technology-based manufacturing firms in Bogotá over the next decade. The research was conducted through a qualitative, prospective approach, involving the selection of fourteen experts linked to the prioritized industries, individual and group interviews, content analysis, and a review of specialized literature. As a result, ten technological factors were identified: cloud storage, automation, *blockchain*, mixed reality, smart cities, data science, efficient energy sources, diversification of the energy matrix, artificial intelligence, and technological singularity.

The article provides a reference framework for understanding technological transformations in the manufacturing environment and for guiding managerial decision-making in innovation, adaptation, and competitiveness.

Keywords: technological change factors, technology-based manufacturing firms, automation, artificial intelligence, energy transition.

INTRODUCCIÓN

Las empresas de base tecnológica (EBT) han adquirido una creciente relevancia en la economía contemporánea debido a su capacidad para incorporar conocimiento, innovación y tecnologías avanzadas en la generación de valor (Tassey, 2013; Bouncken et al., 2021). En sectores manufactureros, esta dinámica se expresa en la necesidad de anticipar cambios tecnológicos que transforman los procesos productivos, los modelos de negocio y las condiciones de competitividad. En este contexto, las empresas no solo deben adoptar nuevas tecnologías, sino también desarrollar capacidades para interpretar de manera oportuna las señales de cambio del entorno y responder estratégicamente a estas.

En Bogotá, esta exigencia resulta especialmente relevante para las empresas manufactureras de base tecnológica vinculadas a la fabricación de aparatos, máquinas y equipos eléctricos, dado que operan en un entorno marcado por la digitalización, la automatización, la transición energética y la convergencia tecnológica. Aunque en la bibliografía especializada se ha documentado ampliamente el impacto de la industria 4.0 y de la transformación digital en la competitividad empresarial, persiste la necesidad de reconocer, en contextos sectoriales específicos, cuáles son los factores de cambio tecnológico con mayor incidencia a mediano plazo y cómo estos pueden orientar la toma de decisiones empresariales. Esta necesidad justifica el desarrollo de estudios prospectivos que permitan identificar señales relevantes de transformación y traducirlas en insumos analíticos para la gestión empresarial.

Para efectos de la investigación, se entiende por factor de cambio aquellas fuerzas que dan forma a cambios confusos y fortuitos que se presentan en el futuro. Como lo explican Velásquez y Sepúlveda (2015), son “todas aquellas fuerzas identificables que potencian o promueven los cambios en el entorno que, a su vez, determinan los grados de incertidumbre o el número de oportunidades que conforman el futuro”. En cuanto a las tendencias, se definen como “una inclinación o dirección de cambio impulsada por fuerzas externas que apunta a un estado probable en el futuro, pero cuya materialización es incierta” (Campos, 2018). Por lo tanto, al investigar sobre las tendencias tecnológicas, se hace referencia a los cambios futuros relevantes de “nuevos procedimientos, metodologías, medios o similares aplicados a la producción, que permiten incrementar la

productividad, la rentabilidad de una organización o la cantidad de sus bienes” (Martínez-Arias, 2016, p. 34). En este orden de ideas, para efectos del estudio realizado los factores de cambio son fuerzas que agrupan una o más tendencias tecnológicas.

En este contexto, si bien en la bibliografía se han abordado ampliamente los procesos de transformación asociados a la industria 4.0 y la digitalización, persiste un vacío en la identificación sistemática de factores de cambio tecnológico en sectores manufactureros específicos dentro de contextos urbanos latinoamericanos, particularmente desde enfoques prospectivos basados en conocimiento experto, limitación que restringe la capacidad de las empresas para anticipar escenarios de transformación y orientar estratégicamente sus decisiones de innovación y adaptación.

Así las cosas, el objetivo del presente artículo es identificar los factores de cambio tecnológico que incidirán en el desarrollo de las empresas manufactureras de base tecnológica en Bogotá durante la próxima década, con énfasis en la industria de fabricación de aparatos, máquinas y equipos eléctricos, a partir de un enfoque prospectivo sustentado en consulta a expertos y análisis de contenido. De esta manera, en el estudio se busca aportar un marco analítico que permita comprender las dinámicas emergentes del entorno tecnológico y contribuir a la toma de decisiones empresariales en escenarios de alta incertidumbre.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló mediante un enfoque cualitativo de carácter prospectivo, a partir de la adaptación de la metodología de prospectiva laboral cualitativa propuesta por el Ministerio del Trabajo de Colombia, la cual, a su vez, toma como referencia el modelo Senai de prospección (Riomaña, 2017). Este enfoque se empleó por su pertinencia para anticipar cambios tecnológicos sectoriales en horizontes a mediano plazo y para reducir la incertidumbre mediante consulta a expertos. En el marco del presente artículo, la aplicación metodológica se concentró exclusivamente en las empresas manufactureras de base tecnológica en Bogotá, con énfasis en las divisiones 27 (fabricación de aparatos y equipo eléctrico) y 28 (fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.), conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

La metodología se organizó en tres fases. La primera correspondió a la delimitación del sector de estudio y a la identificación preliminar de cambios relevantes en el entorno tecnológico. Para esto, se tomó la rama manufacturera, específicamente las divisiones 27 y 28, seleccionadas con anterioridad como actividades económicas de interés dentro de las empresas de base tecnológica en Bogotá. Esta focalización permitió acotar el análisis a un subsector manufacturero con intensidad tecnológica y potencial de transformación en el horizonte prospectivo considerado.

La segunda fase consistió en la consulta a expertos, siguiendo una lógica de análisis prospectivo apoyada en la técnica Delphi (Wilson et al., 2017). En el presente estudio, dicha técnica se empleó en una versión adaptada, orientada a la consulta estructurada de expertos mediante entrevistas individuales y grupales, sin la aplicación de rondas iterativas sucesivas propias del método clásico. Esta adaptación permitió recoger juicios informados sobre tendencias tecnológicas emergentes, manteniendo la lógica de consenso y validación cualitativa, característica de los enfoques prospectivos basados en expertos.

Para el componente manufacturero del estudio se consideraron catorce expertos, diez de ellos pertenecientes directamente al sector manufacturero y los cuatro restantes especializados en temas transversales en tecnología, cuya trayectoria en innovación, tecnologías convergentes y emprendimiento permitió complementar la visión sectorial. Los expertos se seleccionaron con base en tres criterios:

- Conocimiento y trayectoria en las divisiones manufactureras priorizadas.
- Vinculación con agremiaciones, entidades gubernamentales, centros de investigación o instituciones de segundo orden relacionadas con la industria.
- Desempeño en empresas que operan en las actividades manufactureras objeto de estudio.

El perfil de los participantes permitió integrar perspectivas provenientes de empresa, academia, gobierno y actores transversales del ecosistema de innovación. El número de expertos se definió atendiendo a criterios de saturación teórica, en los cuales la incorporación de nuevos participantes no generaba información sustancialmente distinta, lo que permitió garantizar la suficiencia y pertinencia del corpus de análisis.

La tercera fase correspondió al procesamiento y análisis de la información. Las respuestas obtenidas en las entrevistas se sometieron a análisis de contenido, por medio de un procedimiento de depuración, comparación y agrupación de términos iguales o semánticamente similares. Este proceso permitió transformar la información cualitativa en unidades analíticas comparables y estimar frecuencias de mención de las tendencias identificadas (Okoli, 2019). Los resultados se sometieron a un proceso de triangulación entre la información obtenida de los expertos y la revisión de bibliografía especializada, con el propósito de fortalecer la validez del análisis, lo cual permitió contrastar las tendencias identificadas con evidencia académica y técnica. Así mismo, se verificó la coherencia interna de las categorías construidas mediante revisión iterativa del proceso de codificación y agrupación temática.

Posteriormente, se hizo un análisis taxonómico para organizar dichas tendencias en categorías de nivel superior, denominadas factores de cambio (Onwuegbuzie et al., 2012). En este estudio, una tendencia tecnológica se entiende como un cambio específico asociado con tecnologías, procedimientos o desarrollos con potencial de incidencia sectorial, mientras que un factor de cambio corresponde a una categoría integradora que agrupa una o varias tendencias afines por su relación semántica y estratégica; en consecuencia, el paso de tendencias a factores de cambio se realizó mediante agrupación temática, denominación conceptual y validación de su pertinencia para el contexto manufacturero. La agrupación de tendencias en factores de cambio se hizo considerando criterios de afinidad temática, complementariedad funcional y relevancia estratégica para el sector manufacturero, lo que permitió estructurar categorías analíticas coherentes y aplicables al contexto de estudio.

Como resultado de este procedimiento se construyó la matriz de identificación de factores de cambio, en la cual se clasificaron las tendencias tecnológicas reconocidas por los expertos y se establecieron las agrupaciones que dieron lugar a los factores de cambio analizados en el artículo. Finalmente, se revisó la bibliografía especializada en bases de datos académicas para complementar la definición de cada factor y documentar ejemplos de aplicación en contextos manufactureros reales. En conjunto, el enfoque metodológico adoptado permitió integrar conocimiento experto, análisis cualitativo y

soporte bibliográfico, configurando un marco analítico robusto para la identificación de factores de cambio tecnológico en contextos de incertidumbre y transformación sectorial.

RESULTADOS

En numerosos estudios se han analizado los efectos positivos de la industria 4.0 y la digitalización en las empresas con desarrollo centrado en la tecnología (Bee-Lan Lok et al., 2021; Schwab, 2017; Zabidin et al., 2019). De acuerdo con Tropschuh et al. (2021), la industria 4.0 está orientada a hacer frente a la complejidad y volatilidad del entorno de producción impulsada por la tecnología. La aplicación de la metodología permitió identificar 10 factores de cambio tecnológico y 26 tendencias asociadas con incidencia probable en el desarrollo de las empresas manufactureras durante la próxima década. Los resultados evidencian que los factores de cambio tecnológico identificados no tienen una distribución homogénea en materia de complejidad, alcance e impacto esperado. En particular, se observa una mayor concentración de tendencias en factores asociados con la automatización, la ciencia de los datos y la transición energética, lo que sugiere que la transformación del sector manufacturero estará impulsada por la convergencia entre digitalización, analítica avanzada y sostenibilidad energética.

Igualmente, algunos factores presentan un carácter habilitador (como el almacenamiento en la nube), mientras que otros tienen un impacto más estructural en la configuración del sistema productivo (como la inteligencia artificial y la diversificación de la matriz energética), tal como se presenta a renglón seguido (tabla 1).

La distribución de las tendencias muestra que el factor de automatización concentra el mayor número de desarrollos tecnológicos, lo que evidencia su papel central en la transformación operativa de la manufactura. Por su parte, factores como inteligencia artificial y ciencia de los datos, aunque con menor número de tendencias, presentan un alto potencial de impacto estratégico debido a su capacidad de incidir en la toma de decisiones y en la generación de valor a partir de la información; en contraste, factores como *blockchain* y realidad mixta presentan un menor nivel de desarrollo relativo, lo que sugiere un estado más incipiente en su adopción dentro del sector analizado.

Tabla 1
Factores de cambio y tendencias tecnológicas

Factor de cambio		Tendencias tecnológicas
1	Almacenamiento en la nube	Computación en la nube
2	Automatización	Internet industrial de las cosas
		Contadores electrónicos de consumo
		Optimización de los equipos tecnológicos
		Tecnologías ERP, RPA y BPM
		Impresión 3D
3	<i>Blockchain</i>	Criptoactivos
4	Realidad mixta	Realidad virtual y aumentada
5	Ciudades inteligentes	Redes inteligentes
6	Ciencia de los datos	Ciberseguridad
		<i>Big data</i>
		Gobernanza de los datos
		Extracción automatizada de datos web
7	Fuentes energéticas eficientes	Gestión eficiente de infraestructura y energía
		Eficiencia energética
		Fuentes para confiabilidad y estabilidad a los sistemas solares y eólicos
		Compatibilidad electromagnética
8	Diversificación de la matriz energética	Transición energética en zonas no interconectadas
		Almacenamiento de energías alternativas
		Fuentes alternativas más estables como geotermia y biomasa
		Hidrógeno verde y azul
		Movilidad eléctrica
9	Inteligencia artificial	Aprendizaje automático y aprendizaje profundo
		Inteligencia artificial
10	Singularidad tecnológica	Internet de las cosas
		Tecnologías convergentes NBIC (nano, bio, info, cogno)

Fuente: Elaboración propia, con base en los resultados del estudio y en la síntesis de manufactura.

A continuación, se presenta el análisis de los factores de cambio:

Almacenamiento en la nube

Es un modelo computacional que reúne tecnologías web para facilitar el empleo de recursos y ofrecerlos

en la modalidad de pago por demanda en función de las necesidades de los usuarios finales (Vallecillos, 2014). Dentro de este factor de cambio la tendencia es computación en la nube, cuya principal característica es la transformación de los métodos tradicionales de adquisición y empleo de recursos de tecnologías de la información (Murazzo et al., 2012) que “permite el acceso bajo demanda a través de la red a un conjunto compartido de recursos de computación configurables (redes, servidores, almacenamiento, aplicaciones y servicios) que se pueden aprovisionar rápidamente con el mínimo esfuerzo de interacción del proveedor del servicio” (Mell y Grance, 2011).

Este factor agrupa tecnologías orientadas a la disponibilidad, escalabilidad y gestión remota de recursos informáticos. Su relevancia para la manufactura radica en que facilita la integración de información, la interoperabilidad entre áreas y el acceso flexible a infraestructura digital, elementos cada vez más necesarios en entornos productivos conectados; en consecuencia, la computación en la nube se configura como un habilitador transversal para otras transformaciones tecnológicas del sector.

Automatización

La automatización transformó la manufactura con la implementación de robots y sistemas automatizados para aumentar la eficiencia y reducir costos (Pérez, 2022). Este factor involucra cinco tendencias: internet industrial de las cosas, contadores electrónicos de consumo, optimización de los equipos tecnológicos, implementación de tecnologías ERP, RPA y BPM, e impresión 3D.

El primero (IIoT) se refiere a la integración de computación, redes y objetos físicos en la industria. Dispositivos conectados en red detectan, monitorean y controlan el mundo físico, impulsando el progreso en los negocios y la fabricación (Valencia y Portilla, 2021).

Otra de las tendencias son los *contadores electrónicos de consumo*. La energía eléctrica es esencial para la economía y se requieren medidores digitales con prestaciones exhaustivas para la instrumentación y gestión de carga. Además, estos dispositivos no solamente registran el consumo, sino que notifican fallas, monitorean en tiempo real la calidad del servicio y ofrecen otras aplicaciones (Aguayo y Navia, 2018; Chalén, 2016; Gómez, 2020).

La siguiente tendencia dentro de este factor de cambio involucra la implementación de tres tecnologías: *Enterprise Resource Planning* (ERP) se refiere a aplicaciones informáticas estándar y adaptables que integran soluciones de negocios para procesos y funciones administrativas (Arias, 2015). *Robotic Process Automation* (RPA) se refiere a la automatización de procesos transaccionales basada en reglas específicas, utilizando *software* en lugar de robots físicos (Biga, 2020). Y *Business Process Management* (BPM) es un enfoque más amplio que busca racionalizar y mejorar la eficiencia de los procesos empresariales de extremo a extremo. RPA puede complementar el enfoque de BPM (Iacono et al., 2018).

La *última tendencia* en este factor de cambio es la *impresión 3D*, crear objetos tridimensionales mediante la adición de material. A partir de un archivo digital, se aplican capas sucesivas de material para crear objetos tangibles (Jorquera, 2016). Algunas ventajas incluyen la capacidad de fabricar objetos complejos sin costo adicional, la posibilidad de crear variedad en una sola impresión, la reducción del ensamblaje y la fabricación sin necesidad de expertos. Adicionalmente, es compacta y genera menos desperdicios, aumentando la eficiencia (Campillo, 2017).

La automatización constituye el factor de cambio con mayor amplitud de tendencias asociadas, lo que evidencia su centralidad en la transformación manufacturera. Incluye la incorporación de sistemas conectados, digitalización de medición y control, optimización de equipos, integración de soluciones de gestión empresarial y fabricación aditiva. En conjunto, estas tendencias apuntan a una manufactura más eficiente, trazable, flexible y orientada a datos, con efectos directos sobre productividad, calidad y capacidad de respuesta operativa.

Blockchain

Es una base de datos compartida por muchos usuarios en un entorno *peer-to-peer*, que almacena información de manera inmutable y ordenada (Retamal et al., 2017), y brinda confianza en transacciones y funciones mediante criptografía y ciberseguridad avanzada (Zhang, R. et al., 2019). El sistema de validación de bloques es inmutable, lo que garantiza que las transacciones antiguas y nuevas se mantengan para siempre (Vemuri, 2018).

La tendencia asociada son *criptoactivos*, criptomonedas o activos digitales. Son una forma de moneda digital

que utiliza la tecnología criptográfica para garantizar la seguridad de las transacciones y controlar la creación de nuevas unidades (Cano, 2022).

Este factor remite a tecnologías de registro distribuido, aplicables a trazabilidad, seguridad de transacciones e intercambio confiable de información. Su relevancia analítica para la manufactura comprende: soporte a ecosistemas de transacción, certificación y validación en cadenas de valor cada vez más digitalizadas.

Realidad mixta

Se la conoce como la combinación de realidad virtual y realidad aumentada, que permite interactuar con objetos virtuales en el mundo real y generar diversas aplicaciones y proyectos para cubrir necesidades (Sánchez y Ramírez, 2020). Estas tecnologías impactan la ciencia y tecnología, introduciendo nuevas técnicas y enfoques en la producción y validación de conocimientos (Amaro-Rosales y Robles-Belmont, 2020).

Las tendencias que involucra son la *realidad virtual* y la *realidad aumentada*. Esta última es una tecnología que combina contenido virtual con el mundo físico, proporcionando información útil, como indicaciones en supermercados o manuales de usuario, por medio de soportes digitales. Mientras tanto, la *realidad virtual* implica la reproducción de contenido mediante dispositivos digitales, como gafas de realidad virtual, creando experiencias inmersivas, interactivas e imaginativas para los usuarios (Bockholt, 2017; Otegui, 2017).

La realidad mixta agrupa desarrollos de realidad virtual y realidad aumentada con potencial de aplicación en entrenamiento, mantenimiento, visualización de procesos, asistencia remota y simulación. En el ámbito manufacturero, este factor adquiere importancia por su capacidad para mejorar la interacción entre operarios, sistemas y entornos productivos complejos, así como para fortalecer procesos de formación y soporte técnico.

Ciudades inteligentes

Las investigaciones sobre el desarrollo de ciudades destacan factores como la economía basada en el conocimiento, la tecnología digital, el enfoque ecológico y las ciudades inteligentes (Fernández, 2017). Estas se caracterizan por el uso intensivo de tecnologías para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y lograr

un desarrollo sostenible mediante la colaboración y la innovación (Góngora, 2015).

La tendencia identificada fueron las *redes inteligentes*, una interconexión de recursos energéticos con estrategias modernas para generar, transmitir, distribuir y consumir electricidad eficientemente. Esto se consigue por medio de la integración de tecnologías avanzadas de sensores, comunicación y control (Giral et al., 2017). La implementación de redes inteligentes ofrece beneficios como mayor confiabilidad, eficiencia energética, seguridad y beneficios financieros (Tello-Maita y Marulanda-Guerra, 2017).

Este factor se concreta en la tendencia de redes inteligentes, especialmente relevante para empresas manufactureras vinculadas con sectores eléctricos y energéticos. Su importancia radica en la articulación entre infraestructura, digitalización y eficiencia en la gestión de flujos energéticos. En ese orden de ideas, conecta la transformación industrial con cambios más amplios en el entorno urbano y en los sistemas de provisión de energía.

Ciencia de datos

Este campo de estudio es interdisciplinario y abarca estadística, inteligencia artificial y minería de datos, entre otras (Malberti et al., 2021). Se requiere un pensamiento analítico en datos y una comprensión holística para extraer información significativa (Provost y Fawcett, 2013). Las actividades de un científico de datos comprenden la exploración y preparación, representación y transformación, computación, visualización y presentación, y modelado de datos, funciones para desarrollar conclusiones y modelos predictivos en diversos campos (Ramos, 2020). Este factor involucra cuatro tendencias: ciberseguridad, *big data*, gobernanza de los datos y extracción automatizada de datos web.

La *ciberseguridad* tiene que ver con medidas tomadas y elementos destinados a proteger la seguridad informática (Ovalle, 2020). La protección de la información es esencial para detener los cibercrímenes que ocurren en entornos virtuales y deslocalizados, lo que plantea desafíos en su investigación y persecución (Posada, 2017).

La siguiente tendencia se refiere al *big data*, grandes volúmenes de datos estructurados y no estructurados que las organizaciones pueden analizar para obtener ideas y tomar decisiones estratégicas (Ortiz, 2021).

Los principios para el diseño de sistemas *big data* incluyen buenas arquitecturas, variedad de métodos analíticos y procesamiento y almacenamiento distribuidos (Hernández-Leal et al., 2017). Las tecnologías asociadas al *big data* están evolucionando y ofrecen oportunidades y desafíos en diversos dominios de datos (Tovar, 2018).

Otra tendencia tecnológica es el *gobierno de datos*, una práctica nueva que busca asignar autoridad y control sobre los datos y tomar decisiones relacionadas con ellos (Portilla, 2017). Aparte de centrarse en los datos, la gobernanza también se enfoca en los sistemas y las personas involucradas, ya que se requiere colaboración entre organizaciones y personas para una gobernanza efectiva (Janssen et al., 2020). La gobernanza inteligente utiliza tecnologías de la información y la comunicación para gestionar, analizar y difundir datos, e implica también un proceso complejo de cambio institucional (Martínez, 2018).

La última tendencia en el factor de cambio de ciencia de los datos es la extracción automatizada de datos web, una técnica para extraer datos de la web utilizando HTTP o navegadores web. Es valioso para los científicos de datos debido a su bajo costo y capacidad para obtener grandes cantidades de información en línea (Khder, 2021). Además de la extracción manual, se pueden utilizar *bots* o rastreadores web para automatizar el proceso (Zhao, 2012).

La ciencia de datos reúne tendencias asociadas con captura, protección, procesamiento y gobernanza de la información. En la manufactura, este factor resulta estratégico porque la competitividad futura dependerá cada vez más de la capacidad de convertir datos en decisiones. La ciberseguridad, el análisis de grandes volúmenes de datos, la gobernanza de datos y la extracción automatizada de información constituyen, en este marco, capacidades complementarias para la gestión inteligente del negocio y de la producción.

Fuentes energéticas eficientes

Son fenómenos físicos o químicos explotables con fines económicos o biofísicos (Jurado y Taipe, 2022). Las fuentes de energía se dividen en dos: no renovables, como los combustibles fósiles, y renovables, como la energía solar y la eólica. La eficiencia energética es crucial para obtener los mismos resultados con menor

consumo de energía, sin desmejorar la calidad de vida (Calle, 2021; Porras y Moreira, 2022).

Este factor comprende cuatro tendencias: uso eficiente de infraestructura y energía, eficiencia energética, fuentes que brinden confiabilidad y estabilidad a los sistemas solares y eólicos, y compatibilidad electromagnética.

Con respecto al *uso eficiente de infraestructura y energía*, la red eléctrica deberá gestionar flujos bidireccionales en el futuro, integrar generación intermitente y contar con infraestructura digital y de telecomunicaciones para una gestión más efectiva.

De acuerdo con Chalco (2017), la optimización del consumo eléctrico mediante la respuesta a la demanda es crucial para brindar un servicio eficiente y rentable en el sistema eléctrico. La respuesta a la demanda implica cambiar el hábito de uso de la energía eléctrica para mejorar el rendimiento de las cargas y reducir la demanda en horas pico. Se utilizan métodos multiobjetivo para predecir y tomar decisiones sobre el consumo, y también se implementan normas para minimizar aún más el consumo eléctrico y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Por otro lado, la *eficiencia energética* se logra minimizando la cantidad de energía requerida para satisfacer la demanda, pero sin afectar la calidad del servicio. La producción y distribución de energía eléctrica mundial no es eficiente, y solamente un 35 % de la energía producida se aprovecha. Se puede mejorar la eficiencia energética a través del diseño y la implementación de tecnologías, procedimientos operativos y mantenimiento adecuado de equipos (Vargas-Isaza et al., 2015).

Sobre las fuentes que brindan confiabilidad y estabilidad a los sistemas solares y eólicos, los *sistemas fotovoltaicos y eólicos* son fuentes de energía limpia y renovable, pero presentan retos en la planificación y operación de los sistemas de potencia debido a su variabilidad e incertidumbre. Para abordar esto, se utilizan herramientas como el Atlas Solar Global que ayudan a identificar lugares adecuados para sistemas fotovoltaicos (Gutiérrez-Perdomo, 2021).

Por otra parte, el objetivo de la compatibilidad electromagnética (CEM) es mantener todos estos efectos secundarios bajo un control razonable. La CEM designa todas las técnicas y tecnologías existentes y futuras para reducir las perturbaciones y mejorar la inmunidad (European Commission, 2025). Con el aumento en

el número de dispositivos electrónicos y sistemas de telecomunicación, la CEM se ha vuelto más relevante para garantizar un funcionamiento adecuado (Martsis-hko, 2022).

Este factor agrupa tendencias relacionadas con el uso racional de la energía, la optimización de infraestructura y la confiabilidad técnica de sistemas energéticos. Su presencia entre los resultados muestra que la transformación manufacturera no depende solo de digitalización, sino también de mejoras en desempeño energético y de condiciones técnicas que permitan mayor estabilidad operativa. Se trata, por tanto, de un factor con implicaciones simultáneas para competitividad y sostenibilidad.

Diversificación de la matriz energética

Colombia busca integrar energías renovables aprovechando su enorme potencial (Pupo-Roncallo et al., 2019). La diversificación de la matriz energética, incluyendo energías renovables, es esencial para una transición sostenible hacia sistemas bajos en carbono (Barragán, 2016). Las energías renovables son cruciales para combatir el cambio climático, ya que son económicamente viables y socialmente aceptadas, y se espera que aumenten de manera significativa para 2050 (Barrón et al., 2021).

Este factor de cambio involucra las siguientes tendencias: transición energética en zonas no interconectadas, almacenamiento de energías alternativas, fuentes alternativas más estables como la geotermia y biomasa, hidrógeno verde e hidrógeno azul, y movilidad eléctrica.

Las *zonas no interconectadas* (ZNI) necesitan una solución local de energización asequible y confiable. Las energías renovables, como la solar, la hidroeléctrica y el diésel, son opciones viables para satisfacer estas necesidades y reducir emisiones (Esteve, 2011).

En relación con la tendencia de *almacenamiento de energías alternativas*, el desafío de las energías renovables es su intermitencia, lo que requiere sistemas de información robustos para administrar la demanda y el exceso de generación (Mendoza, 2016). El almacenamiento de energía con baterías es crucial para aumentar la confiabilidad de fuentes como la eólica y la solar (Slaughter, 2016). Adicionalmente, hay tecnologías emergentes, como sistemas basados en aire líquido y nanoultracapacitores, que ofrecen alternativas prometedoras para almacenar energía (Mayo et al., 2019).

Otra de las tendencias es hacia las *fuentes más estables y limpias*, como la *geotermia* y la *biomasa*. La energía geotérmica aprovecha el calor interno de la tierra y puede ser renovable si se recarga al mismo ritmo que se extrae, en tanto que la biomasa abarca los desechos orgánicos de la vida cotidiana, la industria, la cría de ganado y la descomposición de residuos, excluyendo los combustibles fósiles y los productos sintéticos (Him et al., 2022; Verdezoto et al., 2021).

El *hidrógeno verde* y el *hidrógeno azul* son la siguiente tendencia, tomando en cuenta que la descarbonización global para 2050 es un objetivo compartido por varias naciones. Para enfrentar este reto, los países están haciendo uso del hidrógeno que no funciona como fuente principal de energía, sino como portador energético. Requiere energía para ser producido y tiene la capacidad de almacenarla para su liberación gradual en momentos necesarios (Giménez, 2021). Se clasifica por origen y emisiones de dióxido de carbono (CO₂): el hidrógeno verde es de fuentes renovables, libre de carbono en su ciclo de vida (Jiménez, 2020), y el hidrógeno azul se produce a partir de combustibles fósiles, pero las emisiones de CO₂ derivadas se captan y almacenan. Su producción involucra reformado de metano con vapor y reformado autotérmico (Massarweh et al., 2023).

La tendencia de la *movilidad eléctrica* engloba los sistemas y equipos que respaldan el transporte mediante vehículos eléctricos. Incluye desde micromovilidad hasta vehículos de carga (Sustainable Mobility for All). América Latina y el Caribe avanzan a ritmos diferentes en esta transición, aprovechando condiciones propicias y fabricantes de autos (PNUMA, 2021).

La diversificación de la matriz energética emerge como un factor de alcance estratégico para el sector manufacturero, al incorporar tendencias vinculadas con almacenamiento, energías alternativas, hidrógeno y movilidad eléctrica. Este conjunto de cambios sugiere que las empresas manufactureras enfrentarán un entorno en el que la transición energética dejará de ser periférica para convertirse en una dimensión estructural de la innovación, la inversión tecnológica y la adaptación del modelo productivo.

Inteligencia artificial

La inteligencia artificial (IA) implica hacer que los computadores realicen tareas inteligentes, antes exclusivas

de humanos (Zhang, C., y Lu, 2021). La palabra *artificial* denota algo sintético y la palabra *inteligencia* es clave, ya que abarca un rango de atributos o habilidades (Chávez, 2020). La interacción de la IA con otras disciplinas, como biotecnología, nanotecnología y cognotecnología, forma un conjunto holístico para abordar los desafíos contemporáneos (Baroni, 2019).

Este factor de cambio comprende el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y la inteligencia artificial en sí misma.

La tendencia del *aprendizaje automático* permite a los sistemas aprender a partir de datos y automatizar la construcción de modelos analíticos para resolver tareas específicas (Janiesch et al., 2021). El aprendizaje profundo es una técnica basada en múltiples capas de procesamiento; ha tenido éxito en diversas áreas, incluyendo reconocimiento de patrones, visión por computador, medicina y más, al descubrir estructuras complejas en grandes conjuntos de datos mediante algoritmos de retropropagación (LeCun et al., 2015).

Como tendencia, la IA abarca cinco subtipos: el aprendizaje automático, entendido como los algoritmos que descubren patrones ocultos en los datos y hacen predicciones basadas en nuevos datos; el aprendizaje profundo, un subtipo del aprendizaje automático que usa redes neuronales artificiales para predicciones complejas; el procesamiento de lenguaje natural, el cual les facilita a los computadores la tarea de comprender el lenguaje humano, y la visión por computador, que permite que las máquinas reconozcan y entiendan imágenes y videos, emulando la percepción humana (Zúñiga, 2022).

La inteligencia artificial aparece como uno de los factores más decisivos para el futuro del sector. La inclusión de aprendizaje automático, aprendizaje profundo e inteligencia artificial en sentido amplio indica una transición hacia sistemas capaces de apoyar predicción, automatización cognitiva, reconocimiento de patrones y toma de decisiones asistida. Su relevancia no radica solamente en la eficiencia operativa, sino también en la reconfiguración de capacidades empresariales y tecnológicas.

Singularidad tecnológica

Representa un futuro en el que avances tecnológicos generen cambios profundos en la sociedad (Gayozzo,

2021). Varios autores han expresado esta idea en diferentes versiones, con ritmos de crecimiento variados. Kurzweil predice que en unos quince años las máquinas dominarán recursos y la humanidad dará paso a una civilización posbiológica (Dieguez, 2016).

Este factor involucra dos tendencias: el internet de las cosas y las tecnologías convergentes. El internet de las cosas (también llamado “internet de los objetos”) representa una expansión de internet más allá de la comunicación entre personas, e involucra la interconexión de objetos cotidianos por medio de sensores y dispositivos (Barrio, 2018). Se caracteriza por su interconectividad, servicios relacionados con objetos, heterogeneidad y cambios dinámicos (Agencia Nacional del Espectro [ANE], 2022).

El término *tecnologías convergentes* se refiere a la integración de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) con nanotecnología, biotecnología y ciencias cognitivas, creando sinergias científicas para el conocimiento, innovación y satisfacción de necesidades humanas (Morán, 2019). Emergen como disciplinas que abarcan tanto las ciencias de la vida como las ciencias de la información, generando conocimientos innovadores, diseñando formas de vida y creando organismos nuevos. La interacción de la nanotecnología, la biotecnología, la bioinformática y las ciencias cognitivas es sinérgica, buscando mejorar a la humanidad y transformar la producción económica global (Toscano, 2023).

Este factor agrupa el internet de las cosas y las tecnologías convergentes NBIC. Aunque se trata del factor más prospectivo del conjunto, señala cambios de largo alcance, asociados con la integración entre tecnologías digitales, biológicas, materiales y cognitivas. En la manufactura, este factor sugiere escenarios de mayor convergencia tecnológica y de transformación más profunda en productos, procesos y modelos de negocio.

En conjunto, los factores de cambio identificados permiten evidenciar que la transformación del sector manufacturero no responde a la adopción aislada de tecnologías, sino a procesos de integración y convergencia tecnológica. En este sentido, los resultados sugieren que la competitividad futura de las empresas dependerá de su capacidad para articular tecnologías digitales, sistemas energéticos eficientes y capacidades analíticas avanzadas. Esta integración configura un entorno en el que la innovación no solo es tecnológica, sino también organizacional y estratégica.

Síntesis de resultados

A partir de los resultados obtenidos, se identifican tres ejes principales de transformación:

- Digitalización de procesos productivos.
- Gestión inteligente de datos y toma de decisiones.
- Transición hacia modelos energéticos sostenibles.

Estos ejes sintetizan la interacción entre los factores de cambio y permiten estructurar la lectura de las dinámicas emergentes del sector.

DISCUSIÓN

Implicaciones para las empresas manufactureras

Los resultados muestran que las empresas manufactureras de base tecnológica en Bogotá deberán fortalecer capacidades de adaptación tecnológica, gestión de datos y rediseño de procesos para sostener su competitividad en la próxima década. En particular, factores como almacenamiento en la nube, automatización, ciencia de los datos e inteligencia artificial indican que la transformación del sector dependerá menos de la adopción aislada de herramientas y más de su integración en la operación, la toma de decisiones y la innovación empresarial.

Estos resultados son coherentes con estudios sobre industria 4.0 que destacan la centralidad de la digitalización y la automatización en la transformación manufacturera (Schwab, 2017; Tropschuh et al., 2021). No obstante, el presente estudio aporta una visión más contextualizada al identificar la articulación específica entre factores tecnológicos en el contexto de Bogotá.

Relación entre los factores de cambio tecnológico

Los factores identificados no actúan de manera independiente, sino que conforman un sistema de transformación. El almacenamiento en la nube y la automatización operan como habilitadores de captura e integración de información; la ciencia de los datos y la inteligencia artificial amplían su valor mediante analítica, predicción y apoyo a la decisión, y los factores energéticos introducen una dimensión de sostenibilidad y adaptación productiva. Estos resultados muestran, en conjunto, una convergencia entre digitalización, automatización y transición energética.

Prioridad relativa e impacto esperado de las tendencias

Aunque en el estudio no se establece una jerarquización cuantitativa estricta, sí se pueden identificar tendencias con mayor incidencia esperada. En un primer nivel se ubican almacenamiento en la nube, automatización, ciencia de los datos e inteligencia artificial, por su impacto más inmediato en eficiencia operativa, centralización de información y toma de decisiones; en un segundo nivel se sitúan *blockchain*, realidad mixta, ciudades inteligentes, diversificación de la matriz energética y singularidad tecnológica, cuyo efecto es más estructural y a mediano plazo. Esta distinción permite diferenciar entre tecnologías de impacto operativo y tecnologías de transformación estratégica.

A diferencia de otros estudios en los que se abordan estas transformaciones desde una perspectiva global, los resultados obtenidos muestran particularidades asociadas al contexto local, especialmente en la relevancia de los factores energéticos y su vínculo con la estructura productiva del sector analizado.

Trayectorias de transformación del sector

A partir de los hallazgos, se pueden identificar tres trayectorias de transformación. La primera corresponde a la digitalización de la infraestructura productiva y administrativa, apoyada en nube, automatización y sistemas integrados; la segunda remite a una manufactura basada en datos, donde convergen ciencia de los datos e inteligencia artificial, y la tercera se relaciona con la transición energética y la convergencia tecnológica, visible en redes inteligentes, energías alternativas y tecnologías NBIC. En este sentido, el futuro del sector manufacturero dependerá de la capacidad de combinar eficiencia operativa, sostenibilidad y visión prospectiva.

Desde el punto de vista académico, el principal aporte de este estudio radica en la identificación estructurada de factores de cambio tecnológico a partir de un enfoque prospectivo basado en expertos, aplicado a un contexto sectorial específico. En la práctica, los resultados ofrecen insumos para la toma de decisiones empresariales y la formulación de estrategias de innovación en entornos caracterizados por alta incertidumbre tecnológica.

Así mismo, los hallazgos sugieren la necesidad de fortalecer capacidades organizacionales orientadas a la integración tecnológica, así como de promover polí-

ticas públicas que faciliten la adopción de tecnologías emergentes en el sector manufacturero.

CONCLUSIONES

El estudio permitió identificar diez factores de cambio tecnológico que configurarán el entorno de las empresas manufactureras de base tecnológica en Bogotá durante la próxima década. En conjunto, estos resultados muestran que la transformación del sector no estará determinada por tecnologías aisladas, sino por la convergencia entre digitalización, automatización, analítica de datos, inteligencia artificial y transición energética, como ejes que reconfigurarán la competitividad empresarial.

Desde una perspectiva académica, el principal aporte del estudio radica en la identificación estructurada de factores de cambio tecnológico por medio de un enfoque prospectivo basado en consulta a expertos, aplicado a un contexto sectorial específico. Este enfoque permite avanzar en la comprensión de las dinámicas de transformación tecnológica más allá de aproximaciones generales, incorporando particularidades propias del entorno manufacturero en Bogotá.

Los hallazgos sugieren que el desarrollo futuro de estas empresas dependerá de su capacidad para articular infraestructura digital, gestión inteligente de la información, eficiencia energética y adaptación estratégica. En este orden de ideas, los resultados permiten evidenciar que la transformación del sector no depende solamente de la adopción tecnológica, sino también de la capacidad de las organizaciones para integrar dichas tecnologías en sus procesos, estructuras y estrategias, configurando nuevas formas de competitividad basadas en la articulación entre digitalización, analítica de datos y sostenibilidad.

En el presente artículo se ofrecen insumos para que las empresas prioricen inversiones tecnológicas, fortalezcan capacidades organizacionales y orienten sus estrategias de innovación y adaptación. Así mismo, puede servir como referente para actores del ecosistema empresarial y académico interesados en comprender las transformaciones tecnológicas que incidirán en la manufactura de base tecnológica en Bogotá.

No obstante, el estudio presenta limitaciones asociadas al carácter cualitativo del enfoque y al número de expertos consultados, lo que restringe la generalización de los resultados a otros sectores o contextos.

En este sentido, en futuras investigaciones se podrían incorporar enfoques cuantitativos o mixtos, así como ampliar el análisis a otros sectores manufactureros o regiones, con el propósito de validar y complementar los hallazgos obtenidos.

Finalmente, es importante señalar que el alcance del estudio se concentra en empresas manufactureras de base tecnológica de Bogotá, con énfasis en las divisiones de fabricación de aparatos y equipo eléctrico y de maquinaria y equipo n.c.p. Por este motivo, los resultados se deben interpretar en función de este contexto sectorial específico, aunque ofrecen una base analítica útil para futuras investigaciones sobre transformación tecnológica en otros segmentos de la industria.

REFERENCIAS

- Agencia Nacional del Espectro (2022). *Espectro para entender el crecimiento futuro y la masificación de aplicaciones IOT*. [https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/gestión técnica/ Estudios de gestión y planeación/Espectro para IoT/Documentos para consulta/DocumentoEspectroIoT.pdf](https://www.ane.gov.co/Sliders/archivos/gestión_técnica/Estudios_de_gestión_y_planeación/Espectro_para_IoT/Documentos_para_consulta/DocumentoEspectroIoT.pdf)
- Aguayo Z., D. E., y Navia L., A. M. (2018). *Evaluación de la eficiencia energética en la implementación de un sistema de iluminación en la carrera de Agroindustria de la Espam-MFL*. Espam MFL.
- Amaro-Rosales, M., y Robles-Belmont, E. (2020). Medir la innovación en el contexto de las tecnologías emergentes y convergentes: algunas reflexiones metodológicas. *Paakat. Revista de Tecnología y Sociedad*, 10(18), 1-22.
- Arias C., V. H. (2015). *Impacto en las dimensiones organizacionales durante la implementación de un sistema ERP en la empresa Comestibles Aldor S.A., 2013-2014*.
- Barragán O., A. S. (2016). *Cambio de la matriz energética ecuatoriana en el marco de la Declaración de Río, derecho comparado y la norma ecuatoriana*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Barrio A., M. (2018). *Internet de las cosas*. Editorial Reus.
- Barrón C., A., Centurión C., M., Ferreyros C., L., Forero C., G., López V., G., y Markovinovic G., L. (2021). *La importancia del uso de energías renovables en centros comerciales en Lima*. Universidad de Lima. Repositorio institucional. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/14421>
- Bee-Lan, L., Ming-Yu, C. y Chee-Keong, C. (2021). The relationship between soft skills training and development, human resource outcome and firm performance. *International Journal of Business and Society*, 22(1), 382-402. <https://doi.org/10.33736/ijbs.3184.2021>
- Biga, M. E. (2020). *Automatización robótica de procesos para declaraciones juradas impositivas. Regímenes de retención y percepción provinciales*.
- Bockholt, N. (2017). Realidad virtual, realidad aumentada, realidad mixta. Y ¿qué significa "inmersión" realmente? *Thinkwithgoogle*, 1-6.
- Bouncken, R. B., Kraus, S., y Roig-Tierno, N. (2021). Knowledge- and innovation-based business models for future growth: digitalized business models and portfolio considerations.

- Review of Managerial Science*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11846-019-00366-z>
- Calán P., J. C., y Ruales Y., Á. P. (2018). *Implementación de biomasa y energía solar en una vivienda ecológica temporal en la empresa Autopartes y Autogrúas FCN S.A., con una capacidad de 1,5 kW/h*. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Repositorio institucional. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16142>
- Calle I., R. E. (2021). *Impacto potencial del uso de la energía solar en la economía boliviana*. Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/26088>
- Campillo, M. (2017). *Prefabricación en la arquitectura: impresión 3D en hormigón*. Universidad Politécnica de Madrid. <http://oa.upm.es/47556/>
- Cano M., J. J. (2022). Criptoactivos. *Revista Sistemas*, 163, 94-106. <https://doi.org/10.29236/sistemas.n163a6>
- Chalco C., J. M. (2017). *Optimización multiobjetivo del consumo eléctrico basado en la respuesta a la demanda*. Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13539>
- Chalén Z., D. K. (2016). *Impacto social de los medidores inteligentes en las áreas Kennedy, Urdenor I, Urdenor II, en la ciudad de Guayaquil*. Universidad de Guayaquil.
- Chávez V., A. (2020). Rediseñando la titularidad de las obras: inteligencia artificial y robótica. *Revista Chilena de Derecho y Tecnología*, 9(2), 153. <https://doi.org/10.5354/0719-2584.2020.57674>
- Congreso de la República de Colombia (2021). Ley 2099 de 2021. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/ley-2099-del-10-de-julio-de-2021.pdf>. <https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.10>
- Dieguez, A. (2016). La singularidad tecnológica y el desafío poshumano. *Pasajes. Revista de Pensamiento Contemporáneo*, 50, 154-164.
- Esteve G., N. (2011). *Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica*. Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.6078>
- European Commission (2025, 25 de agosto). *The Electromagnetic Compatibility Directive (EMCD)*. https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/electrical-and-electronic-engineering-industries-eei/electromagnetic-compatibility-emc-directive_en#:~:text=La%20Directiva%20de%20compatibilidad%20electromagn%C3%A9tica,se%20vean%20afectados%20por%20ellas
- Fernández, D. S. (2017). Factores de desarrollo de las ciudades inteligentes. *Revista Universitaria de Geografía*, 26(1), 135-152.
- Fula B., M. L. (2013). *Implementación de equipo de energía renovable (solar y eólica) en la Universidad Militar Nueva Granada*. Universidad Militar Nueva Granada. <http://hdl.handle.net/10654/11983>
- Giménez Z., I. (2021). Retos del hidrógeno verde. *Economía Aragonesa*, 73, 104-119. <https://negociosostenible.camara-valencia.com/wp-content/uploads/2021/07/economia-aragonesa-revista-73-Hidrogeno-Verde-2.pdf>
- Gómez S., Ó. (2020). *Ingeniero de proyectos en apoyo a las diferentes actividades realizadas en la empresa EC Ingeniería Eléctrica SAS*. Universidad de Antioquia. Repositorio institucional.
- Góngora, G. (2015). Revisión de literatura sobre ciudades inteligentes: una perspectiva centrada en las TIC. *Ingeniare*, 19, 137-149.
- González Pérez, G. (2022). Automatización y dinámica del mercado laboral en la industria automotriz en México. *Economía. Teoría y Práctica*, 56(1), 67-104. <https://dx.doi.org/10.24275/etypuam/ne/562022/>
- Gutiérrez-Perdomo, A. S. (2021). *Sistemas de energía eólica y solar para la alimentación de luminarias*. Universidad Católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/25553>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Education. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hernández-Leal, E. J., Duque-Méndez, N. D., y Moreno-Cadavid, J. (2017). *Big data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de aplicación*. *Tecnológicas*, 20(39), 15-38. <https://doi.org/10.22430/22565337.685>
- Him M., M., Humphries, A., Fuentes, P., y Chen Austin, M. (2022). Evaluación del potencial geotérmico inverso y solar para reducir el consumo energético de una instalación hospitalaria en Panamá. *Novasinerгия. Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 5(1), 83-99. <https://doi.org/10.37135/ns.01.09.06>
- Iacono, L., Bustos, M., y Chiaradia, F. (2018). *Evaluación del impacto económico de la automatización en procesos administrativos en Argentina. Caso de estudio: Cencosud*.
- Janiesch, C., Zschech, P., y Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, 31(3), 685-695. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>
- Janssen, M., Brous, P., Estevez, E., Barbosa, L. S., y Janowski, T. (2020). Data governance: organizing data for trustworthy artificial intelligence. *Government Information Quarterly*, 37(3). <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493>
- Jiménez S., F. L. (2020). *Evaluación técnica y económica del uso de hidrógeno verde en aplicaciones para la industria y desplazamiento de combustible fósil*. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/175586>
- Jorquera O., A. (2016). *Fabricación digital: introducción al modelado e impresión 3D*.
- Jurado L., M. A., y Taípe Sailema, G. M. (2022). *Diseño de la infraestructura de una red 5G para la ciudad de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36148>
- Khder, M. A. (2021). Web scraping or web crawling: state of art, techniques, approaches and application. *International Journal of Advances in Soft Computing and its Applications*, 13(3), 144-168. <https://doi.org/10.15849/ijasca.211128.11>
- LeCun, Y., Bengio, Y., y Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- López Baroni, M. J. (2019). Las narrativas de la inteligencia artificial. *Revista de Bioética y Derecho*, 2019(46), 5-28. <https://doi.org/10.1344/rbd2019.0.27280>
- Malberti, M. A., Beguerí, G. E., Klenzi, R. O., Ortega, M. O., Olguín, L. A., Amaya, F., y Cortez, J. (2021). Visualizando la información en ciencia de datos. *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja)*, 296-300.
- Martínez-Arias, E. A. (2016). *Impacto del cambio tecnológico en la economía global y organizacional*. *Revista Teckne*, 14(1), 34-43. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161/rw25065w/M1DIS08_U1_Impacto_tecnologico_en_la.pdf
- Martínez M., A. (2020). Retos en la implementación de industria 4.0: el caso de GKN Driveline. En A. Martínez, M. Álvarez y A. García (coords.), *Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas*. Plaza y Valdés Editores/UNAM. <https://www.researchgate.net/publication/346006091>
- Martsishko, Y. (2022). *Diseño e implementación de placas para prácticas de electrónica mediante la utilización de dispositi-*

- vos LDO y módulos conmutados. Universidad Politécnica de Cartagena. <http://hdl.handle.net/10317/11703>
- Massarweh, O., Al-Khuzaei, M., Al-Shafi, M., Bicer, Y., y Abus-haikha, A. S. (2023). Blue hydrogen production from natural gas reservoirs: a review of application and feasibility. *Journal of CO₂ Utilization*, 70, 102438. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2023.102438>
- Mell, P., y Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Mendoza D., A. (2016). *Almacenamiento de energía: los retos del futuro*. Tecnológico de Monterrey. http://hdl.handle.net/11285/630820disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_EXTERNADO_DE_COLOMBIA_INSTIT.pdfExpires=1689782383ySignature=TxJonjez6hny-FVHm1xSyDDc5hi0mcjy~6
- Mendoza D., A. (2016). *Energía: pasado, presente y futuro*. http://hdl.handle.net/11285/630820disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDAD_EXTERNADO_DE_COLOMBIA_INSTIT.pdfExpires=1689782383ySignature=TxJonjez6hny-FVHm1xSyDDc5hi0mcjy~6
- Monitor Deloitte (2018). *Hacia la descarbonización de la economía: la contribución de las redes eléctricas a la transición energética*. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/es/Documents/estrategia/Deloitte-ES-descarbonizacion-redes-electricas-transicion.pdf>
- Morán R., A. A. (2019). Las tecnologías convergentes (nanotecnología, biotecnología y las ciencias cognitivas) y su relación con la bibliotecología. *e-Ciencias de la Información*. <https://doi.org/10.15517/eci.v9i2.35897>
- Murazzo, M., Millán, F., Rodríguez, N., Segura, D., y Villafañe, D. (2012). Desarrollo de aplicaciones para cloud computing. *XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 941-949. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19374/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Okoli, C. (2019). Developing theory with theoretical concept reviews. *SSRN Electronic Journal*, 2014, 1-65. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3452134>
- Onwuegbuzie, A. J., Leech, N. L., y Collins, K. M. T. (2012). Qualitative analysis techniques for the review of the literature. *Qualitative Report*, 17(28), 1-28. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1754>
- Ortiz A., L. M. (2021). Uso del big data en las empresas. *Molequla. Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, 42(13), 47-49. <http://www.upo.es/MoleQla>
- Ovalle C., E. A. (2020). *Capacidades técnicas, legales y de gestión para equipos Blueteam y Redteam*.
- PNUMA (2021). *Movilidad eléctrica: avances en América Latina y el Caribe* (4.ª ed.). <https://movelatam.org/4ta-edicion/>
- Porras G., J. C., y Moreira Z., D. (2022). Estado actual de la eficiencia energética en el transporte y almacenamiento de gas: terminal Monteverde. *Sapientia: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 40-153. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.495>
- Portilla R., J. D. (2017). Gobierno de datos, un potenciador de los sistemas de gestión de calidad. *Signos. Investigación en Sistemas de Gestión*, 9(2), 159-172. <https://doi.org/10.15332/s2145-1389.2017.0002.10>
- Posada M., R. (2017). El cibercrimen y sus efectos en la teoría de la tipicidad: de una realidad física a una realidad virtual. *Nuevo Foro Penal*, 13(88), 72-112. <https://doi.org/10.17230/nfp.13.88.3>
- Provost, F., y Fawcett, T. (2013). Data science and its relationship to big data and data-driven decision making. *Big Data*, 1(1), 51-59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>
- Pupo-Roncallo, O., Campillo, J., Ingham, D., Hughes, K., y Pourkashanian, M. (2019). Large scale integration of renewable energy sources (RES) in the future Colombian energy system. *Energy*, 186, 115805. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.07.135>
- Queiroz C., A. (2018). El concepto de tendencia de moda: significado, historia, connotación. *Universidade do Estado de Santa Catarina*, 31-48.
- Ramos T., J. F. (2020). *Fundamentos de data science y sus aplicaciones en distintas industrias*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Retamal, C. D., Roig, J. B., y Tapia, J. L. (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía Industrial*, 405, 33-40.
- Ríos M., A. C., Medina, C. A., y González, G. (2022). La flexibilidad y otros retos de la integración masiva de generación eólica y solar en los sistemas de potencia. *Prisma Tecnológico*, 13(1), 88-96. <https://doi.org/10.33412/pri.v13.1.3229>
- Sánchez, L., y Ramírez, J. (2020). *Taxonomía de aplicaciones y videojuegos de realidad mixta*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653135>
- Schuh, G., Scholz, P., y Patzwald, M. (2019). Technological trends in context of industry 4.0 and their industrial applications. *60th International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University, ITMS. 2019 - Proceedings*, 2-7. <https://doi.org/10.1109/ITMS47855.2019.8940720>
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Publishing Group. https://law.unimelb.edu.au/_data/assets/pdf_file/0005/3385454/Schwab-The_Fourth_Industrial_Revolution_Klaus_S.pdf
- Slaughter, A. (2016). Almacenamiento de electricidad. *Tecnologías, impacto y perspectivas*. *Cuaderno de Energía*, 48. https://www.enerclub.es/wp-content/uploads/2016/06/cen48_08_andrewslaughter.pdf
- Sustainable Mobility for All (2021). *Movilidad eléctrica sostenible: componentes esenciales y recomendaciones de políticas*. *GRA in action serie*. <https://www.mobiliseyourcity.net/es/node/784>
- Tassey, G. (2013). Beyond the business cycle: the need for a technology-based growth strategy. *Science and Public Policy*, 40(3), 293-315. <https://doi.org/10.1093/scipol/scs106>
- Tello-Maita, J., y Marulanda-Guerra, A. (2017). Modelos de optimización para sistemas de potencia en la evolución hacia redes inteligentes: una revisión. *DYNA*, 84(202), 102-111. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n202.63354>
- Toscano L., D. (2023). Molecular Biopolitics and artificial production of life: biogeneration and infogeneration devices. *EN-Claves del Pensamiento*, 34, e566. <https://doi.org/10.46530/ecdp.v0i34.566>
- Tovar G., H. W. (2018). *Big data: la próxima frontera en la toma de decisiones gerenciales*. <https://www.researchgate.net/publication/344293780>
- Tropschuh, B., Dillinger, F., Korder, S., Maier, M., Gärtner, Q., y Vernim, S. (2021). Industrie 5.0 – ein menschzentrierter Ansatz. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 116(6), 387-392. <https://doi.org/10.1515/zwf-2021-0091>
- Valencia, A., y Portilla, P. (2021). *Internet industrial de las cosas (IIOT): nueva forma de fabricación inteligente*, 1-9. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://univ-dafup.edu.co/repositorio/files/original/0cba2296f09e033fe6c5c08e5a6a0119.pdf
- Vallecillos, J. (2014). Computación en la nube: un estudio orientado para el despliegue de arquitecturas de componentes.

- Applied Computing Group*, 1-17. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/2673/estudioCloudComputing2014.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Vargas-Isaza, C. A., Posada-Correa, J. C., Jaramillo-Zapata, L. Y., y García, L. A. (2015). Consumos de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados. *Revista CEA*, 1(1), 93-107. <https://doi.org/10.22430/24223182.70>
- Velásquez, A., y Sepúlveda, T. L. (2015). Fundamentos de la prospectiva "la disciplina del cambio". *Semestre Económico*, 3(6), 153-160. <https://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1426>
- Vemuri, V. K. (2019). Blockchain: a practical guide to developing business, law, and technology solutions. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 20(3-4), 1-3. DOI:10.1080/15228053.2019.1588546
- Verdezoto, L., Parco, F., Jácome, C., Katan, W., y Mora, A. (2021). Energía renovable a partir de la biomasa de la caña de azúcar. *Revista de Investigación Talentos*, 8(1), 9-26. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.1.140>
- Wilson, R., Rašovec, T., Kriechel, B., Bakule, M., Czesaná, V., y Havlíčková, V. (2017). *Guía para anticipar y ajustar la oferta de competencias con la demanda del mercado de trabajo* (vol. 2). ETF-Cefop-ILO (eds.), <https://doi.org/10.2816/524509>
- Zabidin, N. S., Belayutham, S., y Che Ibrahim, C. K. I. (2019). A bibliometric analysis of industrial revolution (IR) 4.0 in construction engineering education. *Matec Web of Conferences*, 266, 05006. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201926605006>
- Zhang, C., y Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: the state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100224>
- Zhang, R., Xue, R., y Liu, L. (2019). Security and privacy on blockchain. *ACM Computing Surveys*, 52(3). <https://doi.org/10.1145/3316481>
- Zhao, Y. (2012). *R and data mining: examples and case studies*. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-06686-3>
- Zúñiga S., L. (2022). Inteligencia artificial en las organizaciones. *Investiga TEC*, 15(45), 21-24. https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/6387/6133