

BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA LA ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS EMPRESAS DE VILLAVICENCIO (META)



ANA SOFIA SUAREZ ENCISO
JOSÉ DAVID VARÓN LEÓN



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EMPRESARIAL
VILLAVICENCIO
2025

BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA LA ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS EMPRESAS DE VILLAVICENCIO (META)

ANA SOFIA SUÁREZ ENCISO
JOSÉ DAVID VARÓN LEÓN

Artículo académico presentado como requisito para optar al título de especialista en Gerencia
Empresarial

Asesor

Mg. CAMILA DEL PILAR LEYTON ARIZA

Máster en Dirección y Gestión en marketing, comunicación y publicidad

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS AGROPECUARIAS
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA EMPRESARIAL
VILLAVICENCIO
2025

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. Luis Antonio ALFONSO VARGAS, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

MG. MARIO FERNANDO PRIETO DELGADILLO

Decano de la Facultad Administración de Empresas Agropecuarias

Barreras y oportunidades para la adopción e implementación de inteligencia artificial en las empresas de Villavicencio (Meta)

Ana Sofía Suárez Enciso¹

José David Varón León²

Camila Del Pilar Leyton Ariza³

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo identificar cuáles son principales barreras y oportunidades para la adopción de inteligencia artificial en las empresas (pymes) de Villavicencio donde se propongan acciones que orienten una implementación responsable y efectiva. Se realizó una revisión selectiva de literatura con un enfoque analítico y reflexivo, estructurada alrededor del marco tecnología–organización–entorno, los constructos de aceptación de usuarios y las capacidades dinámicas, y triangulada con marcos de gestión de riesgos (NIST, ISO/IEC) y estadísticas recientes para Colombia.

Los principales resultados muestran, como barreras, la baja madurez de datos, las deficiencias en capacidades gerenciales y técnicas, la fragmentación de procesos y la limitada documentación técnico-operativa; y, como oportunidades, la alta conectividad de la región del Meta, la centralidad económica de Villavicencio y la disponibilidad de estándares de gobernanza algorítmica y políticas públicas de transformación digital. Adicionalmente, los hallazgos confirman una difusión temprana de la IA en el país, con casos de uso concentrados en apoyo administrativo y una adopción en manufactura cercana al 6% en 2019–2020, junto con un repertorio de aplicaciones que permite rutas de madurez gradual, según la evidencia recopilada.

Las conclusiones indican que una adopción sostenible requiere secuencias de casos de uso de retorno temprano, institucionalización de un marco mínimo viable de gobierno de datos, documentación y evaluación de riesgos, y alineación con compras públicas y clústeres locales.

¹ Autor Contacto: Estudiante de la Especialización en Gerencia Empresarial, CVLAC https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002273875, Correo Electrónico: ana.suarez@ustavillavo.edu.co

² Autor Contacto: Profesional en administración de empresas, CVLAC https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001981883, Correo Electrónico: josevaron@ustavillavo.edu.co

³ Director: Máster en Dirección y gestión en Marketing, Comunicación y Publicidad; Docente adscrito a Universidad Santo Tomás; CVLAB https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001857797, Correo Electrónico: camilaleyton@ustavillavicencio.edu.co

La relevancia de este estudio en el campo de la gestión organizacional y la transformación digital radica en ofrecer una hoja de ruta contextualizada para las pymes en ciudades intermedias, ampliando la base empírica latinoamericana sobre la implementación responsable de IA.

Palabras clave: inteligencia artificial; adopción tecnológica; Villavicencio; pymes; gobernanza algorítmica

Abstract

This study aimed to identify the main barriers and opportunities for the adoption of artificial intelligence in small and medium-sized enterprises (SMEs) in Villavicencio, and to propose actions that guide responsible and effective implementation. A selective literature review with an analytical and reflective approach was conducted, structured around the technology–organization–environment framework, user acceptance constructs, and dynamic capabilities, and triangulated with risk management frameworks (NIST, ISO/IEC) and recent statistics for Colombia.

The main results show, as barriers, low data maturity, shortcomings in managerial and technical capabilities, process fragmentation, and limited technical–operational documentation; and, as opportunities, the high connectivity of the Meta region, the economic centrality of Villavicencio, and the availability of algorithmic governance standards and public policies for digital transformation. Additionally, the findings confirm an early diffusion of AI in the country, with concentrated use cases in administrative support and manufacturing adoption close to 6% in 2019–2020, along with a repertoire of applications that enables gradual maturity pathways, according to the compiled evidence.

The conclusions indicate that sustainable adoption requires sequences of early–return use cases, institutionalization of a minimum viable data governance framework, documentation and risk assessment, and alignment with public procurement and local clusters. The relevance of this study in the field of organizational management and digital transformation lies in providing a contextualized roadmap for SMEs in intermediate cities, expanding the Latin American empirical base on responsible AI implementation.

Keywords: artificial intelligence; technology adoption; Villavicencio; SMEs; algorithmic governance.

Introducción

Al examinar la relación entre inteligencia artificial y desempeño empresarial en Colombia, conviene anclar el análisis en políticas y estadísticas recientes que explican el terreno de adopción, puesto que la política pública ha creado habilitadores y condicionantes simultáneamente (Departamento Nacional de Planeación, 2019). En esa línea, la estrategia nacional ha transitado de lineamientos generales de transformación digital hacia instrumentos más específicos sobre ética y gobernanza de la IA, lo cual incide en la demanda corporativa de capacidades técnicas y de gestión en ciudades intermedias como Villavicencio (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2021). A la vez, la conectividad de los hogares mejora la base de usuarios y talento: en 2024, 65,6% de los hogares del país declaró conexión a internet y 18% de usuarios reportó utilizar herramientas de IA, magnitud que eleva las expectativas de apropiación organizacional en los territorios (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2025).

Con respecto a las condiciones regionales, el departamento del Meta muestra indicadores de uso de internet por encima del promedio nacional, un rasgo que sugiere una base habilitante para procesos de transformación en el tejido empresarial de Villavicencio, especialmente en comercio, logística y agroindustria que concentran actividad en la capital departamental (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023). En paralelo, el entorno global expone presiones competitivas para incorporar analítica avanzada y automatización, dado que los marcos internacionales de gestión de riesgos han madurado y fueron adoptados por gobiernos y sectores productivos, lo que traslada expectativas de cumplimiento a proveedores y contratistas locales (National Institute of Standards and Technology, 2023). Esta convergencia normativa y tecnológica reconfigura barreras y oportunidades a nivel microempresarial y pyme.

Mientras tanto, la evidencia empresarial sugiere que la adopción efectiva en Colombia avanza con heterogeneidad sectorial y territorial, situación que obliga a estudiar determinantes locales de la difusión y sus cuellos de botella infraestructurales y organizativos (Herrera Giraldo et al., 2024). En manufactura, solo 6% de firmas adoptó alguna forma de IA en 2019–2020, proporción menor que referentes internacionales, lo que enfatiza brechas de capacidades complementarias y de gestión del cambio que podrían replicarse en sectores de servicios de Villavicencio si no se abordan con políticas y modelos de implementación adecuados (Herrera Giraldo et al., 2024). Adicionalmente, el país figura entre los líderes regionales en preparación gubernamental para la IA, un factor de entorno que puede catalizar ecosistemas locales si aterriza en instrumentos de fomento y compras públicas (Oxford Insights, 2023).

Aunque la literatura internacional y nacional ha avanzado en describir factores de adopción de inteligencia artificial en pymes, existe un vacío al analizar cómo estos determinantes se expresan en ciudades intermedias colombianas, particularmente en territorios con estructuras económicas mixtas como Villavicencio, es así como la evidencia disponible sobre Colombia se concentra en estadísticas nacionales o estudios sectoriales dispersos, sin abordar cómo las variables tecnológicas, organizacionales y de entorno interactúan en economías departamentales con alta conectividad pero capacidades técnicas limitadas.

De acuerdo a lo anterior, este vacío territorial es el que justifica el estudio, pues Villavicencio funciona como nodo comercial, logístico y de servicios del Meta, con niveles de conectividad superiores al promedio nacional, pero sin investigaciones publicadas que documenten barreras y oportunidades específicas para la adopción de IA en su tejido empresarial y es por ello, que el problema de investigación se formula a partir de la necesidad de contextualizar la evidencia nacional y construir un diagnóstico situado que permita orientar políticas locales, iniciativas de formación y decisiones empresariales basadas en datos.

Con estos antecedentes, la pregunta de investigación orienta el texto hacia: ¿Cuáles son las barreras y las oportunidades que enfrentan las empresas de Villavicencio (con énfasis en mipymes) para adoptar e implementar inteligencia artificial en sus procesos organizacionales y cómo inciden los habilitadores/condicionantes de política pública, conectividad y marcos de gobernanza en su desempeño empresarial?

Marco Teórico

En la base conceptual conviene precisar definiciones estándares, ya que la IA se entiende como sistemas que perciben su entorno, interpretan datos y, a través de modelos, recomiendan, deciden o actúan con cierto grado de autonomía, según terminología acordada para interoperabilidad técnica y de gestión (ISO/IEC, 2022). Sobre esa definición, los marcos de referencia distinguen entre capacidades de automatización, analítica predictiva y soluciones de interacción, categorías que guían el encaje con procesos empresariales y la selección tecnológica (Davenport & Ronanki, 2018).

Debido a tal taxonomía, las organizaciones deben mapear casos de uso con métricas de impacto y riesgo, alineando su cartera de proyectos con objetivos de negocio y con requisitos de confiabilidad y seguridad desde el diseño para evitar deriva técnica posterior (National Institute of Standards and Technology, 2023).

Respecto de la difusión tecnológica, la teoría de la innovación propone que la adopción progresa por etapas condicionadas por ventajas relativas, compatibilidad, complejidad percibida y observabilidad, elementos que se expresan de modo específico en pymes de servicios y manufactura ligera (Rogers, 2003). En entornos como Villavicencio, donde la estructura empresarial es predominantemente micro y pequeña, resulta crítico traducir ventajas en indicadores operativos, reduciendo fricción de aprendizaje e integrando pilotos rápidos con retorno visible para decisores no técnicos (Rogers, 2003). Esta secuencia puede acelerarse si los casos de uso se insertan en redes sectoriales y cadenas de valor locales que compartan recursos, generando externalidades de conocimiento y confianza que mitiguen incertidumbre (Davenport & Ronanki, 2018).

El marco tecnología–organización–entorno explica con mayor granularidad los determinantes de adopción, pues considera características de la solución, capacidades internas y presiones competitivas o institucionales, lo cual es útil para diagnosticar barreras en empresas regionales (Tornatzky & Fleischer, 1990). En esa perspectiva, el componente tecnológico incluye madurez de datos y facilidad de integración; el organizacional comprende liderazgo, cultura y recursos; y el ambiental incorpora regulaciones, clientes y proveedores, dimensiones todas que influyen en la probabilidad de desplegar IA con resultados sostenibles (Tornatzky & Fleischer, 1990).

La lectura TOE permite identificar palancas locales como clústeres emergentes y programas públicos que reduzcan costos de adopción y eleven capacidades gerenciales (Departamento Nacional de Planeación, 2019).

La aceptación por parte de usuarios y mandos medios condiciona la efectividad de cualquier despliegue, por lo que conviene incorporar determinantes conductuales como expectativa de desempeño y esfuerzo, influencia social y condiciones facilitadoras, elementos sintetizados por UTAUT que predicen intención de uso y uso real (Venkatesh et al., 2003).

En empresas con alta rotación o con personal operativo, la percepción de utilidad inmediata y el soporte en contexto impactan la curva de aprendizaje y la confianza en sistemas de decisión asistida, modulando los beneficios esperados en productividad o calidad (Venkatesh et al., 2003). Por ello, iniciativas de capacitación deben articularse con rediseño de procesos y metas de negocio para evitar resistencias y dependencia de “campeones” individuales (Davenport & Ronanki, 2018).

Una lectura desde recursos y capacidades permite conceptualizar la “capacidad de IA” como la aptitud para seleccionar, orquestar y aprovechar recursos de datos, modelos y talento, que a su vez habilitan creatividad y desempeño superiores cuando se combinan con rutinas

organizativas adecuadas (Mikalef & Gupta, 2021). Esa capacidad es dinámica y se apalanca en gobierno de datos, plataformas, MLOps y mecanismos de aprendizaje organizacional, de modo que su desarrollo gradúa a la firma en cuanto a scope de casos de uso y resiliencia de las soluciones en producción (Mikalef & Gupta, 2021).

En contextos de pymes, se recomiendan itinerarios modulares que eviten lock-in tecnológico y permitan transferencia de conocimiento entre proyectos (Vial, 2019).

La gestión del riesgo y la confianza resulta estructural, de ahí que marcos internacionales ofrezcan taxonomías y procesos que las empresas pueden adaptar, comenzando por principios y funciones para gobernar, mapear, medir y gestionar riesgos a lo largo del ciclo de vida (National Institute of Standards and Technology, 2023). Complementariamente, la guía de gestión de riesgos para IA aporta principios, integración con ISO 31000 y pasos para identificación, análisis, tratamiento y monitoreo de riesgos específicos como sesgo, opacidad o robustez (ISO/IEC, 2023).

A esa arquitectura se suman principios intergubernamentales que fijan estándares de IA confiable y actualizados, con especial énfasis en derechos, transparencia y seguridad, área en la que la adhesión regional crea convergencia regulatoria y de buenas prácticas (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2024).

El diseño responsable de sistemas exige artefactos de documentación técnica que reduzcan deuda oculta y permitan auditar desempeño en condiciones de uso reales, por lo que la literatura recomienda model cards, datasheets de conjuntos de datos y prácticas de ingeniería que controlen acoplamientos y dependencias (Mitchell et al., 2019). Asimismo, la evidencia sobre deuda técnica en sistemas de aprendizaje automático advierte riesgos sistémicos por bucles de retroalimentación y cambios de distribución, de modo que la adopción empresarial debe internalizar costos de mantenimiento y evaluación continua desde el inicio del proyecto (Sculley et al., 2015).

En pymes, estos mecanismos pueden estandarizarse con plantillas livianas y controles proporcionales al impacto (Gebbru et al., 2021).

La innovación empresarial en Villavicencio es un factor crítico para mejorar productividad, competitividad y articulación con cadenas de valor del Meta (comercio, agroindustria, servicios, logística), es así como la IA se convierte en un habilitador directo de innovación, pues introduce mejoras en eficiencia, calidad de procesos, tiempos de ciclo y toma de decisiones basadas en datos.

En economías departamentales como el Meta, donde predominan pymes con estructuras livianas, la IA actúa como mecanismo de innovación incremental, permitiendo a las empresas

automatizar tareas repetitivas, introducir analítica básica para gestión comercial, mejorar procesos logísticos, fortalecer la experiencia del cliente y crear capacidades internas de gestión de datos.

De esta forma, la IA no solo habilita innovación, sino que se convierte en uno de los principales vectores para modernizar el tejido empresarial de Villavicencio, permitiendo la transición hacia modelos organizacionales más tecnológicos y competitivos.

El entorno institucional colombiano agrega condicionantes y oportunidades, porque coexisten un marco de protección de datos personales y lineamientos éticos con políticas de fomento de capacidades y datos públicos, lo cual perfila obligaciones y posibilidades de creación de valor (Congreso de la República de Colombia, 2012). La actualización de políticas mediante nuevos instrumentos de política económica y hojas de ruta para adopción ética refuerza expectativas de debida diligencia y acelera iniciativas multisectoriales que pueden aterrizar en ciudades como Villavicencio mediante compras públicas y programas de formación (Departamento Nacional de Planeación, 2024).

Al mismo tiempo, la Estrategia Nacional Digital 2023–2026 define arquitectura de datos e interoperabilidad que reduce fricciones de integración para proveedores locales (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2023).

Finalmente, las condiciones de conectividad y el dinamismo de eventos de innovación en el Meta sugieren una ventana de oportunidad para que empresas locales avancen desde automatizaciones de back-office hacia analítica prescriptiva y casos de uso de interacción, aprovechando capital humano emergente y redes de apoyo (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023).

No obstante, la evidencia nacional de adopción limitada en sectores manufactureros remite a la necesidad de modelos de implementación que prioricen madurez de datos, gobierno y gestión del cambio, alineados con marcos de riesgo y aceptación de usuarios para asegurar sostenibilidad en producción (Herrera Giraldo et al., 2024). Bajo ese enfoque, el artículo propone un análisis de barreras y oportunidades con vocación aplicada a la realidad empresarial villavicencense (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2024).

Metodología

Se trata de una revisión de literatura selectiva, de propósito analítico y enfoque reflexivo, articulada por el marco tecnología–organización–entorno (TOE) y complementada con aceptación de usuarios (UTAUT) y capacidades dinámicas. La unidad de análisis es la empresa

de Villavicencio inserta en cadenas de valor locales y nacionales; se aplican criterios estrictos de inclusión (estadísticas oficiales, política pública, artículos revisados por pares y reportes gerenciales con operacionalización explícita) y exclusión (divulgación sin método/ensayos sin variables). La estrategia de búsqueda se segmenta por habilitadores tecnológicos, capacidades organizacionales, presiones de entorno y mecanismos de confianza; el análisis avanza por síntesis conceptual, lectura crítica de evidencia para Colombia y construcción de matrices barreras–oportunidades por niveles de madurez y riesgo.

La revisión sistematiza 28 fuentes únicas con énfasis temporal 2019–2025 para estadísticas y políticas de Colombia, y sustentos conceptuales “clásicos” entre 1990–2019 (p. ej., Rogers; Tornatzky & Fleischer; Venkatesh et al.). Se triangulan lineamientos nacionales (CONPES, estrategia digital, marco ético) y literatura académica reciente sobre capacidades de IA y transformación digital, asegurando coherencia interna y pertinencia contextual.

La búsqueda documental se desarrolló entre agosto y noviembre de 2025 en bases de datos especializadas como Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar para literatura académica; y en fuentes institucionales como DANE, DNP, MinTIC, MinCiencias, OCDE, NIST e ISO para estadísticas y marcos regulatorios.

Se emplearon palabras clave en español e inglés combinadas mediante operadores booleanos: “inteligencia artificial” AND “adopción empresarial”; “AI adoption” AND “SMEs” AND “Latin America”; “Villavicencio” OR “Meta” AND “transformación digital”; “TOE framework” AND “AI”; “capacidad de IA”, “gobernanza algorítmica”, “riesgo de IA”;

Como criterios de inclusión se tuvieron en cuenta artículos publicados entre 2019 y 2025 con revisión por pares, estudios con operacionalización explícita de variables de adopción tecnológica, también documentos institucionales oficiales (CONPES, Normas ISO, AI RMF, estadísticas DANE) con rigor metodológico verificable y finalmente información territorial para el Meta o Villavicencio.

Como criterios de exclusión se tuvieron ensayos sin metodología, opiniones o divulgación sin evidencia empírica y los documentos sin indicadores o con datos desactualizados.

La calidad de la información se evaluó mediante validez metodológica, pertinencia territorial, actualidad y trazabilidad de los datos (DOI, año de publicación, organismo responsable). Esto garantizó que los hallazgos pudieran aplicarse rigurosamente al análisis del territorio.

Como principales resultados en cifras, el Meta registra 86,7% de personas (5+ años) usuarias de internet en 2023, el valor departamental más alto; a nivel país, en 2024 65,6% de los hogares declara conexión y 18% de usuarios reporta uso de herramientas de IA. Para la

estructura productiva departamental, el valor agregado se concentra en minas y canteras (57,4%), agricultura (13,2%) y comercio (10,1%); en Villavicencio el VA 2022 10,8 billones COP (18% del total del Meta). A nivel empresarial, la adopción de IA en manufactura fue 6% (2019–2020), con uso funcional predominante en procesos administrativos/soporte; en el entorno comparado, el índice de preparación gubernamental para IA 2023 ubica a los líderes regionales entre 63,70 y 57,72 puntos. Estos indicadores sustentan la viabilidad de itinerarios graduales (automatización y analítica en back office/expansión) bajo gobernanza proporcional al riesgo

Finalmente, estas 28 fuentes de investigación fueron fundamentales porque aportaron el sustento teórico, metodológico y contextual necesario para construir un análisis riguroso sobre la adopción de inteligencia artificial en Villavicencio. Las estadísticas oficiales del DANE y documentos territoriales permitieron caracterizar con precisión el entorno regional; las políticas públicas y normas como NIST e ISO ofrecieron el marco regulatorio y de gobernanza para entender los requisitos de una implementación responsable; la literatura académica brindó los modelos y teorías (TOE, UTAUT, difusión de innovaciones, capacidades de IA) para interpretar las barreras y oportunidades; y los estudios internacionales, como los de la OCDE, BID y Oxford Insights, permitieron comparar a Colombia con otros países y evidenciar el estado temprano de adopción. En conjunto, estas fuentes garantizaron un artículo sólido, bien sustentado y contextualizado.

Resultados y discusiones

A partir de los indicadores oficiales disponibles se constata que el entorno de conectividad del departamento del Meta constituye una base habilitante para procesos empresariales intensivos en datos, dado que en 2023 la proporción de personas de 5 años y más que usaron internet alcanzó 86,7%, el mayor registro departamental del país, lo que reduce fricciones de adopción en canales digitales y aplicaciones analíticas en Villavicencio como nodo urbano (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023). En consecuencia, la disponibilidad de usuarios y potencial talento digital eleva la probabilidad de uso efectivo de soluciones de inteligencia artificial en tareas administrativas, comerciales y de servicio al cliente que dependen de interacción conectada y trazabilidad mínima de datos transaccionales locales (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023).

Con relación a la estructura económica territorial, la caracterización sectorial del Meta confirma una composición del valor agregado con predominio de explotación de minas y canteras con 57,4%, seguida de agricultura con 13,2% y comercio con 10,1%, configuración que en

Villavicencio se traduce en demanda de servicios logísticos, comerciales y de apoyo a cadenas agroalimentarias y energéticas (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2022). Al converger esa estructura con altos niveles de uso de internet, aparecen casos de uso viables de IA en priorización de pedidos, mantenimiento predictivo de flotas y atención al cliente, sustentados en flujos de datos recurrentes derivados de la actividad comercial y de servicios urbanos (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2022; Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2023).

En el plano municipal, la relevancia económica de Villavicencio dentro del departamento queda reflejada por un valor agregado de 10,8 billones de pesos en 2022, equivalente a 18% del total departamental, lo cual justifica un enfoque de adopción que priorice procesos de alto volumen y repetición en comercio, logística y servicios empresariales con externalidades en la capital (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2023). A su vez, el diagnóstico y las metas del plan de desarrollo 2024–2027 anuncian instrumentos de fortalecimiento digital que expanden puntos de acceso y plataformas, generando un vector público complementario para proyectos de transformación productiva con analítica e IA aplicada (Alcaldía de Villavicencio, 2024).

Desde la evidencia a nivel de empresa, la primera caracterización exhaustiva para Colombia muestra que 6% de las firmas manufactureras adoptó alguna forma de IA en 2019–2020, con heterogeneidad entre subsectores y regiones, lo que sitúa la difusión en una fase temprana respecto de referentes internacionales (Herrera Giraldo et al., 2024). De ese total, la probabilidad de adopción aumenta con el tamaño de la empresa y se asocia a activos complementarios como capacidades gerenciales e innovación, lo que perfila barreras de entrada en pymes que carecen de estos intangibles y oportunidades en empresas con prácticas de gestión más estructuradas (Herrera Giraldo et al., 2024).

En términos de áreas funcionales, los datos empresariales revelan que el uso de IA se concentra en procesos administrativos y de apoyo, por encima de procesos productivos, logísticos o comerciales, un patrón coherente con la búsqueda de eficiencias rápidas en back office y con menores requisitos de integración operativa de planta (Herrera Giraldo et al., 2024). Esta distribución funcional sugiere que, en empresas de Villavicencio con estructuras livianas, la entrada por automatización de tareas de soporte y analítica de gestión resulta el escenario de adopción más frecuente en etapas iniciales del ciclo tecnológico (Herrera Giraldo et al., 2024).

En cuanto a tipos de aplicaciones, el repertorio capturado por encuestas oficiales incluye procesamiento de texto, visión por computador, reconocimiento del habla, robótica con IA y sistemas expertos, además de una categoría de adopción avanzada centrada en aprendizaje automático, lo que describe un abanico de complejidad escalable que permite itinerarios

graduales de madurez técnica y organizativa (Herrera Giraldo et al., 2024). Dicha tipología delimita requerimientos de datos y control de calidad diferenciados por cada tecnología, por lo que la gobernanza de datos emerge como requisito transversal para sostener soluciones en producción (Herrera Giraldo et al., 2024).

Los hallazgos muestran que, aunque la adopción nacional de IA presenta rezago, el caso de Villavicencio cuenta con condiciones habilitantes excepcionales en comparación con otros departamentos y es que el Meta registra el mayor porcentaje de uso de internet del país (86,7%), lo cual favorece procesos intensivos en datos y facilita la apropiación tecnológica.

Esta conectividad, junto con la estructura económica dominada por comercio, agroindustria, servicios y logística, permite al territorio desarrollar casos de uso específicos no contemplados en análisis nacionales, como la trazabilidad logística para empresas de transporte que operan en Villavicencio como corredor Bogotá–Llanos; la analítica predictiva para cadenas agroindustriales del Meta; la automatización de back office en microempresas de comercio minorista y las aplicaciones de IA para atención ciudadana en plataformas municipales.

Esto demuestra que la adopción de IA en Villavicencio tiene potencial diferenciado, y que las barreras y oportunidades se manifiestan de manera particular en su dinámica urbana y regional, lo cual no ha sido analizado por estudios previos centrados en estadísticas nacionales.

De igual manera se identifican barreras tecnológicas como la baja madurez de datos en pymes como en la ausencia de catálogos, diccionarios y trazabilidad, también una infraestructura limitada para almacenamiento y procesamiento, la falta de documentación técnica; a su vez se identifican barreras organizacionales como el déficit de perfiles técnicos en IA, analítica y gestión de datos, la poca articulación entre procesos empresariales y decisiones tecnológicas, la resistencia al cambio por parte de mandos medios y usuarios finales y la escasa experiencia en pilotos tecnológicos o proyectos de innovación. Finalmente, también se identifican barreras de entorno como la baja oferta local de proveedores especializados en IA, la limitada articulación entre universidad–empresa–Estado, los escasos incentivos económicos locales para transformación digital y las regulaciones percibidas como complejas, ya sea la protección de datos, ISO/IEC, NIST, etc.

Y aunado a lo anterior, también se observan oportunidades emergentes como las tecnológicas, sobre la conectividad superior al promedio nacional (Meta: 86,7%), los casos de uso de bajo costo y retorno rápido como el back office, comercial, logística; y el acceso a estándares internacionales de gestión de riesgo y gobernanza; otras oportunidades son las organizacionales como el crecimiento de la oferta de formación técnica y universitaria en la región, el interés empresarial en automatización y reducción de costos y la mayor disponibilidad

de datos por digitalización de trámites municipales; finalmente las oportunidades de entorno como que Villavicencio sea visto como nodo comercial y logístico del oriente colombiano, también los programas de transformación digital y emprendimiento del plan de desarrollo y finalmente los ecosistemas de innovación emergentes apoyados por cámaras de comercio y universidades.

Respecto de habilitadores de confianza, los marcos internacionales formalizan prácticas de gestión del riesgo adaptables a empresas regionales, ya que el AI RMF 1.0 de NIST define funciones de gobernar, mapear, medir y gestionar que estructuran la identificación y el tratamiento de riesgos técnicos y socioorganizacionales a lo largo del ciclo de vida (National Institute of Standards and Technology, 2023). En paralelo, la guía ISO/IEC 23894 proporciona procesos alineados con ISO 31000 para identificación, análisis, tratamiento y monitoreo de riesgos de IA, estableciendo un lenguaje común entre áreas técnicas y gerenciales que facilita auditoría proporcional al impacto (ISO/IEC, 2023a).

Sobre gestión integral, la publicación del estándar ISO/IEC 42001 establece requisitos para un sistema de gestión de inteligencia artificial dentro de la organización, integrando política, roles, objetivos, evaluación de riesgos e interacción con proveedores, de manera que los despliegues empresariales cuenten con trazabilidad, controles y mejora continua con independencia del tamaño de la firma (ISO/IEC, 2023b). Esta normalización reduce costos de coordinación y genera evidencia verificable de debida diligencia en proyectos de IA, un aspecto relevante para cadenas de suministro que exigen garantías de cumplimiento y calidad a sus contratistas regionales (ISO/IEC, 2023b).

En el entorno de políticas, la vigencia de la Política Nacional para la Transformación Digital y la Inteligencia Artificial articula líneas de talento, fomento, datos e interoperabilidad que inciden en la demanda y oferta de servicios intensivos en datos, con potencial de instrumentación en compras públicas y programas sectoriales que alcanzan a ciudades intermedias (Departamento Nacional de Planeación, 2019). Este marco convive con el régimen general de protección de datos personales, que enmarca obligaciones sobre tratamiento y seguridad, relevantes para la adopción de casos de uso con información de clientes y proveedores en empresas locales (Congreso de la República de Colombia, 2012).

En materia de aceptación y documentación, la literatura técnica propone artefactos de transparencia como model cards y datasheets para describir desempeño, contexto y limitaciones de modelos y conjuntos de datos, mecanismo que previene desalineaciones en uso y facilita evaluación por terceros, particularmente útil cuando los equipos son pequeños y la rotación es alta (Mitchell et al., 2019; Gebru et al., 2021). Asimismo, el diagnóstico de deuda técnica en sistemas de aprendizaje automático advierte que los costos de mantenimiento y control de deriva

pueden crecer rápidamente si no se diseñan límites de acoplamiento y pruebas de robustez, punto crítico para pymes con recursos limitados (Sculley et al., 2015).

Con perspectiva regional comparada, la recomendación del Consejo de la OCDE sobre inteligencia artificial establece principios de enfoque humano, transparencia y robustez que guían el diseño de políticas corporativas y públicas, convergiendo con prácticas de evaluación de impacto y gestión del riesgo que son transferibles a ecosistemas locales (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2019). En la dimensión de preparación gubernamental, el índice de 2023 identifica a Brasil, Chile, Uruguay, Colombia y Argentina como los países mejor posicionados de la región con puntajes entre 63,70 y 57,72, lo que configura un entorno de referencia para articulación público-privada en ciudades intermedias (Oxford Insights, 2023).

Sobre el tejido empresarial, la clasificación oficial de unidades económicas por sectores de comercio, industria, servicios, construcción y transporte facilita el mapeo operativo de casos de uso, porque permite asociar necesidades de datos e integración por patrón productivo y tipo de operación estable o móvil en áreas urbanas como Villavicencio (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021). Este ordenamiento estadístico habilita a cámaras y gremios a priorizar pilotos con mayor probabilidad de escalamiento sectorial, optimizando recursos de asistencia técnica y formación aplicada (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2021).

Finalmente, en el frente municipal, la formulación de estrategias digitales con expansión de puntos de acceso y plataformas de trámite potencia la demanda de soluciones de IA para atención, seguimiento y analítica de trámites, con derivaciones a proveedores locales que anclen aprendizaje y capacidades, en tanto la condición de nodo comercial regional de Villavicencio refuerza la pertinencia de casos de uso en comercio, logística y servicios (Alcaldía de Villavicencio, 2024; Departamento Nacional de Planeación, 2019). En suma, el conjunto de hallazgos describe barreras ligadas a capacidades complementarias y gobierno de datos y oportunidades apalancadas en conectividad, demanda urbana y marcos de gestión estandarizados disponibles (Herrera Giraldo et al., 2024; ISO/IEC, 2023a).

Conclusiones

Los clústeres y las cámaras podrían coordinar un portafolio regional de casos de uso de retorno temprano (back office, comercial y logística) con términos de referencia estandarizados. También podrían habilitar una mesa de interoperabilidad de datos con diccionarios, acuerdos precompetitivos y plantillas de calidad, además de un sandbox neutral con datos enmascarados

para pruebas. Para reducir asimetrías, las cámaras podrían promover convenios marco de compra y un esquema mínimo de due diligence de proveedores (seguridad, gobernanza de IA, mantenimiento). El avance podría medirse por el porcentaje de empresas con diccionario de datos, el número de pilotos por trimestre y la reducción de tiempos de ciclo y de errores operativos.

Las universidades y centros de formación podrían abrir consultorios de analítica/IA para pymes y residencias de talento (equipos mixtos estudiante–empresa) orientadas a resolver cuellos de botella específicos. En paralelo, podrían ofrecer diplomados y bootcamps situados en gobierno de datos y MLOps con evaluación en planta, además de capstones con empresas ancla para prototipado rápido y pruebas A/B. Los entregables podrían incluir catálogos de casos replicables, repositorios de código y documentación y reportes de impacto; el seguimiento podría considerar número de empresas atendidas, tasa de adopción efectiva de prototipos y mejoras porcentuales en KPIs del proceso intervenido.

Los mismos actores, junto con empresas y entidades públicas, podrían conformar una Mesa de Estándares y Riesgo de IA que publique una caja de herramientas local: plantillas de model cards y datasheets, listas de verificación alineadas con ISO/IEC 23894 e ISO/IEC 42001, y una guía práctica del NIST AI RMF. También podría habilitarse un registro voluntario de modelos con niveles de riesgo y promover auditoría cruzada, sumado a un sello de buenas prácticas para proveedores locales. La adopción de estos instrumentos podría reflejarse en el porcentaje de proyectos con documentación completa, el número de auditorías realizadas y el tiempo promedio de aprobación de compliance.

Para escalar y alinear incentivos, las cámaras, los clústeres y las autoridades locales podrían activar retos de innovación y vouchers de adopción cofinanciados (por ejemplo, 50/50 empresa–aliado) y mantener un tablero público de seguimiento. Las empresas podrían priorizar casos con retorno temprano durante 0–3 meses (definición y línea base), expandir pilotos y métricas en meses 4–8 y consolidar escalamiento y estandarización en meses 9–12. La salida de cada iniciativa podría condicionarse a documentación y monitoreo operativos, controles de deriva del modelo y ROI/ahorros validados, de modo que el ecosistema local convierta barreras de datos y capacidades en ventajas acumulativas y una adopción de IA segura, trazable y sostenible.

Este artículo aporta al campo de las ciencias económicas al ofrecer un análisis territorializado de la adopción de inteligencia artificial en una ciudad intermedia colombiana, un enfoque poco desarrollado en la literatura nacional e internacional, es decir que en términos académicos presenta evidencia situada para la economía regional del Meta, donde la interacción

entre conectividad, estructura productiva e innovación empresarial genera un caso particular de adopción tecnológica.

También introduce un marco analítico que integra TOE, UTAUT, capacidades dinámicas y gestión del riesgo, aplicado a un territorio específico, a su vez propone un conjunto de recomendaciones estratégicas para pymes que buscan adoptar IA bajo condiciones reales de capacidad, infraestructura y entorno normativo y sobre todo amplía la base empírica latinoamericana sobre adopción responsable de IA en entornos no metropolitanos, tradicionalmente invisibilizados por estudios centrados en grandes ciudades.

Con ello, el artículo contribuye a la comprensión de cómo la IA puede operacionalizarse como motor de innovación, productividad y desarrollo económico regional en territorios con estructuras mixtas como Villavicencio.

Implicaciones

Para los directivos empresariales de Villavicencio, los hallazgos implican que la secuencia de adopción más costo efectiva comienza con automatización y analítica en back office, porque esa entrada requiere menor acoplamiento y provee datos de desempeño útiles para justificar inversiones posteriores. De manera práctica, la selección de casos de uso debe apoyarse en métricas de ciclo de caja, tiempo de respuesta y error operativo, integrando tableros y bitácoras de eventos que alimenten un repositorio común de aprendizaje interno.

Para las áreas de tecnología y datos, la institucionalización de un gobierno de datos mínimo viable con catálogos, diccionarios y controles de calidad representa una condición de borde para la sostenibilidad de cualquier solución. La estandarización de modelos de documentación como model cards y datasheets puede incorporarse con plantillas livianas, asociadas a entregables de proyectos y a criterios de aceptación, con el fin de asegurar transferibilidad de conocimiento y continuidad operativa.

Para los equipos de talento humano y cambio organizacional, el patrón de adopción observado sugiere que la aceptación de usuarios aumenta cuando la capacitación es situada y cuando los beneficios se miden en indicadores cotidianos de productividad. La articulación con programas locales de formación técnica y con comunidades profesionales permite atenuar la escasez de perfiles y construir masa crítica interna sin depender de contrataciones difíciles en el corto plazo.

Para el ecosistema público y gremial, la priorización de compras públicas y convocatorias que exijan prácticas de gestión de riesgos y documentación técnica puede elevar el estándar del

mercado y generar demanda que estimule a proveedores locales. La interoperabilidad con plataformas municipales y departamentales facilita la creación de catálogos de problemas comunes y de conjuntos de datos de interés público que catalicen soluciones replicables en comercio, logística y servicios.

Para cadenas de suministro y grandes anclas regionales, la incorporación de requisitos proporcionales de gobierno algorítmico y gestión de datos en procesos de homologación de proveedores se convierte en palanca para difundir buenas prácticas e impulsar itinerarios de madurez en pymes. El acompañamiento técnico en evaluación de impacto, pruebas y monitoreo reduce asimetrías y mitiga riesgos reputacionales en la cadena, al tiempo que estandariza expectativas de calidad.

Para la planificación estratégica de ciudad y departamento, la disponibilidad de conectividad y el papel de Villavicencio como nodo comercial validan una agenda de datos y de IA aplicada a trámites, seguridad operacional y analítica de servicios, que al desplegarse con criterios de proporcionalidad y transparencia mejore indicadores de competitividad. La coordinación público-privada permitirá que pilotos empresariales se escalen mediante alianzas, clústeres y laboratorios de prueba, acelerando el aprendizaje colectivo y la adopción responsable.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Villavicencio. (2024). *Plan de Desarrollo Municipal 2024–2027. Villavo Somos Todos*. https://fundacionexe.org.co/wp-content/uploads/2024/12/2-_Plan_de_Developmento_Municipal_Villavo_Somos_Todos_para_el_periodo_2024_-_2027_compressed.pdf
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1581 de 2012. Régimen general de protección de datos personales. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108–116. <https://hbr.org/2018/01/artificial-intelligence-for-the-real-world>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021). *Conteo de unidades económicas 2021*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-interno/censo-economico-de-colombia/conteo-de-unidades-economicas-2021>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). Indicadores básicos de TIC en hogares. Resultados departamentales 2023.

- <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/indicadores-basicos-de-tic-en-hogares>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2025). *Encuesta de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Hogares 2024. Boletín técnico*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/ENTIC/bol-ENTICHogares-2024.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). *Documento CONPES 3975. Política nacional para la transformación digital y la inteligencia artificial*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2024). La inteligencia artificial como motor clave para el desarrollo social y económico de Colombia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PublishingImages/Planeacion-y-desarrollo/2024/Septiembre/PDF/inteligencia-artificial.pdf>
- Gebu, T., Morgenstern, J., Vecchione, B., Vaughan, J. W., Wallach, H., Daumé, H., & Crawford, K. (2021). Datasheets for datasets. *Communications of the ACM*, 64(12), 86–92. <https://doi.org/10.1145/3458723>
- Herrera Giraldo, M. F., Gallego Acevedo, J. M., Gutiérrez Ramírez, L. H., Vargas, F., & Pereira, M. (2024). La difusión de la inteligencia artificial en una economía emergente: evidencia a nivel de la empresa en Colombia. Nota técnica BID TN 3067. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-difusion-de-la-inteligencia-artificial-en-una-economia-emergente-evidencia-a-nivel-de-la-empresa-en-Colombia.pdf>
- Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability: Conceptualization, measurement calibration, and empirical study on its impact on organizational creativity and firm performance. *Information & Management*, 58(3), 103434. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434>
- Mikalef, P., & Gupta, M. (2021). Artificial intelligence capability and firm performance. *Information & Management*, 58(3), 103434. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103434>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. (2021). Marco ético para la inteligencia artificial en Colombia. <https://minciencias.gov.co/sites/default/files/marco-etico-ia-colombia-2021.pdf>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Colombia. (2023). Viabilidad fiscal territorial. Municipio de Villavicencio. Informe 2023. <https://www.minhacienda.gov.co/apoyo-fiscal-territorial/viabilidad-fiscal-territorial/2023>

- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (2023). Estrategia Nacional Digital 2023–2026. https://www.mintic.gov.co/portal/715/articulos-34120_recurso_1.pdf
- Mitchell, M., Wu, S., Zaldivar, A., Barnes, P., Vasserman, L., Hutchinson, B., Spitzer, E., Raji, I. D., & Gebru, T. (2019). Model cards for model reporting. Proceedings of the ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 220–229. <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>
- National Institute of Standards and Technology. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework 1.0*. <https://doi.org/10.6028/NIST.AI.100-1>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2022). ISO/IEC. 22989:2022. Tecnologías de la información. Inteligencia artificial. Conceptos y terminología. <https://www.iso.org/standard/74296.html>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2023). ISO/IEC. 23894:2023. Tecnología de la información. Inteligencia artificial. Guía sobre gestión del riesgo. <https://www.iso.org/standard/77304.html>
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2023b). ISO/IEC. 42001:2023. Artificial intelligence management system. Requisitos. <https://www.iso.org/standard/42001>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Recomendación del Consejo sobre inteligencia artificial. <https://legalinstruments.oecd.org/api/download/?uri=%2Fpublic%2Fdb5053b5-93e0-4cf5-a7cf-edce5ee6e893.pdf>
- Oxford Insights. (2023). Government AI Readiness Index 2023. <https://oxfordinsights.com/wp-content/uploads/2023/12/2023-Government-AI-Readiness-Index-1.pdf>
- Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5.^a ed.). Free Press. <https://www.simonandschuster.com/books/Diffusion-of-Innovations-5th-Edition/Everett-M-Rogers/9780743222099>
- Sculley, D., Holt, G., Golovin, D., Davydov, E., Phillips, T., Ebner, D., Chaudhary, V., Young, M., Crespo, J. F., & Dennison, D. (2015). Hidden technical debt in machine learning systems. Advances in Neural Information Processing Systems, 28, 2503–2511. <https://papers.neurips.cc/paper/5656-hidden-technical-debt-in-machine-learning-systems.pdf>
- Tornatzky, L., & Fleischer, M. (1990). The processes of technological innovation. Lexington Books.

https://books.google.com/books/about/The_Processes_of_Technological_Innovatio.html?id=EotRAAAAMAAJ

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2022). Documento regional Meta. UPRA. https://upra.gov.co/Kit_Territorial/2%20Informaci%C3%B3n%20por%20Departamentos/META/2-%20Documento%20Regional%20UPRA%20Meta.pdf

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>