

***Modelo analítico y prescriptivo de madurez digital para MYPE de Bogotá mediante
inteligencia de negocios y Power BI***



Erika Tatiana Castañeda Acosta

Especialización en Gestión Digital Empresarial

Ing. David Alejandro Guerrero Pirateque

***Universidad Santo Tomás
Facultad de Ingeniería Industrial Bogotá***

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS.....	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
5. ALCANCE	13
6. ESTADO DEL ARTE.....	13
6.1 Introducción al estado del arte	13
6.2 Estudios sobre transformación digital en Colombia.....	14
6.3 Evidencia sectorial de los procesos de digitalización	14
6.4 Competitividad y transformación digital en las MYPE	15
6.5 Evolución del comercio electrónico en el entorno empresarial	15
6.6 Datos abiertos, inteligencia de negocios y generación de valor	16
6.7 Brechas identificadas y contribución de la investigación.....	16
7. MARCO DE REFERENCIA	17
8. MARCO TEÓRICO	18
8.1 Transformación digital.....	18
8.2 Transformación digital en Colombia	18
8.3 Micro y pequeñas empresas (MYPE) y competitividad	19
8.4 Comercio electrónico y pagos digitales	20
8.5 Datos abiertos y toma de decisiones	20
8.6 Analítica de datos y Power BI.....	21
9. METODOLOGÍA.....	22
9.1 Enfoque de la investigación.....	22
9.3 Diseño de la investigación.....	23
9.4 Fuentes de información	23
9.5 Población y unidad de análisis.....	24
9.6 Variables e indicadores.....	24

9.7 Integración y tratamiento de datos	25
9.7.1 Arquitectura de datos y proceso ETL	26
9.8 Construcción del índice de madurez digital	27
9.8.2 Tratamiento de datos faltantes o no aplicables	29
9.8.3 Motor de reglas prescriptivo.....	29
9.9 Técnicas de análisis.....	31
9.10 Consideraciones éticas	32
10. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	33
10.1 Construcción del dashboard analítico.....	33
10.2 Diagnóstico del Índice de Madurez Digital.....	34
10.2.1 Infraestructura tecnológica.....	36
10.2.2 Uso de tecnologías	37
10.2.3 Pagos digitales	38
10.2.4 Comercio electrónico	38
10.3 Análisis sectorial de madurez digital.....	38
10.3.1 Procesos digitalizados por sector	40
10.3.2 Herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos.....	41
10.4 Contexto TIC y entorno macroeconómico.....	42
10.5 Modelo prescriptivo y recomendaciones estratégicas.....	44
11. CONCLUSIONES.....	47
12. RECOMENDACIONES	48
13. REFERENCIAS.....	50
ANEXOS.....	53
Anexo A Diccionario de variables	53
Anexo B. Fórmulas DAX en Power BI.....	53
Anexo C. Modelo estrella y fórmulas DAX	55
C1. Modelo estrella conceptual.....	55
C2. Fórmula DAX principal del IMD	56
C3. Medidas derivadas y auxiliares.....	57
Anexo D. Tablas de apoyo para clasificación y depuración de registros	58
D1. Tablas de clasificación empresarial.....	58

D2. Tablas de depuración.....	58
D3. Tablas de referencia y contexto	58
Anexo E. Limpieza y tratamiento de datos en Power Query	59
E1. Importación de fuentes	59
E2. Depuración inicial	60
E3. Transformaciones aplicadas.....	60
E4. Tablas limpias resultantes	60
Anexo F. Diseño del dashboard en Power BI	61
F1. Páginas del dashboard	61
F2. Visualizaciones utilizadas	63
F3. Página Contexto TIC.....	65
F4. Página Digitalización sectorial	67
F5. Página Recomendaciones	69
Anexo G. Motor de reglas prescriptivo.....	71
G1. Cuadro de niveles de madurez digital.....	71
G2. Implementación técnica en Power BI.....	72

RESUMEN

La presente investigación desarrolló un modelo analítico y prescriptivo de madurez digital, orientado a evaluar el nivel de adopción tecnológica de las micro y pequeñas empresas (MYPE) de Bogotá, diferenciadas en comercio, industria y servicios. El modelo se construyó a partir de la integración de diversas fuentes oficiales y datos abiertos, empleando herramientas de inteligencia de negocios y analítica en Power BI.

El Índice de Madurez Digital (IMD) consolidó dimensiones estratégicas como infraestructura tecnológica, uso de herramientas digitales, pagos electrónicos y comercio electrónico. Los resultados muestran que las MYPE alcanzan un nivel intermedio de madurez digital, con avances notorios en conectividad y acceso a tecnología, aunque persisten brechas en comercio electrónico, automatización y adopción de soluciones digitales avanzadas.

El análisis sectorial evidenció diferencias relevantes: mientras los sectores más tecnificados lograron mayores avances, las actividades tradicionales continúan enfrentando limitaciones. El uso de Power BI permitió integrar, modelar y visualizar información estratégica mediante dashboards interactivos, facilitando comparaciones y la generación de conocimiento útil para la toma de decisiones.

Finalmente, el modelo prescriptivo complementó el diagnóstico cuantitativo con recomendaciones estratégicas diferenciadas, convirtiendo la herramienta en un mecanismo de apoyo para los procesos de transformación digital y el fortalecimiento de la competitividad empresarial en Bogotá.

Palabras clave: Transformación Digital, Business Intelligence (BI), madurez digital en micro y pequeñas empresas.

ABSTRACT

This research developed an analytical and prescriptive model of digital maturity, designed to evaluate the level of technological adoption among micro and small enterprises (MSEs) in Bogotá, categorized by sector (commerce, industry, and services). The model was built by integrating various official sources and open data, using business intelligence and analytics tools in Power BI. The Digital Maturity Index (DMI) consolidated strategic dimensions such as technological infrastructure, use of digital tools, electronic payments, and e-commerce. The results show that MSEs have reached an intermediate level of digital maturity, with notable progress in connectivity and access to technology, although gaps persist in e-commerce, automation, and the adoption of advanced digital solutions.

The sectoral analysis revealed significant differences: while the more technologically advanced sectors made greater progress, traditional activities continue to face limitations. The use of Power BI allowed for the integration, modeling, and visualization of strategic information through interactive dashboards, facilitating comparisons and the generation of useful knowledge for decision-making. Finally, the prescriptive model complemented the quantitative diagnosis with differentiated strategic recommendations, turning the tool into a support mechanism for digital transformation processes and the strengthening of business competitiveness in Bogotá.

Keywords: Digital Transformation, Business Intelligence (BI), digital maturity in micro and small businesses.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual, la capacidad de las organizaciones para adaptarse mediante procesos digitales se reconoce como un factor decisivo de competitividad. La transformación digital no debe entenderse únicamente como la incorporación de herramientas tecnológicas, sino como un proceso integral que exige repensar la manera en que las empresas gestionan sus operaciones, redefinen su propuesta de valor y se relacionan con su entorno. En este sentido, la digitalización implica una revisión profunda de los modelos de negocio y de las estrategias de adaptación frente a un escenario caracterizado por la globalización y el acelerado avance tecnológico (Romero Velázquez et al., 2026).

En Colombia, las políticas públicas han buscado impulsar la digitalización empresarial como estrategia de crecimiento económico y sostenibilidad. El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC, 2019) ha resaltado la importancia de fortalecer las capacidades digitales, mientras que los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023) muestran que las micro y pequeñas empresas aún enfrentan brechas significativas en el acceso y uso de herramientas digitales, lo que limita su competitividad frente a mercados cada vez más exigentes.

Las micro y pequeñas empresas (MYPE) constituyen un componente esencial del tejido productivo nacional, ya que generan empleo, dinamizan los mercados y sostienen gran parte de la economía. Sin embargo, su proceso de digitalización se encuentra marcado por desigualdades: mientras algunas organizaciones han logrado avances en conectividad y uso de tecnologías básicas, otras continúan rezagadas en aspectos críticos como el comercio electrónico, la automatización de procesos y la adopción de soluciones digitales avanzadas. Esta situación refleja la necesidad de contar con instrumentos analíticos que permitan evaluar de manera objetiva el nivel de madurez digital y orientar acciones estratégicas de mejora.

En este escenario, los datos abiertos se convierten en una oportunidad para comprender mejor el estado de la digitalización empresarial. Al mismo tiempo, herramientas de analítica como Power BI permiten transformar grandes volúmenes de información en conocimiento útil, facilitando la toma de decisiones estratégicas y la construcción de diagnósticos prescriptivos.

La integración de estas fuentes y tecnologías ofrece un camino para diseñar modelos que no solo midan el nivel de adopción digital, sino que también generen recomendaciones diferenciadas según las características de cada sector.

Por estas razones, este estudio propone el diseño de un modelo analítico y prescriptivo que evalúe el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. El modelo busca identificar las principales brechas en la adopción tecnológica y ofrecer insumos que orienten procesos de mejora, fortalezcan la competitividad empresarial y contribuyan a la construcción de un ecosistema digital más inclusivo y sostenible.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las micro y pequeñas empresas representan una base esencial del tejido productivo colombiano, generando más del 80% del empleo y aportando cerca del 40% al PIB nacional (DANE, 2023; Cámara de Comercio de Bogotá, 2023). Sin embargo, el camino hacia la digitalización se encuentra lleno de obstáculos que restringen su capacidad de competir en escenarios cada vez más exigentes y globalizados.

Los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023) muestran que mientras el 68% de las microempresas reportan acceso básico a internet, solo el 25% implementa pagos digitales y menos del 20% utiliza plataformas de comercio electrónico. En contraste, las pequeñas empresas alcanzan un 85% de acceso a internet y cerca del 40% de adopción de pagos digitales. Estas diferencias evidencian una brecha significativa en el aprovechamiento de herramientas digitales según el tamaño empresarial, lo que limita la posibilidad de ampliar mercados y consolidar procesos de modernización (OECD, 2023; Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2024).

La Cámara de Comercio de Bogotá (2023) ha señalado que la digitalización constituye un factor decisivo para el desarrollo empresarial, especialmente en contextos urbanos donde la competencia es más intensa y exige procesos más eficientes. Estudios recientes muestran que las empresas que adoptan soluciones digitales incrementan en promedio un 30% su productividad y logran reducir hasta en un 25% sus costos operativos, además de ampliar en un 40% su alcance de mercado

mediante el comercio electrónico (MinTIC, 2024; Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2024). Estos resultados evidencian que la transformación digital genera impactos más significativos en escenarios de alta competencia, donde la eficiencia y la capacidad de adaptación determinan la sostenibilidad empresarial. No obstante, aunque existen plataformas de datos abiertos que ponen información pública a disposición, su incorporación en los procesos de decisión empresarial continúa siendo reducida (Datos Abiertos Colombia, 2024).

En este escenario, más allá de la brecha digital, el reto principal es la ausencia de un instrumento analítico que permita a las MYPE realizar un autodiagnóstico prescriptivo de su nivel de madurez digital. Aunque la información pública existe, aún no se ha consolidado en un modelo que articule indicadores dentro de un índice estructurado y que, además, ofrezca recomendaciones estratégicas diferenciadas. Esta carencia limita la capacidad de las empresas para reconocer sus brechas, definir prioridades de inversión y orientar sus decisiones hacia la competitividad en la economía digital. Medir el nivel de madurez digital resulta útil en distintos escenarios: cuando el resultado es bajo, permite identificar las áreas críticas que requieren inversión inmediata; cuando es medio, ayuda a priorizar procesos estratégicos para avanzar hacia niveles superiores; y cuando es alto, facilita consolidar ventajas competitivas y explorar nuevas oportunidades de innovación. De esta manera, la medición no solo ofrece un diagnóstico, sino que se convierte en una herramienta para la toma de decisiones, la planificación de recursos y la definición de rutas de transformación digital adaptadas a cada contexto empresarial.

Las recomendaciones estratégicas derivadas del modelo no son genéricas, sino diferenciadas según el nivel de madurez y el sector económico de cada empresa. Estas se obtienen a partir del análisis de indicadores contruidos con datos abiertos oficiales (DANE, MinTIC, BID, OECD) y se plantean como resultado del motor prescriptivo diseñado en el modelo. De esta manera, las recomendaciones no provienen de opiniones subjetivas, sino de un proceso analítico que traduce la evidencia cuantitativa en acciones concretas para las MYPE.

Por lo tanto, surge la necesidad de diseñar un modelo analítico y prescriptivo que, a partir de datos abiertos y herramientas de inteligencia de negocios como Power BI, permita evaluar de manera objetiva el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Dicho modelo debe no solo diagnosticar la situación actual, sino también generar recomendaciones estratégicas que guíen la transformación digital y fortalezcan la sostenibilidad empresarial en el largo plazo.

Pregunta de investigación: ¿Cómo puede diseñarse un modelo analítico y prescriptivo basado en datos abiertos que permita evaluar el nivel de madurez digital en las micro y pequeñas empresas de Bogotá mediante herramientas de inteligencia de negocios y Power BI?

Las micro y pequeñas empresas representan una base esencial del tejido productivo colombiano, ya que generan empleo, dinamizan los mercados y sostienen gran parte de la economía nacional. Sin embargo, el camino hacia la digitalización se encuentra lleno de obstáculos que restringen su capacidad de competir en escenarios cada vez más exigentes y globalizados.

Los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2023) muestran que mientras el 68% de las microempresas reportan acceso básico a internet, solo el 25% implementa pagos digitales y menos del 20% utiliza plataformas de comercio electrónico. En contraste, las pequeñas empresas alcanzan un 85% de acceso a internet y cerca del 40% de adopción de pagos digitales. Estas diferencias evidencian una brecha significativa en el aprovechamiento de herramientas digitales según el tamaño empresarial, lo que limita la posibilidad de ampliar mercados y consolidar procesos de modernización.

La Cámara de Comercio de Bogotá (2023) ha señalado que la digitalización constituye un factor decisivo para el desarrollo empresarial, especialmente en contextos urbanos donde la competencia es más intensa y exige procesos más eficientes. Este planteamiento se confirma con estudios recientes que muestran que las empresas que adoptan soluciones digitales incrementan en promedio un 30% su productividad, reducen hasta en un 25% sus costos operativos y amplían en un 40% su alcance de mercado mediante el comercio electrónico (MinTIC, 2024; BID, 2024). Estos resultados evidencian que la digitalización no solo es un requisito competitivo, sino un mecanismo que transforma directamente la sostenibilidad empresarial en escenarios de alta competencia. No obstante, aunque existen plataformas de datos abiertos que ponen información pública a disposición, su incorporación en los procesos de decisión empresarial continúa siendo reducida (Datos Abiertos Colombia, 2024). Esta situación refleja una paradoja: la información está disponible, pero no se traduce en herramientas prácticas que apoyen la gestión de las MYPE.

En este escenario, más allá de la brecha digital, el reto principal es la ausencia de un instrumento analítico que permita a las MYPE realizar un autodiagnóstico prescriptivo de su nivel de madurez

digital. Aunque la información pública existe, aún no se ha consolidado en un modelo que articule indicadores dentro de un índice estructurado y que, además, ofrezca recomendaciones estratégicas diferenciadas. Esta carencia limita la capacidad de las empresas para reconocer sus brechas, definir prioridades de inversión y orientar sus decisiones hacia la competitividad en la economía digital.

Por lo tanto, surge la necesidad de diseñar un modelo analítico y prescriptivo que, a partir de datos abiertos y herramientas de inteligencia de negocios como Power BI, permita evaluar de manera objetiva el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Dicho modelo debe no solo diagnosticar la situación actual, sino también generar recomendaciones estratégicas que guíen la transformación digital y fortalezcan la sostenibilidad empresarial en el largo plazo.

Pregunta de investigación: ¿Cómo puede diseñarse un modelo analítico y prescriptivo basado en datos abiertos que permita evaluar el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá y generar recomendaciones estratégicas diferenciadas para su transformación digital ?

3. JUSTIFICACIÓN

Las micro y pequeñas empresas representan un pilar fundamental de la economía colombiana, ya que generan cerca del 80% del empleo y aportan aproximadamente el 40% del PIB nacional (DANE, 2024). Sin embargo, su incorporación tecnológica sigue siendo limitada: solo el 35% de las MYPE reporta uso sistemático de herramientas digitales en sus procesos, lo que restringe su competitividad en un entorno globalizado y tecnológicamente avanzado (MinTIC, 2024; CEPAL, 2023). Esta situación ha motivado políticas públicas recientes, como el CONPES 3975 (2019) y el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, que promueven la digitalización como eje estratégico para el fortalecimiento empresarial. La evidencia muestra que la innovación y el uso de herramientas digitales incrementan en promedio un 30% la productividad y mejoran la sostenibilidad empresarial en el largo plazo (BID, 2024).

En este escenario, el modelo analítico propuesto en esta investigación se orienta a evaluar el nivel de madurez digital de las MYPE en Bogotá. Al hacerlo, se generará información útil para la toma de decisiones estratégicas

en dos niveles: por parte de las empresas, que podrán identificar sus brechas y definir prioridades de inversión; y por parte de las entidades públicas, que contarán con insumos objetivos para diseñar políticas de apoyo diferenciadas según sector y nivel de madurez. De esta manera, el instrumento no solo fortalece la competitividad empresarial, sino que también contribuye a la formulación de políticas públicas más efectivas en el ámbito de la transformación digital.

La incorporación de herramientas de analítica de datos, como Power BI, constituye un valor agregado, ya que facilita la integración y visualización de información proveniente de múltiples fuentes. Esto convierte al modelo en un recurso práctico para empresarios, entidades de apoyo y responsables de políticas públicas, al permitir un diagnóstico claro y prescriptivo. De esta manera, la investigación no solo contribuye al campo académico, sino que también aporta a la construcción de estrategias que impulsen la competitividad de las MYPE en el entorno digital y fortalezcan su sostenibilidad en el largo plazo.

Además, este trabajo se justifica porque responde a vacíos identificados en la literatura: aunque existen estudios sobre transformación digital en Colombia, como los informes del MinTIC (2023) y del BID (2024), la mayoría se concentran en grandes empresas y muestran resultados asociados a la adopción de infraestructura tecnológica básica y a incrementos generales de productividad.

Sin embargo, pocos trabajos se enfocan en las micro y pequeñas empresas, y menos aún en la construcción de instrumentos analíticos que permitan un autodiagnóstico prescriptivo de su nivel de madurez digital. Este vacío limita la capacidad de las MYPE para orientar sus decisiones estratégicas con base en evidencia. La presente investigación busca cubrir este vacío mediante el diseño de un modelo analítico y prescriptivo, sustentado en datos abiertos y herramientas de inteligencia de negocios, que aporte tanto a la competitividad empresarial como al diseño de políticas públicas diferenciadas.

4. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar un modelo analítico y prescriptivo de madurez digital para evaluar el nivel de adopción tecnológica de las micro y pequeñas empresas de Bogotá mediante herramientas de inteligencia de negocios y Power BI.

Objetivos específicos

- Identificar y consolidar indicadores clave de madurez digital en las micro y pequeñas empresas de Bogotá, relacionados con infraestructura tecnológica, uso de tecnologías, comercio electrónico y pagos digitales.
- Desarrollar un modelo analítico de madurez digital en Power BI que integre, transforme y visualice información orientada al análisis de la adopción tecnológica empresarial.
- Implementar un modelo prescriptivo basado en reglas de decisión que genere recomendaciones estratégicas orientadas al fortalecimiento de los procesos de transformación digital de las MYPE.

5. ALCANCE

El presente trabajo tiene como alcance el desarrollo de un modelo analítico y prescriptivo de madurez digital para las micro y pequeñas empresas (MYPE) de Bogotá, utilizando herramientas de inteligencia de negocios y analítica de datos en Power BI.

El modelo se construye a partir de la integración de fuentes oficiales y datos abiertos, consolidando indicadores relacionados con infraestructura tecnológica, uso de tecnologías, pagos digitales y comercio electrónico. El análisis se centra en las MYPE de Bogotá, reconociendo su papel estratégico en la economía local y su necesidad de fortalecer procesos de transformación digital. Si bien el comercio minorista constituye el principal caso de estudio y punto de referencia, el modelo incorpora también información de sectores como industria y servicios, con el propósito de ofrecer una visión comparativa y multisectorial del nivel de madurez digital. Esta ampliación permite contextualizar los resultados y enriquecer las recomendaciones estratégicas, sin perder el foco en las MYPE de Bogotá.

El alcance del proyecto se limita a la construcción del índice, el análisis sectorial y la generación de recomendaciones prescriptivas. No incluye la implementación directa de estrategias digitales en las empresas ni la medición de impactos posteriores a la adopción tecnológica. En cambio, se ofrece una herramienta analítica que puede ser utilizada por empresarios, entidades de apoyo y responsables de políticas públicas para orientar procesos de transformación digital en el tejido empresarial de la ciudad.

6. ESTADO DEL ARTE

6.1 Introducción al estado del arte

La transformación digital se reconoce hoy como un elemento decisivo para la competitividad de las organizaciones. Su impacto se refleja en la productividad, la innovación y la redefinición de modelos de negocio. En países en desarrollo, como Colombia, este proceso adquiere particularidades: no basta con incorporar nuevas tecnologías, también es necesario superar limitaciones culturales, financieras y estructurales que condicionan la capacidad de

adaptación de las organizaciones. En este contexto, las micro y pequeñas empresas ocupan un lugar estratégico, pues representan cerca del 99% del tejido empresarial colombiano y generan aproximadamente el 80% del empleo nacional (DANE, 2024; MinCIT, 2026).

Aunque son las que enfrentan más barreras para avanzar en procesos de digitalización. La literatura revisada confirma que, pese a ciertos avances, las brechas siguen siendo amplias y requieren atención prioritaria.

6.2 Estudios sobre transformación digital en Colombia

Diversas investigaciones han mostrado que la digitalización avanza de manera progresiva, pero con diferencias marcadas según el tamaño empresarial.

Según el MinTIC (2024), el 72% de las empresas medianas y grandes reportan uso sistemático de herramientas digitales, mientras que en las micro y pequeñas empresas la cifra apenas alcanza el 38%. De igual forma, la Cámara de Comercio de Bogotá (2025) señala que el comercio electrónico creció un 25% en las grandes empresas, frente a un 10% en las MYPE. Estos datos evidencian que, aunque las organizaciones colombianas han incrementado el uso de tecnologías digitales en los últimos años, las micro y pequeñas empresas continúan rezagadas, lo que limita su capacidad de competir en entornos altamente digitalizados.

Evidencia sectorial de los procesos de digitalización

La adopción de tecnologías digitales ha generado transformaciones significativas en diferentes actividades económicas. Diversas investigaciones muestran que el impacto de la digitalización no depende únicamente de la incorporación de herramientas tecnológicas, sino también de la capacidad de las organizaciones para integrarlas dentro de sus procesos de gestión y operación.

En sectores orientados al servicio, la utilización de plataformas digitales ha favorecido la interacción con clientes, la ampliación de mercados y el fortalecimiento de estrategias comerciales. De acuerdo con el MinTIC (2024), el 72% de las empresas de servicios urbanos reportan uso sistemático de plataformas digitales, y la Cámara de Comercio de Bogotá (2025) señala que el comercio electrónico creció un 25% en grandes empresas frente a un 10% en las MYPE. Por otra parte, en actividades productivas, la incorporación de soluciones de automatización y gestión de datos avanza de manera desigual: mientras el 72% de las medianas y grandes empresas han

adoptado herramientas de automatización, solo el 38% de las MYPE industriales lo han hecho (MinTIC, 2024; Universidad Nacional, 2024). Estos resultados evidencian que la transformación digital constituye un fenómeno transversal que influye en distintos sectores económicos, aunque su nivel de adopción y aprovechamiento presenta diferencias importantes según las características de cada actividad empresarial tecnológicas ha contribuido a optimizar recursos, mejorar la trazabilidad de los procesos y facilitar la toma de decisiones basada en información.

La evidencia disponible permite concluir que la transformación digital constituye un fenómeno transversal que influye en distintos sectores económicos, aunque su nivel de adopción y aprovechamiento presenta diferencias importantes según las características de cada actividad empresarial.

6.3 Competitividad y transformación digital en las MYPE

Diversas investigaciones muestran que el impacto de la digitalización no depende únicamente de la incorporación de herramientas tecnológicas, sino también de la capacidad de las organizaciones para integrarlas dentro de sus procesos de gestión y operación. En Colombia, según el MinTIC (2024), el 72% de las empresas medianas y grandes reportan uso sistemático de plataformas digitales, mientras que en las micro y pequeñas empresas la cifra apenas alcanza el 38%. De igual forma, la Cámara de Comercio de Bogotá (2025) señala que el comercio electrónico creció un 25% en las grandes empresas, frente a un 10% en las MYPE. Estos datos evidencian que las organizaciones colombianas han incrementado el uso de tecnologías digitales en los últimos años, aunque las micro y pequeñas empresas continúan rezagadas frente a las medianas y grandes, lo que limita su capacidad de competir en entornos altamente digitalizados.

La literatura especializada coincide en señalar que la digitalización puede convertirse en un factor determinante para mejorar la productividad y fortalecer la competitividad empresarial.

Por ejemplo, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2024) reporta que las empresas que integran soluciones digitales en sus procesos logran incrementos promedio del 30% en productividad y reducciones del 20% en costos operativos. De igual forma, la CEPAL (2023) señala que la adopción de tecnologías digitales en América Latina ha permitido a las empresas ampliar mercados y aumentar sus ventas en un 25% en promedio. Las organizaciones que logran integrar tecnologías digitales en sus actividades cotidianas suelen presentar mayores capacidades

para responder a cambios del mercado, optimizar procesos internos y generar nuevas oportunidades de crecimiento. A pesar de ello, persisten diferencias importantes en los niveles de adopción tecnológica, lo que evidencia la necesidad de contar con mecanismos que permitan evaluar objetivamente el grado de madurez digital alcanzado por las empresas.

6.4 Evolución del comercio electrónico en el entorno empresarial

El crecimiento de los canales digitales ha transformado la manera en que las empresas desarrollan sus actividades comerciales. El comercio electrónico ha dejado de ser un mecanismo complementario para convertirse en un componente estratégico dentro de los modelos de negocio contemporáneos.

Las organizaciones que utilizan plataformas digitales para comercializar productos y servicios pueden ampliar su alcance geográfico, mejorar la experiencia de los consumidores y acceder a nuevas oportunidades de negocio. Sin embargo, la adopción de estos mecanismos continúa siendo desigual. En Colombia, apenas el 42% de las microempresas ha alcanzado niveles avanzados de transformación digital, frente al 63% de las medianas (Centro Nacional de Consultoría, 2024). De igual forma, el 43% de las pymes carece de presencia en internet, mientras que solo el 54% de las pequeñas empresas operan principalmente en línea (Endeavor, 2025; GoDaddy, 2025). Esta brecha se explica por barreras relacionadas con el acceso limitado a financiación, la falta de formación especializada, el desconocimiento de herramientas digitales, la escasez de recursos tecnológicos y una cultura empresarial que aún no se orienta plenamente hacia lo digital.

Esta situación evidencia que la disponibilidad de infraestructura tecnológica no garantiza por sí sola una participación efectiva en entornos digitales, siendo necesaria la implementación de estrategias orientadas al fortalecimiento de capacidades comerciales y tecnológicas.

6.5 Datos abiertos, inteligencia de negocios y generación de valor

La disponibilidad de datos abiertos ha ampliado las posibilidades de análisis para organizaciones públicas y privadas. Estos recursos permiten acceder a información relevante sobre fenómenos económicos, sociales y empresariales, como estadísticas de empleo, productividad sectorial, comercio electrónico, inversión en innovación, acceso a internet y uso de tecnologías digitales (MinTIC, 2025; DANE, 2025). Este tipo de información contribuye a la construcción de

conocimiento y al diseño de estrategias basadas en evidencia, además de servir como insumo para definir indicadores del índice de madurez digital, tales como nivel de conectividad, grado de adopción de herramientas digitales, inversión en capacitación tecnológica y participación en mercados digitales.

El valor de los datos abiertos aumenta cuando son integrados con herramientas de inteligencia de negocios capaces de transformar grandes volúmenes de información en indicadores comprensibles y útiles para la toma de decisiones. En este contexto, las plataformas de análisis permiten identificar tendencias, reconocer oportunidades y facilitar procesos de planeación estratégica.

No obstante, el aprovechamiento empresarial de estas fuentes de información continúa siendo limitado, especialmente en organizaciones que aún presentan bajos niveles de madurez digital.

6.6 Brechas identificadas y contribución de la investigación

La revisión documental realizada permitió identificar avances importantes en materia de transformación digital, comercio electrónico y uso de tecnologías en organizaciones de diferentes sectores. Sin embargo, también evidenció la existencia de vacíos relacionados con la evaluación específica de la madurez digital en micro y pequeñas empresas ubicadas en contextos urbanos como Bogotá. Entre los principales vacíos identificados se encuentran: la ausencia de indicadores estandarizados que permitan medir de manera homogénea el nivel de madurez digital; la escasez de estudios empíricos que analicen la adopción tecnológica en MYPE; la falta de metodologías adaptadas al contexto colombiano; y la limitada disponibilidad de datos sectoriales que reflejen con precisión las capacidades digitales de estas organizaciones. Estos vacíos justifican la necesidad de desarrollar un modelo analítico y prescriptivo que aporte herramientas para evaluar y fortalecer la madurez digital en este segmento empresarial. También, se observó una limitada integración entre fuentes de datos abiertas, modelos analíticos y herramientas de inteligencia de negocios orientadas a generar diagnósticos prácticos para la gestión empresarial. Aunque existen investigaciones enfocadas en transformación digital, pocas articulan estos elementos dentro de un mismo enfoque metodológico. Entre ellas, el estudio de la CEPAL (2023) sobre innovación digital en América Latina muestra cómo la integración de datos abiertos con analítica de negocios permite identificar brechas de conectividad y productividad. De igual forma, el Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2024) evidencia que la combinación de indicadores digitales y herramientas de

inteligencia de negocios facilita la construcción de diagnósticos sectoriales para pequeñas y medianas empresas. Finalmente, el informe del MinTIC (2025) resalta que la articulación de fuentes de datos abiertos con modelos analíticos contribuye a diseñar estrategias de transformación digital más ajustadas al contexto colombiano. Estos estudios coinciden en señalar que la integración de datos abiertos, analítica y BI fortalece la capacidad de las organizaciones para evaluar su madurez digital y orientar decisiones estratégicas.

En respuesta a esta necesidad, la presente investigación propone un modelo analítico y prescriptivo que combina indicadores de digitalización, analítica de datos y visualización interactiva para apoyar la toma de decisiones y fortalecer los procesos de transformación digital en las MYPE de Bogotá.

7. MARCO DE REFERENCIA

La presente investigación se desarrolla en el contexto de la transformación digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá, un fenómeno que ha adquirido relevancia debido al creciente impacto de las tecnologías de información sobre la competitividad empresarial. Según la CEPAL (2023), la digitalización se ha convertido en un motor de competitividad en América Latina, mientras que el BID (2024) evidencia que la transformación digital incrementa la productividad y reduce costos operativos en pequeñas y medianas empresas. En el caso colombiano, el MinTIC (2025) reporta que las microempresas presentan un menor nivel de avance en comparación con las medianas, principalmente por barreras económicas y de formación.

La incorporación de herramientas digitales ha modificado la manera en que las organizaciones gestionan sus procesos internos, interactúan con clientes y generan valor en entornos caracterizados por una alta dinámica tecnológica. La Cámara de Comercio de Bogotá (2025) identifica que las MYPE locales aún presentan rezagos en comercio electrónico y en el uso de herramientas de gestión digital, lo que limita su competitividad. De manera complementaria, la OECD (2024) resalta que la capacidad de las pymes para adoptar soluciones digitales es un factor diferenciador en eficiencia y sostenibilidad, aunque advierte que la brecha tecnológica sigue siendo amplia.

Dentro de este escenario surge el concepto de madurez digital, entendido como el grado de

desarrollo alcanzado por una organización en la adopción y aprovechamiento de tecnologías digitales. Westerman, Bonnet y McAfee (2014) plantean que medir este nivel permite identificar fortalezas, oportunidades de mejora y prioridades de inversión tecnológica, aportando un marco conceptual que sustenta la necesidad de evaluar la madurez digital en las MYPE de Bogotá. De manera complementaria, el uso de datos abiertos y herramientas de inteligencia de negocios ofrece nuevas posibilidades para analizar el comportamiento empresarial y generar diagnósticos basados en evidencia. La combinación de estas fuentes con plataformas analíticas facilita la construcción de indicadores que apoyan la formulación de estrategias de transformación digital.

Bajo esta perspectiva, el estudio propone un modelo analítico y prescriptivo orientado a evaluar la madurez digital de las MYPE de Bogotá mediante indicadores cuantificables y mecanismos de visualización interactiva que contribuyan a la toma de decisiones.

8. MARCO TEÓRICO

8.1 Transformación digital

La transformación digital representa un proceso de cambio organizacional impulsado por la incorporación estratégica de tecnologías digitales en las actividades empresariales. Su alcance va más allá de la adopción de herramientas tecnológicas, ya que implica la revisión de procesos, la adaptación de la cultura organizacional y la redefinición de modelos de negocio para responder a entornos cada vez más dinámicos y competitivos.

En la actualidad, las organizaciones utilizan tecnologías digitales para optimizar operaciones, mejorar la relación con los clientes y fortalecer la toma de decisiones basada en información. Este proceso favorece la innovación y permite generar nuevas formas de crear valor, incrementando la capacidad de adaptación frente a cambios del mercado.

Diversos autores coinciden en que la transformación digital constituye un proceso de cambio organizacional impulsado por la incorporación estratégica de tecnologías digitales en las actividades empresariales. Westerman, Bonnet y McAfee (2014) destacan que este proceso implica revisar procesos internos y redefinir modelos de negocio para responder a entornos dinámicos. De manera complementaria, Vial (2019) plantea que la transformación digital requiere adaptar la cultura organizacional y fomentar la innovación como eje central. Por su parte, Bharadwaj et al.

(2013) sostienen que la integración de tecnologías digitales fortalece la toma de decisiones basada en información y genera ventajas competitivas sostenibles.

8.2 Transformación digital en Colombia

En Colombia, la digitalización empresarial se ha consolidado como una prioridad para mejorar la competitividad y fortalecer el crecimiento económico. Durante los últimos años, diferentes iniciativas gubernamentales han promovido el acceso a tecnologías digitales, la conectividad y el desarrollo de capacidades tecnológicas en las organizaciones (MinTIC, 2025; CEPAL, 2023).

A pesar de estos avances, la adopción tecnológica continúa presentando diferencias significativas entre empresas de distintos tamaños y sectores económicos. Mientras algunas organizaciones han logrado integrar soluciones digitales en sus procesos estratégicos como el comercio electrónico, la analítica de datos y la automatización de operaciones otras mantienen niveles limitados de digitalización debido a restricciones presupuestales, dificultades de acceso a tecnología especializada o falta de personal capacitado (BID, 2024; Cámara de Comercio de Bogotá, 2025). Estas brechas no solo reflejan desigualdad en el acceso a recursos, sino también la necesidad de políticas diferenciadas que atiendan las particularidades de cada sector productivo.

Este escenario evidencia la necesidad de contar con mecanismos que permitan evaluar el grado de adopción tecnológica y orientar acciones de mejora. En consecuencia, la medición de la madurez digital se convierte en una herramienta estratégica para identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de transformación en el tejido empresarial colombiano, aportando insumos para la formulación de políticas públicas y la toma de decisiones empresariales.

8.3 Micro y pequeñas empresas (MYPE) y competitividad

Las micro y pequeñas empresas desempeñan un papel fundamental dentro de la economía nacional debido a su aporte en la generación de empleo, la dinamización de los mercados locales y el fortalecimiento de las actividades productivas (Confecámaras, 2023; ONU, 2021). Sin embargo, este tipo de organizaciones enfrenta desafíos importantes relacionados con la incorporación de tecnologías digitales y la modernización de sus procesos (Cámara de Comercio de Bogotá, 2025). La limitada disponibilidad de recursos financieros, la baja inversión en innovación y las

dificultades para acceder a soluciones tecnológicas suelen afectar su capacidad competitiva (BID, 2024). Como resultado, muchas empresas presentan retrasos en la adopción de herramientas digitales que podrían mejorar su eficiencia operativa y ampliar sus oportunidades de crecimiento (CEPAL, 2023).

En un entorno empresarial caracterizado por la rápida evolución tecnológica, la competitividad depende cada vez más de la capacidad para gestionar información, automatizar procesos y aprovechar canales digitales. Por esta razón, fortalecer las competencias digitales de las MYPE constituye un factor clave para garantizar su sostenibilidad y permanencia en el mercado (OECD, 2024; MinTIC, 2025).

8.4 Comercio electrónico y pagos digitales

El comercio electrónico se ha convertido en uno de los principales impulsores de la transformación digital empresarial. Su crecimiento ha permitido que las organizaciones amplíen su cobertura comercial, diversifiquen sus canales de venta y establezcan relaciones más directas con los consumidores (OECD, 2024; CEPAL, 2023). La incorporación de plataformas digitales facilita la comercialización de bienes y servicios sin las limitaciones geográficas de los modelos tradicionales. Asimismo, proporciona información valiosa sobre el comportamiento de los clientes, permitiendo diseñar estrategias más efectivas para la gestión comercial (BID, 2024).

De manera complementaria, los pagos digitales han adquirido relevancia como mecanismo para agilizar las transacciones y mejorar la experiencia del usuario. La implementación de medios electrónicos de pago y sistemas de facturación digital contribuye a optimizar los procesos administrativos, fortalecer la trazabilidad de las operaciones y promover mayores niveles de formalización empresarial (MinTIC, 2025; Cámara de Comercio de Bogotá, 2025).

8.5 Datos abiertos y toma de decisiones

Los datos abiertos constituyen una fuente de información que puede ser utilizada libremente para actividades de análisis, investigación y generación de conocimiento. Su disponibilidad ha favorecido el desarrollo de iniciativas orientadas a mejorar la transparencia, promover la innovación y apoyar procesos de toma de decisiones en distintos sectores.

En el ámbito empresarial, los datos abiertos representan una oportunidad para complementar la

información interna de las organizaciones y obtener una visión más amplia de su entorno. A partir de estos recursos es posible identificar tendencias, evaluar condiciones del mercado y generar indicadores útiles para la formulación de estrategias.

El aprovechamiento de estos conjuntos de datos adquiere mayor valor cuando se combina con herramientas de inteligencia de negocios y analítica de datos. Estas soluciones permiten transformar grandes volúmenes de información en conocimiento útil, facilitando la interpretación de resultados y la definición de acciones orientadas al fortalecimiento de la competitividad empresarial.

8.6 Analítica de datos y Power BI

La creciente disponibilidad de información ha convertido a la analítica de datos en una capacidad estratégica para las organizaciones. Su finalidad consiste en transformar datos dispersos en información útil que facilite la comprensión de fenómenos empresariales y respalde la formulación de decisiones fundamentadas.

Mediante técnicas de análisis es posible identificar comportamientos, detectar oportunidades de mejora y evaluar el desempeño de diferentes procesos organizacionales. Este enfoque permite reducir la incertidumbre en la gestión empresarial y fortalecer la capacidad de respuesta frente a cambios del entorno.

Dentro de las herramientas utilizadas para este propósito, Power BI se destaca por su capacidad para integrar información procedente de múltiples fuentes, estructurar modelos de datos y presentar resultados mediante visualizaciones interactivas. Estas funcionalidades facilitan la exploración de indicadores y permiten que usuarios con distintos niveles de conocimiento técnico interpreten la información de manera sencilla.

Para las micro y pequeñas empresas, el uso de soluciones de inteligencia de negocios representa una alternativa para aprovechar mejor los datos disponibles y convertirlos en un recurso de valor estratégico. En este sentido, Power BI contribuye a fortalecer los procesos de monitoreo, seguimiento y evaluación, proporcionando una visión más clara sobre el estado de la organización y sus oportunidades de crecimiento.

9. METODOLOGÍA

La metodología empleada en esta investigación se diseñó con el propósito de garantizar rigor analítico y pertinencia práctica en la construcción del modelo de madurez digital. Se adoptó un enfoque cuantitativo y descriptivo, complementado con técnicas de inteligencia de negocios y analítica de datos, lo que permitió integrar múltiples fuentes de información y transformarlas en indicadores estratégicos.

El proceso metodológico se estructuró en varias etapas: primero, la selección y depuración de datos provenientes de fuentes oficiales y registros empresariales como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y el portal de Datos Abiertos de Colombia. Posteriormente, la construcción del Índice de Madurez Digital (IMD) mediante la definición de dimensiones clave y la aplicación de ponderaciones; y finalmente, el diseño del modelo prescriptivo, orientado a generar recomendaciones estratégicas diferenciadas según el nivel de madurez digital identificado. Para la implementación técnica se utilizó Power BI, herramienta que facilitó la integración, modelado y visualización de la información en 5 dashboards interactivos. Esto permitió no solo consolidar los resultados del índice, sino también ofrecer una plataforma dinámica para el análisis sectorial y la exploración de escenarios de transformación digital.

En síntesis, la metodología combina un enfoque académico riguroso con una aplicación práctica, asegurando que los resultados obtenidos sean útiles tanto para la investigación como para la toma de decisiones empresariales y el diseño de políticas públicas orientadas al fortalecimiento del ecosistema digital.

9.1 Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló desde una perspectiva cuantitativa debido a que el objetivo principal consiste en medir y analizar el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá a partir de indicadores verificables. Este enfoque permitió trabajar con datos estructurados procedentes de fuentes institucionales y transformarlos en métricas capaces de reflejar el grado de adopción tecnológica empresarial.

La utilización de herramientas analíticas facilitó la evaluación objetiva de los diferentes componentes asociados con la digitalización, permitiendo identificar patrones, comparar comportamientos sectoriales y generar resultados sustentados en evidencia empírica.

9.2 Tipo y alcance de la investigación

El estudio posee un carácter aplicado, ya que busca generar una solución práctica orientada a apoyar procesos de diagnóstico y fortalecimiento digital en las micro y pequeñas empresas. Más allá de describir una situación específica, la investigación propone un modelo que puede servir como instrumento de apoyo para la toma de decisiones empresariales y la formulación de estrategias de modernización tecnológica.

Desde la perspectiva de alcance, la investigación se orienta al análisis descriptivo y correlacional de las condiciones de digitalización presentes en las MYPE de Bogotá, considerando variables relacionadas con infraestructura tecnológica, adopción de herramientas digitales, comercio electrónico y mecanismos electrónicos de pago. Adicionalmente, el estudio incorpora un componente prescriptivo que permite proponer indicadores de madurez digital y visualizar resultados mediante herramientas de inteligencia de negocios, con el fin de ofrecer lineamientos estratégicos para la transformación digital en este segmento empresarial.

9.3 Diseño de la investigación

Se adoptó un diseño no experimental y transversal, en el cual se analizaron datos disponibles en un momento específico. La integración de múltiples fuentes permitió construir un índice de madurez digital y aplicar un motor prescriptivo que orienta la toma de decisiones.

9.4 Fuentes de información

La investigación se sustenta en fuentes secundarias oficiales, lo que asegura la confiabilidad y validez de los datos empleados. Entre las principales instituciones consultadas se encuentran: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), Portal de Datos Abiertos de Colombia, Registros empresariales (RUES). Estas fuentes aportaron información sobre conectividad, uso de tecnologías, comercio electrónico y pagos digitales. La selección de fuentes respondió a criterios de confiabilidad, actualidad y pertinencia para el contexto empresarial bogotano.

9.5 Población y unidad de análisis

La investigación tomó como referencia las micro y pequeñas empresas registradas en Bogotá, considerando organizaciones pertenecientes a actividades económicas relacionadas con comercio, industria y servicios.

Según datos de Confecámaras (2023) y la Cámara de Comercio de Bogotá (2025), en la ciudad existen aproximadamente 450.000 micro y pequeñas empresas formalmente registradas, de las cuales cerca del 90% corresponden al sector comercio y servicios, y el restante 10% a actividades industriales. Estos sectores fueron seleccionados debido a su relevancia dentro de la estructura empresarial de la ciudad y a su participación en procesos de adopción tecnológica.

La unidad de análisis corresponde a las empresas representadas mediante los indicadores recopilados en las fuentes consultadas. A partir de dichos indicadores fue posible establecer niveles comparables de madurez digital y generar diagnósticos orientados a identificar fortalezas y oportunidades de mejora en cada sector económico.

9.6 Variables e indicadores

Para la construcción del modelo analítico se definieron cuatro dimensiones estratégicas, cada una asociada a indicadores que permiten evaluar el nivel de digitalización de las MYPE:

Infraestructura tecnológica (IT): disponibilidad de acceso a internet y equipos de cómputo adecuados para las operaciones empresariales.

Uso de tecnologías (UT): implementación de software de gestión empresarial y utilización de sistemas de información en los procesos internos.

Comercio electrónico (CE): participación en ventas en línea y presencia activa en plataformas digitales que faciliten la interacción con clientes.

Pagos digitales (PD): adopción de medios electrónicos de pago y uso de facturación digital como parte de la gestión administrativa.

Estas dimensiones se convierten en variables que, al ser transformadas en indicadores, permiten medir de manera objetiva el grado de avance de las empresas en su proceso de digitalización. El conjunto de indicadores constituye la base para calcular el índice de madurez digital y, posteriormente, generar diagnósticos prescriptivos que orienten la toma de decisiones estratégicas.

9.7 Integración y tratamiento de datos

La construcción del modelo de madurez digital requirió consolidar información proveniente de diferentes fuentes oficiales y registros empresariales, entre ellas Confecámaras, Cámara de Comercio de Bogotá y MinTIC. Debido a la diversidad de formatos, estructuras y niveles de detalle

de los datos recopilados, fue necesario desarrollar un proceso de integración que permitiera unificar la información bajo criterios comunes de análisis. Para lograrlo, se emplearon variables de referencia compartidas, tales como la clasificación económica de las actividades empresariales (CIIU) y los códigos de identificación sectorial. Estas variables funcionaron como llaves de enlace que facilitaron la vinculación de los distintos conjuntos de datos y permitió conformar una base analítica consistente para evaluar el nivel de digitalización de las micro y pequeñas empresas de Bogotá.

El tratamiento de los datos se desarrolló en varias etapas complementarias:

- Validación de calidad: identificación y eliminación de registros duplicados, corrección de inconsistencias y revisión de valores atípicos.
- Normalización de formatos: homogenización de fechas, unidades de medida y categorías para asegurar uniformidad en la base de datos.
- Estandarización de variables: ajuste de indicadores de distinta naturaleza (financieros, tecnológicos, comerciales) a una escala común, lo que permitió compararlos y calcular el Índice de Madurez Digital.

La implementación técnica se realizó mediante Power BI, plataforma que permitió integrar, transformar y modelar la información proveniente de las distintas fuentes consultadas. Adicionalmente, la herramienta facilitó la elaboración de visualizaciones dinámicas que apoyaron la interpretación de resultados y la identificación de patrones relevantes asociados con la adopción tecnológica en las MYPE.

Como resultado de este proceso, se obtuvo una base de datos consolidada que sirvió como fundamento para el cálculo de indicadores, la generación de diagnósticos y la formulación de recomendaciones orientadas al fortalecimiento de la transformación digital empresarial.

9.7.1 Arquitectura de datos y proceso ETL

La arquitectura de datos diseñada para esta investigación tuvo como finalidad garantizar una organización eficiente de la información y facilitar el análisis multidimensional de los indicadores asociados a la madurez digital. Para ello, se definió una estructura orientada a optimizar la consulta, el procesamiento y la visualización de los datos dentro del entorno analítico implementado.

El modelo se construyó a partir de una tabla central que almacena los indicadores principales y de

un conjunto de tablas complementarias que contienen información descriptiva relacionada con empresas, sectores económicos, periodos de análisis y fuentes de información. Esta organización

permitió establecer relaciones coherentes entre los distintos elementos del modelo y mejorar el rendimiento de las consultas analíticas.

Cuando fue necesario relacionar entidades con múltiples asociaciones, se implementaron mecanismos de vinculación que evitaron la duplicación de registros y garantizaron la consistencia de la información. De igual manera, se incorporaron identificadores internos para facilitar la administración de las relaciones entre tablas y fortalecer la integridad de los datos.

El proceso ETL se desarrolló mediante tres etapas fundamentales. La primera correspondió a la extracción de información desde fuentes oficiales y repositorios de acceso público previamente seleccionados por su relevancia y confiabilidad. Posteriormente, se ejecutó la fase de transformación, en la cual los datos fueron depurados, organizados y adaptados a los requerimientos analíticos definidos para el estudio. Finalmente, la etapa de carga permitió incorporar la información procesada al entorno de análisis implementado en Power BI.

Durante estas actividades se aplicaron controles orientados a verificar la calidad de los datos, incluyendo revisiones de consistencia, validación de formatos y seguimiento de las transformaciones realizadas. Estas verificaciones contribuyeron a garantizar la trazabilidad del proceso y facilitaron la reproducibilidad de la investigación.

La estructura implementada proporcionó una base sólida para el análisis de la información, permitiendo realizar comparaciones por sectores económicos, periodos de tiempo y niveles de madurez digital. Asimismo, favoreció la construcción de tableros interactivos capaces de apoyar la exploración de resultados y la generación de conocimiento útil para la toma de decisiones.

El diagrama ilustra un modelo de datos en Power BI con las siguientes tablas y relaciones:

- Calendario**: Año, Año_Key, Date, Mes, Mes_Nombre, Trimestre.
- Micro Empresa**: Año, INSCRIPCIÓN MES.
- Proceso**: Año, Proceso, Proporción, Sector, Subsector, Unidades.
- Producción TIC**: Actividad, Año, Año_Num, Categoría actividad, Estado, ID actividad, ID producto.
- Cuenta prod y gen ingr...**: Actividad TIC, Año, Año_Num, Concepto, Cuenta, Estado, ID Actividad.
- Pequeña Empresa**: Año, INSCRIPCIÓN, Mes.
- Balance O-U**: Año, Componente, Concepto, Estado, ID producto, Producto.
- Matriz trabajo**: Actividades TIC, Año, Año_Num, Estado, Horas anuales trabajadas (millones), Horas semanales trabajadas, ID Actividad, Puestos de trabajo - Demanda.
- Fact_Matriculas**: Año, INSCRIPCIÓN, Mes, TipoEmpresa.
- Dimensiones_IMD**: Dimensión, Orden, Peso.
- industria y comercio**: ÁreaTIC_bin, ÁreaTIC_Sino, CIU, Datafono_bin, Datafono_Sino, FacturacionElec_Sino, FacturacElec_bin, ID, I2R1C1.

Las relaciones se establecen mediante líneas con cardinalidades como 1:1, 1:M o M:N, indicando cómo los datos de diferentes fuentes se integran para el análisis.

La Figura 6 presenta el modelo estrella implementado en Power BI, el cual constituye la base estructural para el cálculo del Índice de Madurez Digital. Este modelo organiza la información en una tabla de hechos (Fact_Matriculados) vinculada con dimensiones como Calendario, Empresa, Sector, Concepto y Dimensiones_IMD, lo que permite consolidar indicadores y realizar análisis comparativos entre sectores económicos.

9.8 Construcción del índice de madurez digital

Facultad de Ingeniería Industrial – USTA Bogotá

diseño se definieron cuatro dimensiones estratégicas: infraestructura tecnológica (IT), uso de tecnologías (UT), comercio electrónico (CE) y pagos digitales (PD).

Cada dimensión se compone de indicadores obtenidos en fuentes oficiales, como MinTIC (2025), CEPAL (2023), BID (2024) y Cámara de Comercio de Bogotá (2025). Estos indicadores fueron normalizados en una escala común de 0 a 1 mediante la técnica min-max, lo que garantizó la comparabilidad entre variables heterogéneas. La notación empleada en las fórmulas corresponde a valores previamente estandarizados y no a operaciones de potencia; por ello, se utiliza la notación en subíndice como estándar académico.

Durante el proceso se presentaron dificultades relacionadas con la heterogeneidad de las fuentes: algunos registros carecían de información completa, otros presentaban valores atípicos y en ciertos casos fue necesario ajustar categorías para lograr consistencia. Estas limitaciones se resolvieron mediante depuración, corrección de inconsistencias y estandarización de formatos, siguiendo lineamientos metodológicos recomendados por la OECD (2024) para la construcción de índices compuestos.

La fórmula general del índice se expresa como:

$$IMD=(IT\times0.30)+(UT\times0.25)+(CE\times0.25)+(PD\times0.20)$$

Donde:

IT (30%): acceso a internet, disponibilidad de equipos y presencia web. UT (25%): adopción de software empresarial y sistemas de información. CE (25%): ventas en línea y participación en plataformas digitales.

PD (20%): uso de pagos electrónicos y facturación digital.

Los pesos asignados a cada dimensión se definieron con base en la revisión documental y en criterios de relevancia estratégica, considerando estudios previos sobre madurez digital en pymes (Westerman, Bonnet & McAfee, 2014; Vial, 2019). Se otorgó mayor peso a la infraestructura tecnológica (30%) por su carácter habilitador, mientras que el uso de tecnologías y el comercio

electrónico recibieron un 25% cada uno por su impacto directo en la gestión empresarial. Los pagos digitales se ponderaron al ser un componente complementario en la formalización y eficiencia de las transacciones. Cada dimensión se calcula como el promedio ponderado de sus indicadores, lo que asegura que las variables más relevantes tengan mayor influencia en el resultado final y que el IMD se convierta en un instrumento confiable para el diagnóstico de la transformación digital en las MYPE de Bogotá.

Ejemplo numérico aplicado

Para ilustrar el procedimiento de cálculo del Índice de Madurez Digital (IMD), se presenta un caso hipotético con valores previamente normalizados en una escala de 0 a 1 mediante la técnica min-max. Estos valores representan indicadores de cada dimensión:

- Infraestructura tecnológica (IT): Internet = 0.80, Equipos = 0.60, Presencia web = 0.30
- Uso de tecnologías (UT): Software = 0.40, Sistemas = 0.50
- Comercio electrónico (CE): Ventas online = 0.20, Plataformas = 0.25
- Pagos digitales (PD): Pagos electrónicos = 0.35, Facturación = 0.45

Cálculo de dimensiones (promedio de indicadores en cada categoría):

- $IT = (0.80 + 0.60 + 0.30) / 3 = 0.57$
- $UT = (0.40 + 0.50) / 2 = 0.45$
- $CE = (0.20 + 0.25) / 2 = 0.225$
- $PD = (0.35 + 0.45) / 2 = 0.40$

Cálculo del IMD (aplicando los pesos definidos):

$$IMD = (0.57 \times 0.30) + (0.45 \times 0.25) + (0.225 \times 0.25) + (0.40 \times 0.20) = 0.41975 \approx 0.42$$

El resultado obtenido (0.42) ubica a la empresa en un nivel medio de madurez digital, lo que refleja un avance parcial en la adopción tecnológica. Sin embargo, también evidencia oportunidades de

mejora en comercio electrónico y presencia digital, áreas que requieren mayor inversión y fortalecimiento para alcanzar niveles superiores de integración tecnológica.

9.8.2 Tratamiento de datos faltantes o no aplicables

En aquellos casos en que un indicador no resulta aplicable (por ejemplo, la ausencia de página web en una empresa), se asigna un valor de 0, lo que refleja la falta de adopción digital en ese aspecto. Cuando el dato está incompleto o ausente en la fuente, se procede a excluir dicho indicador del cálculo y los pesos de los restantes se redistribuyen proporcionalmente, de manera que la suma total continúe siendo equivalente a 1. Este reajuste proporcional asegura que cada dimensión conserve su relevancia relativa sin que la ausencia de un dato puntual distorsione el resultado.

Este procedimiento metodológico garantiza la coherencia del índice y evita sesgos en la construcción del IMD, asegurando que los resultados reflejen de manera objetiva la situación de cada empresa sin alterar la validez del análisis.

9.8.3 Motor de reglas prescriptivo

El motor de reglas prescriptivo constituye el componente metodológico que transforma el diagnóstico del Índice de Madurez Digital (IMD) en recomendaciones estratégicas diferenciadas para cada empresa. Su propósito es convertir los resultados cuantitativos en orientaciones prácticas que permitan a las MYPE avanzar en su proceso de transformación digital.

El diseño del motor se fundamenta en un conjunto de reglas condicionales que relacionan los niveles de madurez digital (bajo, medio y alto) con acciones específicas de mejora. Estas reglas se estructuran en función de las cuatro dimensiones del índice: infraestructura tecnológica, uso de tecnologías, comercio electrónico y pagos digitales.

- Nivel bajo: Se recomiendan acciones básicas de incorporación tecnológica, como garantizar acceso estable a internet, adquirir equipos adecuados y promover la capacitación inicial en herramientas digitales.
- Nivel medio: Se sugieren estrategias de consolidación, tales como la implementación de software empresarial, el fortalecimiento de la presencia digital y la integración de canales de venta en línea.
- Nivel alto: Se orienta hacia la optimización y sofisticación de procesos, incluyendo el uso de analítica avanzada, la automatización de operaciones y la diversificación de medios de pago electrónicos.

La clasificación en niveles bajo, medio y alto se realiza conforme a la escala de madurez digital definida en el apartado 9.8.2 del marco metodológico. La definición de estas reglas se fundamenta en la literatura sobre transformación digital en MYPE y en marcos de referencia internacionales (Westerman et al., 2014; Vial, 2019; OECD, 2020; CEPAL, 2021), que coinciden en señalar que las empresas en niveles bajos requieren acciones básicas de adopción tecnológica, las de nivel medio consolidación de procesos digitales, y las de nivel alto optimización mediante analítica y automatización.

El motor se implementó en Power BI mediante la creación de tablas de apoyo y expresiones DAX, que permiten asignar automáticamente recomendaciones según el resultado obtenido en cada dimensión. De esta manera, el sistema no solo diagnostica el nivel de madurez digital, sino que también ofrece un conjunto de acciones prescriptivas adaptadas al perfil de cada empresa.

Si bien las recomendaciones se generan de manera automática según el nivel de madurez digital, el modelo reconoce diferencias entre sectores y tamaños empresariales a través de la parametrización de las dimensiones del índice. De esta forma, las acciones prescriptivas se ajustan considerando la naturaleza de cada MYPE, apoyándose en referentes técnicos y estudios sectoriales (OECD, 2020; CEPAL, 2021; BID, 2022) que validan la pertinencia de los supuestos.

Este enfoque aporta un valor agregado al modelo, ya que convierte el análisis en una herramienta práctica para la toma de decisiones. Los empresarios pueden identificar con claridad las áreas críticas de mejora y priorizar inversiones, mientras que las entidades de apoyo y responsables de políticas públicas obtienen insumos concretos para diseñar programas de fortalecimiento digital. En síntesis, el motor de reglas prescriptivo asegura que el índice no se limite a medir la situación actual, sino que se convierta en un instrumento orientador de la transformación digital, capaz de guiar a las MYPE hacia niveles superiores de competitividad y sostenibilidad.

Cabe señalar que el motor prescriptivo contempla la situación en la que un indicador no dispone de información o no resulta aplicable. En estos casos, se procede a excluir dicho indicador y a redistribuir proporcionalmente los pesos de los restantes, garantizando que la suma continúe siendo equivalente a 1. Este procedimiento es coherente con metodologías de índices internacionales (PNUD, 2024; OECD, 2023; BID, 2024), donde la ausencia de datos se maneja mediante

normalización y ajuste proporcional para evitar sesgos. De esta manera, las recomendaciones estratégicas derivadas del motor mantienen validez y comparabilidad, reflejando de manera objetiva la situación de cada empresa sin distorsionar el análisis por datos faltantes.

Asimismo, se aclara que, aunque dos empresas de diferente tamaño o sector puedan obtener la misma puntuación en el Índice de Madurez Digital, las recomendaciones estratégicas no son idénticas. El motor prescriptivo incorpora reglas de parametrización que ajustan las acciones sugeridas según la naturaleza de cada empresa. De esta manera, una microempresa de comercio y una pequeña empresa industrial con IMD bajo recibirán orientaciones diferenciadas: la primera enfocada en presencia digital básica y medios de pago electrónicos, y la segunda en fortalecimiento de infraestructura tecnológica y procesos internos. Este enfoque asegura que las estrategias sean coherentes y pertinentes, evitando generalizaciones y manteniendo la validez metodológica del modelo (OECD, 2020; CEPAL, 2021; BID, 2022).

Tabla 1. Motor de reglas prescriptivo para el índice de madurez digital

Nivel de madurez		Características	Recomendaciones estratégicas
Bajo	0–39	Baja adopción de tecnologías digitales. Conectividad limitada, escasa presencia en internet y mínima integración de herramientas digitales.	- Invertir en infraestructura tecnológica básica. - Crear página web y presencia en redes sociales. - Incorporar medios de pago electrónicos básicos.
Medio	40–69	Adopción parcial de tecnologías digitales. Uso inicial de software empresarial y canales digitales, con limitaciones en integración y alcance.	- Ampliar el uso de software empresarial. - Fortalecer el comercio electrónico mediante tiendas en línea. - Implementar facturación electrónica y banca digital.

Alta integración de herramientas

		digitales. Empresas con	- Optimizar procesos con analítica de
Alto	70–100	conectividad robusta, presencia	datos. - Consolidar estrategias
		consolidada en entornos digitales omnicanal.	- Explorar soluciones
		y uso avanzado de tecnologías.	fintech y tecnologías emergentes.

Fuente: Elaboración propia (2026).

La matriz constituye el núcleo del motor de reglas prescriptivo, al permitir que el índice de madurez digital se convierta en un instrumento de gestión estratégica para las micro y pequeñas empresas.

9.9 Técnicas de análisis

El tratamiento de la información se realizó mediante un enfoque analítico orientado a transformar datos dispersos en información útil para evaluar el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Para ello, se desarrolló una estructura de análisis que permitió relacionar diferentes variables asociadas con infraestructura tecnológica, adopción de herramientas digitales, comercio electrónico y mecanismos de pago electrónico.

Una vez consolidada la información, se aplicaron procedimientos de organización y modelado que facilitaron la exploración de los datos desde distintas perspectivas. Esta estructura permitió identificar comportamientos, realizar comparaciones entre sectores económicos y examinar variaciones asociadas con las dimensiones consideradas en el estudio.

Posteriormente, se construyeron indicadores derivados que permitieron sintetizar la información en métricas comparables. Estas medidas facilitaron la interpretación de los resultados y contribuyeron a la elaboración del Índice de Madurez Digital propuesto en la investigación.

Para ello se aplicó un proceso de normalización min–max, que transformó los valores originales de cada variable en una escala común de 0 a 1. El supuesto metodológico central es que un valor de 0 representa ausencia o nivel mínimo de digitalización, mientras que un valor de 1 corresponde al nivel máximo observado en la muestra o en las fuentes oficiales. Este procedimiento asegura que indicadores heterogéneos (por ejemplo, porcentaje de adopción tecnológica frente a número de equipos disponibles) puedan ser comparados en una misma escala.

Una vez normalizados, los indicadores se agruparon en dimensiones estratégicas (infraestructura tecnológica, uso de tecnologías, comercio electrónico y pagos digitales) y se calcularon como

promedios ponderados. Las ponderaciones se definieron con base en referentes internacionales y políticas públicas (OCDE, 2023; MinTIC, 2024; BID, 2024), lo que garantiza que cada dimensión refleje de manera proporcional la relevancia de sus variables.

En síntesis, los indicadores derivados se construyeron bajo dos supuestos metodológicos: (I) la comparabilidad se logra mediante normalización en una escala estándar, y (II) la importancia relativa de cada variable se expresa a través de ponderaciones justificadas en la literatura. Estos supuestos permiten que el Índice de Madurez Digital sea consistente, transparente y replicable en distintos contextos empresariales.

9.10 Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo principios éticos que garantizan transparencia y responsabilidad en el manejo de la información. Al fundamentarse en datos abiertos y fuentes oficiales, se evitó el uso de registros sensibles o privados que pudieran comprometer la confidencialidad de las empresas analizadas.

Se documentaron todas las etapas de integración y análisis de datos, lo que asegura la trazabilidad del proceso y permite su verificación por otros investigadores. De esta manera, se garantiza la reproducibilidad y la claridad metodológica.

El tratamiento de la información se realizó con criterios de objetividad, evitando interpretaciones sesgadas y limitando las conclusiones a lo que los datos evidencian.

Asimismo, se reconoció el carácter público de los datos abiertos, utilizándolos con fines académicos y como insumo para fortalecer las capacidades digitales de las MYPE.

Finalmente, se adoptó un enfoque de ética aplicada a la investigación tecnológica, procurando que las recomendaciones prescriptivas favorezcan la equidad y la sostenibilidad en los procesos de transformación digital de las micro y pequeñas empresas.

La validez de la herramienta se garantizó mediante un proceso de verificación metodológica y técnica: (I) las fórmulas y ponderaciones utilizadas en el Índice de Madurez Digital fueron contrastadas con referentes internacionales (OCDE, 2023; BID, 2024; MinTIC, 2023), (II) se realizaron pruebas de consistencia en Power BI para asegurar que los resultados fueran reproducibles y coherentes, y (III) se documentó cada etapa de integración y transformación de datos, lo que permite su revisión y replicación por otros investigadores.

Desde el punto de vista ético, se tuvieron en cuenta tres componentes fundamentales:

- **Transparencia:** todas las reglas prescriptivas se derivan de datos abiertos y metodologías explícitas, evitando recomendaciones basadas en juicios subjetivos.
- **Responsabilidad:** las prescripciones se limitan a sugerencias estratégicas generales, sin imponer decisiones específicas que pudieran comprometer la autonomía empresarial.
- **Equidad y pertinencia:** las recomendaciones se ajustan según sector y tamaño empresarial, evitando generalizaciones que pudieran favorecer a unos grupos sobre otros.

De esta manera, el modelo asegura que lo que prescribe sea adecuado para cada empresa, manteniendo un equilibrio entre rigor metodológico y responsabilidad ética en la generación de orientaciones estratégicas.

10. RESULTADOS Y ANÁLISIS

10.1 Construcción del dashboard analítico

Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación, se desarrolló un entorno analítico interactivo que integra los principales indicadores relacionados con la madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá.

La construcción de este entorno requirió la consolidación de información procedente de diversas fuentes institucionales, seguida de procesos de organización y preparación orientados a garantizar la consistencia de los datos utilizados en el análisis. Esta etapa permitió disponer de una estructura unificada que sirvió como base para la generación de indicadores y visualizaciones.

Posteriormente, se diseñó un conjunto de vistas analíticas (páginas del tablero en Power BI) destinadas a examinar diferentes dimensiones de la digitalización empresarial. Estas vistas permiten explorar el comportamiento de los indicadores desde perspectivas sectoriales, temporales y operativas, favoreciendo una comprensión más amplia del fenómeno estudiado.

El tablero incorpora elementos interactivos que facilitan la consulta de información específica según los intereses del usuario. Gracias a esta funcionalidad, es posible examinar resultados particulares, identificar diferencias entre grupos de empresas y profundizar en aspectos concretos relacionados con el proceso de transformación digital.

Asimismo, la estructura desarrollada permite incorporar nuevas variables e indicadores en futuras actualizaciones, favoreciendo la evolución del modelo y ampliando sus posibilidades de aplicación en escenarios de análisis posteriores.

10.2 Diagnóstico del Índice de Madurez Digital

Se construyó el Índice de Madurez Digital (IMD) a partir de la integración y procesamiento de los indicadores seleccionados, para medir el nivel de adopción tecnológica en las micro y pequeñas empresas de Bogotá en los sectores de comercio, industria y servicios.

El índice se estructuró en cuatro dimensiones clave:

- Infraestructura tecnológica (IT)
- Uso de tecnologías (UT)
- Pagos digitales (PD)
- Comercio electrónico (CE)

El cálculo se realizó mediante una agregación ponderada de dichas dimensiones, siguiendo la fórmula:

$$\text{IMD} = (\text{IT} \times 0.30) + (\text{UT} \times 0.25) + (\text{CE} \times 0.25) + (\text{PD} \times 0.20)$$

Donde:

- IT (30%): acceso a internet, disponibilidad de equipos y presencia web.
- UT (25%): adopción de software empresarial y sistemas de información.
- PD (20%): uso de pagos electrónicos y facturación digital.
- CE (25%): ventas en línea y participación en plataformas digitales.

Para interpretar los resultados se definieron tres niveles de clasificación:

- Bajo: 0 – 39
- Medio: 40 – 69
- Alto: 70 – 100

El estudio reflejó un puntaje de 59,52 sobre 100, lo que ubica a las micro y pequeñas empresas en un nivel medio de madurez digital. Este hallazgo confirma que, si bien se han dado pasos relevantes en la incorporación de herramientas digitales en los procesos operativos y comerciales, todavía existen limitaciones que frenan su consolidación. Los hallazgos ponen de manifiesto brechas vinculadas con la falta de integración tecnológica, la escasa automatización y la baja adopción de canales digitales más avanzados.

La ecuación utilizada para el cálculo del Índice de Madurez Digital fue diseñada en el marco de esta investigación, tomando como referencia metodologías de construcción de índices compuestos empleadas en estudios internacionales (OCDE, 2023; BID, 2024; MinTIC, 2023). Los porcentajes asignados a cada dimensión (30% infraestructura tecnológica, 25% uso de tecnologías, 25% comercio electrónico y 20% pagos digitales) se definieron a partir de la revisión de literatura especializada y políticas públicas nacionales, priorizando aquellas variables que la evidencia señala como más críticas para la competitividad de las micro y pequeñas empresas.

En este sentido, la fórmula no corresponde a una transcripción literal de otro autor, sino a una adaptación metodológica propia, sustentada en referentes académicos y técnicos, que busca reflejar de manera equilibrada la importancia relativa de cada dimensión en el proceso de transformación digital de las MYPE de Bogotá.

Tabla 2. Ponderación y contribución de las dimensiones al Índice de Madurez Digital

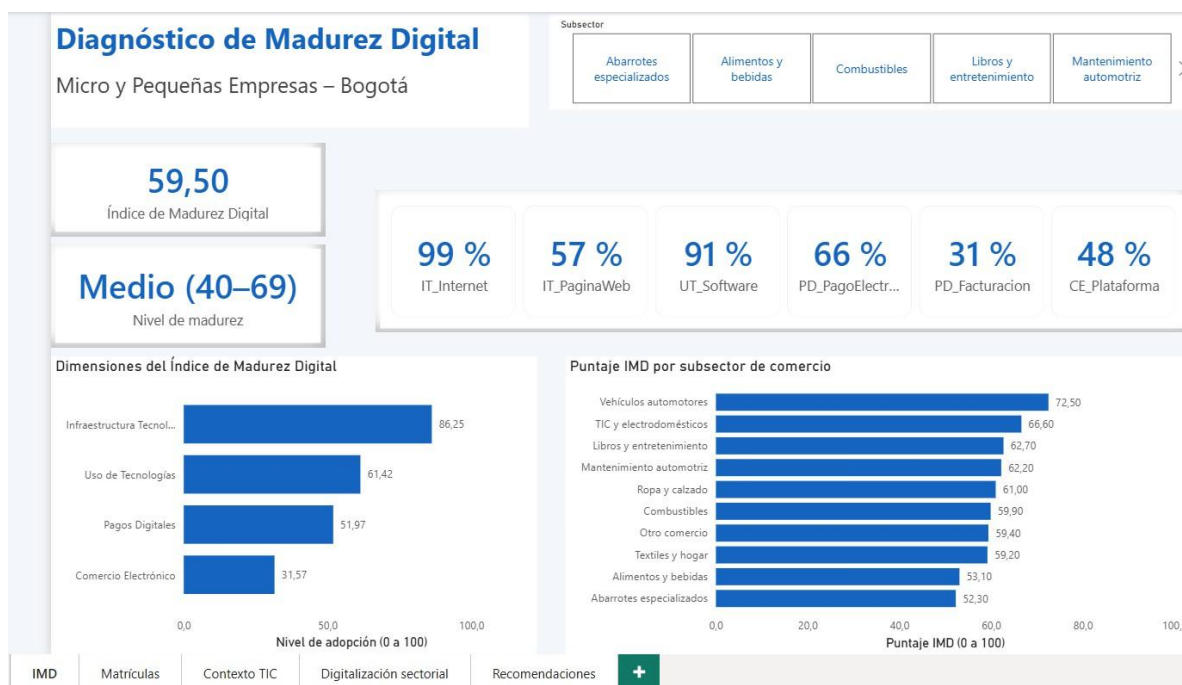
Dimensión	Puntaje (%)	Peso	Contribución (%)
Infraestructura tecnológica (IT)	86.25	0.30	25.87
Uso de tecnologías (UT)	61.42	0.25	15.35
Pagos digitales (PD)	51.97	0.20	10.39
Comercio electrónico (CE)	31.57	0.25	7.91
IMD total	—	—	59.52

Fuente: Elaboración propia (2026).

El IMD consolidado refleja el nivel de avance de las micro y pequeñas empresas de Bogotá durante el periodo 2023–2026. El cálculo se realizó a partir de la tabla de hechos Fact_Matriculas y las dimensiones de Empresa, Tiempo, Sector y Fuente, integrando indicadores de infraestructura tecnológica, comercio electrónico, pagos digitales y uso de tecnologías.

El puntaje global evidencia una tendencia de crecimiento sostenido, con mejoras significativas en la dimensión de infraestructura, encontrando diferencias respecto a la adopción de pagos digitales y también en entornos virtuales. Este resultado general constituye la base para los análisis sectoriales y temporales presentados en las siguientes secciones.

Figura 1. Resultados del Índice de Madurez Digital (IMD) en micro y pequeñas empresas de Bogotá



Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales

Es importante precisar que el Índice de Madurez Digital refleja una tendencia general del universo de empresas analizadas, pero las estrategias prescriptivas no se aplican de manera uniforme a todas ellas. El índice cumple una función de diagnóstico agregado, útil para orientar políticas públicas y estrategias colectivas, mientras que el motor prescriptivo ajusta las recomendaciones según sector y tamaño empresarial. De esta manera, aunque el resultado global ubique a las MYPE en un nivel

intermedio de madurez digital, las acciones sugeridas se diferencian en función de las características específicas de cada empresa y de cada sector, garantizando pertinencia y evitando generalizaciones excesivas (OCDE, 2023; BID, 2024; CEPAL, 2021).

10.2.1 Infraestructura tecnológica

La dimensión de infraestructura tecnológica alcanzó el puntaje más alto, con un resultado de 86,25%, lo que refleja una amplia disponibilidad de conectividad y acceso a internet en las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Este desempeño pone de manifiesto que las organizaciones cuentan con condiciones básicas favorables para avanzar en procesos de transformación digital.

Sin embargo, disponer de infraestructura adecuada no garantiza una adopción integral de herramientas estratégicas. La existencia de conectividad y equipos constituye un requisito inicial, pero su verdadero impacto depende de la capacidad de las empresas para integrar soluciones digitales en sus procesos administrativos, comerciales y productivos.

En consecuencia, aunque la infraestructura tecnológica se presenta como una fortaleza, el reto radica en aprovecharla de manera efectiva para consolidar un ecosistema digital que trascienda la disponibilidad de recursos y se traduzca en mejoras en cuanto a competitividad y sostenibilidad empresarial.

10.2.2 Uso de tecnologías

La dimensión de uso de tecnologías alcanzó un puntaje de 61,42%, lo que refleja un nivel intermedio en la incorporación de software empresarial, plataformas digitales y herramientas de gestión dentro de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. El análisis refleja que, aunque existe un avance en la adopción de soluciones digitales, aún se identifican oportunidades de mejora en aspectos clave como integración de sistemas, automatización de procesos y aprovechamiento de analítica de datos.

En términos prácticos, el desempeño en esta dimensión muestra que muchas empresas han comenzado su proceso de digitalización, aunque todavía enfrentan dificultades para consolidar un ecosistema tecnológico sólido. La falta de integración completa entre las distintas herramientas y el uso limitado de soluciones avanzadas impiden que la infraestructura disponible se traduzca en mejoras significativas de productividad y competitividad.

Por ello, el desafío estratégico consiste en fortalecer la adopción de tecnologías de gestión, ampliar su aplicación en los procesos internos y promover el uso de analítica avanzada. De esta manera, las MYPE podrán evolucionar hacia un nivel superior de madurez digital y posicionarse con mayor solidez en mercados cada vez más exigentes y digitalizados.

10.2.3 Pagos digitales

La dimensión de pagos digitales obtuvo un puntaje de 51,97%, lo que refleja un avance moderado en la incorporación de mecanismos electrónicos de pago por parte de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Los hallazgos confirman que algunas organizaciones han comenzado a implementar soluciones digitales en sus transacciones financieras, aunque el proceso aún se encuentra en una etapa inicial.

Persisten obstáculos relevantes relacionados con la cobertura de los servicios, la integración con el sistema bancario y la apropiación tecnológica por parte de los usuarios. Estas limitaciones dificultan la consolidación de un ecosistema de pagos digitales y restringen que las empresas aprovechen plenamente los beneficios de la digitalización financiera, como la eficiencia operativa y la reducción de costos en las transacciones.

Desde una perspectiva estratégica, el reto consiste en fortalecer la adopción de pagos por medios electrónicos, impulsar la facturación digital y garantizar la interoperabilidad con las plataformas bancarias. De esta manera, las MYPE podrán avanzar hacia niveles superiores de madurez digital y mejorar su competitividad en un entorno empresarial cada vez más digitalizado.

10.2.4 Comercio electrónico

El comercio electrónico presentó el menor nivel de madurez, con 31,57% lo que revela limitaciones importantes en la adopción de canales digitales de venta, plataformas de e-commerce y estrategias omnicanal. Esta brecha revela que, aunque las empresas cuentan con infraestructura tecnológica, aún no logran aprovechar plenamente las herramientas digitales para expandir sus mercados y fortalecer sus procesos comerciales.

10.3 Análisis sectorial de madurez digital

El análisis sectorial permitió identificar diferencias significativas en los niveles de digitalización entre los distintos subsectores económicos evaluados. Los resultados muestran que sectores como vehículos automotores y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) presentan

mayores niveles de madurez digital, mientras que actividades de comercio tradicional, como los abarrotes especializados, reflejan una adopción tecnológica más limitada.

Estas variaciones dejan en claro la heterogeneidad de los comportamientos empresariales, influenciada por factores como la capacidad de inversión, el nivel de tecnificación, el acceso a infraestructura digital y las dinámicas competitivas propias de cada actividad económica.

De este modo, el grado de madurez digital no depende únicamente de contar con recursos tecnológicos disponibles, sino también de las condiciones estructurales y estratégicas que caracterizan a cada sector. Esta combinación de elementos explica las brechas identificadas dentro del ecosistema empresarial de Bogotá y ayuda a comprender por qué algunos sectores avanzan con mayor rapidez en su proceso de transformación digital, mientras otros mantienen rezagos significativos.

Figura 2. Niveles de digitalización y adopción de herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos por sector económico



Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales.

En conjunto, los resultados del análisis sectorial evidencian que la transformación digital en las MYPE de Bogotá avanza de manera desigual entre comercio, industria y servicios. Algunos subsectores muestran progresos en procesos orientados al cliente y en la incorporación de inteligencia artificial, mientras que otros mantienen rezagos importantes en áreas como la automatización logística y los pagos digitales.

Esta diversidad confirma que la madurez digital no es uniforme y plantea la necesidad de diseñar estrategias diferenciadas de apoyo, enfocadas en cerrar brechas específicas y en fortalecer la competitividad de cada sector dentro del ecosistema empresarial.

Esta diversidad confirma que la madurez digital no es uniforme y plantea la necesidad de diseñar estrategias diferenciadas de apoyo, enfocadas en cerrar brechas específicas y en fortalecer la competitividad de cada sector dentro del ecosistema empresarial.

En la herramienta prescriptiva, esta heterogeneidad se manejó mediante un motor de reglas que vincula cada nivel de madurez digital (bajo, medio, alto) con recomendaciones estratégicas específicas. El tablero permite seleccionar el sector o subsector y, en función de su puntaje en el Índice de Madurez Digital, despliega acciones diferenciadas. Por ejemplo, para sectores con nivel bajo se sugieren medidas básicas como conectividad estable y capacitación digital; para sectores en nivel medio se recomiendan la ampliación del comercio electrónico y la integración de software empresarial; y para sectores con nivel alto se prescriben estrategias avanzadas como analítica de datos, omnicanalidad y automatización inteligente.

De esta manera, la herramienta asegura que las prescripciones no sean homogéneas, sino que respondan a las condiciones particulares de cada sector y subsector, garantizando pertinencia y evitando generalizaciones excesivas.

10.3.1 Procesos digitalizados por sector

El análisis comparativo entre comercio, industria y servicios permitió identificar distintos niveles de digitalización en procesos productivos, comerciales, administrativos y logísticos.

Los resultados muestran que el sector comercio ha logrado mayores avances en procesos orientados al cliente y en la consolidación de canales digitales de venta. Sin embargo, los procesos logísticos continúan con un bajo nivel de automatización, lo que limita la eficiencia operativa.

En el caso del sector servicios, Los datos evidencian una incorporación más amplia de

herramientas digitales vinculadas a la gestión administrativa y a la comunicación empresarial, lo que fortalece tanto la interacción interna como la relación con clientes y aliados.

Este comportamiento evidencia que la transformación digital empresarial se concentra principalmente en procesos visibles o de interacción con el cliente, dejando aún oportunidades de mejora en procesos internos y operativos, especialmente en logística y producción.

Herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos

El análisis sectorial incluyó la revisión de la incorporación de herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos en las MYPE. Estas soluciones abarcan aplicaciones de analítica, sistemas de gestión de procesos, plataformas de integración de información y herramientas de automatización que permiten optimizar operaciones y fortalecer la toma de decisiones. Los resultados evidenciaron que: En el sector comercio, la adopción se concentra en sistemas de facturación electrónica y plataformas de gestión de inventarios, aunque su utilización en procesos de análisis predictivo sigue siendo limitada. En el sector industria, se observa un mayor avance en la implementación de software especializado para el control de producción y la gestión de calidad, reflejando un nivel más alto de tecnificación. En el sector servicios, la incorporación se orienta hacia aplicaciones de gestión de clientes (CRM) y herramientas de automatización de procesos administrativos, aunque persisten brechas en la integración de soluciones más sofisticadas. En conjunto, el análisis muestra que la incorporación de soluciones digitales varía significativamente según el sector económico, mientras las actividades más tecnificadas logran aprovecharlas para mejorar su competitividad, las empresas tradicionales continúan enfrentando limitaciones relacionadas con recursos, capacitación y cultura digital.

Tabla 3. Herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos por sector

Sector	Herramientas adoptadas	Nivel de avance (IMD)	Principales brechas
Comercio	Facturación electrónica, gestión de inventarios	Medio (40–69)	Uso limitado de analítica predictiva
Industria	Software de control de producción, gestión de calidad	Alto (70–100)	Falta de integración entre sistemas de diferentes áreas
Servicios	CRM, automatización administrativa	Medio (40–69)	Escasa incorporación de soluciones avanzadas y analítica de datos

Fuente: Elaboración propia (2026).

La tabla sintetiza los niveles de avance en la adopción de herramientas de automatización y gestión de datos en comercio, industria y servicios. Se observa que el sector industria alcanza un nivel alto gracias a la implementación de software especializado, mientras que comercio y servicios se ubican en un nivel medio, con avances parciales pero aún con brechas en analítica y soluciones integradas. Esta evidencia confirma la heterogeneidad en la madurez digital y la necesidad de estrategias diferenciadas de apoyo por sector.

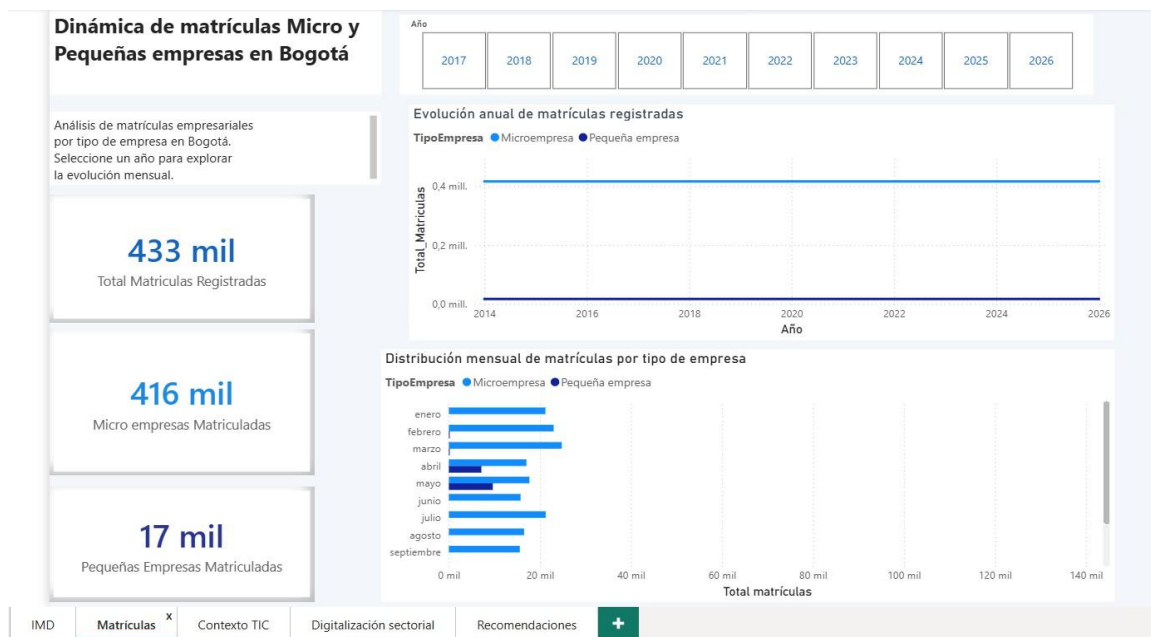
10.4 Contexto TIC y entorno macroeconómico

Con el propósito de complementar el diagnóstico de madurez digital, se incorporó un análisis del ecosistema de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y del entorno macroeconómico en el que operan las micro y pequeñas empresas de Bogotá. El diagnóstico revela un crecimiento sostenido en variables como la producción del sector TIC, el valor agregado y la demanda de talento especializado. Estos resultados reflejan la aceleración de los procesos de digitalización en la economía colombiana y la consolidación de un entorno cada vez más orientado hacia la innovación tecnológica.

Este comportamiento incrementa la necesidad de fortalecer las capacidades digitales de las MYPE, de modo que puedan mantener niveles adecuados de competitividad y adaptarse a las nuevas

dinámicas del mercado. Al mismo tiempo, el crecimiento del sector TIC abre oportunidades para impulsar procesos de innovación, automatización y transformación digital empresarial, generando condiciones favorables para la evolución de los modelos de negocio y la integración de prácticas más avanzadas en la gestión empresarial.

Figura 3. Dinámica de matrículas de micro y pequeñas empresas en Bogotá



Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales.

“La figura 3 presenta la evolución de las matrículas registradas entre 2017 y 2026, diferenciando micro y pequeñas empresas. Los datos, procesados mediante procedimientos ETL en Power BI, permiten observar la dinámica de creación y formalización empresarial en la ciudad. Este comportamiento constituye un elemento clave para comprender el contexto en el que se desarrolla la transformación digital de las MYPE en Bogotá.”

Figura 4. Ecosistema TIC y contexto macroeconómico del sector en Colombia



Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales.

“La figura 4 presenta la evolución productiva y laboral del sector TIC, destacando el crecimiento sostenido en producción y valor agregado, así como la brecha existente entre la oferta y la demanda de talento especializado. Este hallazgo refuerza la necesidad de políticas y estrategias orientadas a la formación de capital humano y al fortalecimiento de las capacidades digitales en las MYPE, de manera que puedan responder a las exigencias de un entorno económico cada vez más digitalizado.”

10.5 Modelo prescriptivo y recomendaciones estratégicas

Con el fin de complementar el diagnóstico cuantitativo, se diseñó un modelo prescriptivo sustentado en reglas de decisión, orientado a generar recomendaciones estratégicas de acuerdo con el nivel de madurez digital identificado en cada subsector económico.

Este modelo traduce los resultados del Índice de Madurez Digital (IMD) en acciones concretas que buscan fortalecer las capacidades tecnológicas y digitales de las empresas. Para ello, se establecieron recomendaciones diferenciadas según el nivel alcanzado:

- Nivel bajo (0–39): se recomienda priorizar la conectividad, la infraestructura básica y la alfabetización digital, como condiciones mínimas para iniciar procesos de transformación.
- Nivel medio (40–69): se sugiere avanzar en la integración de herramientas de comercio electrónico, pagos digitales y software empresarial, consolidando procesos orientados al cliente y mejorando la eficiencia interna.
- Nivel alto (70–100): se plantea la incorporación de analítica avanzada, automatización e inteligencia artificial, con el fin de potenciar la competitividad y generar innovación en los modelos de negocio.

La implementación de este modelo prescriptivo convierte el dashboard en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y la priorización de estrategias digitales. Además, las recomendaciones generadas contribuyen al diseño de rutas de transformación digital ajustadas a las necesidades específicas de cada subsector económico.

Figura 5. Modelo prescriptivo de recomendaciones estratégicas según nivel de madurez digital



Fuente: Elaboración propia con base en datos oficiales.

“La figura 5 sintetiza las características y recomendaciones asociadas a cada nivel de madurez digital. El nivel bajo se caracteriza por una adopción tecnológica limitada, donde se recomienda fortalecer la conectividad, la infraestructura y la alfabetización digital. El nivel medio refleja un uso parcial de tecnologías y procesos digitales, siendo clave la integración de herramientas de comercio electrónico, pagos digitales y software empresarial. El nivel alto corresponde a una integración tecnológica avanzada, en la que se sugiere implementar analítica avanzada, automatización e inteligencia artificial. La aplicación de este modelo prescriptivo convierte el dashboard en una herramienta de apoyo para la toma de decisiones, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y el diseño de rutas de transformación digital ajustadas a las necesidades de cada subsector económico.”

11. CONCLUSIONES

El estudio permitió construir un modelo analítico y prescriptivo que evalúa el nivel de madurez digital de las micro y pequeñas empresas de Bogotá. Los resultados evidencian que, en términos generales, las MYPE alcanzan un nivel intermedio de digitalización, con avances notorios en conectividad y acceso a infraestructura tecnológica. Sin embargo, persisten brechas importantes en la adopción de comercio electrónico, en la automatización de procesos y en la implementación de soluciones digitales avanzadas.

El análisis sectorial mostró diferencias relevantes: mientras las actividades más tecnificadas lograron mayores avances en la incorporación de herramientas digitales, los sectores tradicionales continúan enfrentando limitaciones que restringen su competitividad. La utilización de Power BI como herramienta de inteligencia de negocios facilitó la integración y visualización de información, permitiendo diagnósticos claros y comparaciones entre sectores.

El modelo prescriptivo complementó el diagnóstico cuantitativo con recomendaciones estratégicas diferenciadas, convirtiéndose en un recurso práctico para orientar procesos de transformación digital. En conjunto, la investigación aporta un instrumento que fortalece la competitividad empresarial y contribuye a la construcción de un ecosistema digital más inclusivo y sostenible en Bogotá.

12. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos, se recomienda a las micro y pequeñas empresas fortalecer su presencia digital mediante el desarrollo de páginas web y el uso activo de redes sociales, lo que incrementa la visibilidad y la interacción con clientes. Asimismo, avanzar en la adopción de medios de pago electrónicos y en la implementación de facturación digital resulta esencial para mejorar la eficiencia administrativa y la formalización de los procesos.

Es necesario invertir en la capacitación digital del personal, de manera que las organizaciones cuenten con talento humano preparado para enfrentar los retos de la transformación tecnológica. Igualmente, se sugiere explorar herramientas de automatización y analítica avanzada que permitan optimizar la gestión de datos y apoyar la toma de decisiones estratégicas.

Desde el ámbito institucional, se recomienda fortalecer las políticas públicas orientadas a cerrar las brechas digitales, promoviendo programas de apoyo financiero y técnico para las MYPE. La articulación entre entidades gubernamentales, gremios y empresas privadas puede facilitar la creación de un entorno más favorable para la digitalización empresarial.

Finalmente, se plantea la necesidad de continuar con investigaciones que amplíen el alcance del modelo hacia otros sectores y regiones del país, con el fin de consolidar un diagnóstico nacional de madurez digital y generar estrategias más integrales de transformación.

“En conjunto, los hallazgos y recomendaciones de este estudio evidencian que la transformación digital de las micro y pequeñas empresas en Bogotá no depende únicamente de la adopción tecnológica, sino también de la articulación de políticas públicas, programas de capacitación y alianzas estratégicas. El modelo prescriptivo desarrollado constituye un aporte replicable para otros sectores y regiones, orientando la construcción de un ecosistema empresarial más competitivo, innovador y sostenible en la economía digital.”

13. REFERENCIAS

1. Romero Velázquez, M. del C., Vidal Brito, A. L., Soto Rodríguez, D. J., & Nava Chirinos, Á. A. (2026). Tecnologías clave para la transformación digital empresarial: El camino hacia la competitividad. *Revista de Ciencias Sociales*.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/rccs/article/view/45192>
2. Bayona Acevedo, L., Muñoz Bohórquez, J. C., & Pérez Franco, J. (2023). La transformación digital de las empresas colombianas en los últimos 5 años. *Digitk*.
<https://digitk.areandina.edu.co/server/api/core/bitstreams/1010f2c9-4ab3-4b21-b986-87040b10d15e/content>
3. Flórez Villota, M. L., & Enríquez Flórez, L. V. (2023). La transformación digital como una oportunidad para la competitividad empresarial en mipymes de Pasto, Nariño. *Conocimiento Global*.
<https://conocimientoglobal.org/revista/index.php/cglobal/article/view/432/288>
4. Chandratreya, A. (2024). Digital transformation strategy and management. *ResearchGate*.
<https://www.researchgate.net/publication/385146764>
5. Cozmiuc, D. C. (2021). Tools for managing digital transformation: The case of PwC, Siemens and Oracle. *Procedia Computer Science*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1548771721000038>
6. Rodríguez, J., & Rosenstiehl, A. (2022). Transformación digital en pymes del sector turismo en Colombia. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2211.03945>
7. Hinojosa, J., et al. (2023). Uso de tecnologías digitales en el sector agrícola colombiano (AgroTIC). *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2305.12418>
8. Bello, A., et al. (2024). Ecosistema digital en Colombia y su impacto en la productividad. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2409.00059>
9. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *Going digital in Colombia*. <https://www.oecd.org/digital/going-digital-in-colombia>
10. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2019). La transformación digital al servicio de las empresas colombianas. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-101254.html>

11. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2020). Fortalecimiento de la economía digital en Colombia. <https://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-208488.html>
12. Departamento Nacional de Planeación. (2020). CONPES 3975: Política Nacional de Transformación Digital e Inteligencia Artificial. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3975.pdf>
13. Departamento Nacional de Planeación. (2022). Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-de-desarrollo/pnd-2022-2026>
14. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). Encuesta TIC en empresas. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion>
15. Datos Abiertos Colombia. (2024). Portal de datos abiertos. <https://www.datos.gov.co>
16. Cámara Colombiana de Comercio Electrónico. (2022). Informe de transformación digital en mipymes. <https://ccce.org.co>
17. Confecámaras. (2023). Informe de dinámica empresarial en Colombia. <https://www.confecamaras.org.co>
18. Cámara de Comercio de Bogotá. (2023). Informe sobre competitividad y digitalización empresarial. <https://www.ccb.org.co>
19. World Economic Forum. (2020). Future readiness of SMEs in digital transformation. <https://www.weforum.org/reports>
20. Naciones Unidas. (2021). Las mipymes y su papel en el desarrollo sostenible. <https://www.un.org/development/desa>
21. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN). (2020). Factura electrónica en Colombia. <https://www.dian.gov.co>
22. Ardila Sedano, D. A., Pimiento Aguilar, L. J., & Rueda Villamizar, F. (2025). Análisis de la transformación digital en MiPymes a nivel nacional y su efecto en la competitividad entre el periodo 2020–2025 [Tesis de pregrado, Unidades Tecnológicas de Santander]. Repositorio UTS. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/21257>
23. Suárez, S. (2024). Estudio y propuesta de un marco integrado referencial de los factores claves que impulsan la transformación digital de las MiPyme colombianas [Tesis de maestría, Universidad Minerva]. Biblioteca Digital Minerva. <http://hdl.handle.net/10882/13535>
24. Moya Valenzuela, A. C. (2024). Transformación digital en MiPymes de servicios en Colombia:

análisis comparativo de adopción tecnológica [Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional PUJ. <http://hdl.handle.net/10554/68967>

25. Banco Interamericano de Desarrollo. (2024). Transformación digital de las MIPYME en América Latina y el Caribe: retos y oportunidades. Washington, D.C.: BID.
26. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC. (2024). Informe de adopción digital empresarial en Colombia. Bogotá: MinTIC.
27. Cámara de Comercio de Bogotá. (2025). Estudio sobre comercio electrónico en empresas bogotanas. Bogotá: CCB.
- Banco Interamericano de Desarrollo – BID. (2024). Transformación digital y productividad en América Latina. Washington, D.C.: BID.
28. Cámara de Comercio de Bogotá. (2025). Informe sobre adopción tecnológica en MYPE de Bogotá. Bogotá: CCB.
29. Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (2023). La digitalización como motor de competitividad en América Latina. Santiago de Chile: CEPAL.
30. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – MinTIC. (2025). Informe de adopción digital empresarial en Colombia. Bogotá: MinTIC.
31. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos – OECD. (2024). Digital Transformation in SMEs. París: OECD Publishing.
32. Westerman, G., Bonnet, D., & McAfee, A. (2014). Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. Harvard Business Review Press.
33. Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.
35. Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144.

ANEXOS

Anexo A Diccionario de variables

Este anexo presenta el listado de indicadores utilizados en la construcción del Índice de Madurez Digital (IMD), con su definición, fuente y proceso de normalización.

Indicador	Definición	Fuente	Transformación
Acceso a internet	Porcentaje de empresas con conexión a internet	DANE	Normalización 0–1
Disponibilidad de equipos	Número promedio de equipos por empresa	MinTIC	Normalización 0–1
Presencia web	con página web activa	Confecámaras	Normalización 0–1
Ventas en línea	empresas que reportan ventas digitales	datos Abiertos Colombia	Normalización 0–1
Pagos electrónicos	de plataformas de pago digital	MinTIC	Normalización 0–1
Facturación digital	Empresas que emiten facturación electrónica	DIAN	Normalización 0–1

Figura A1. Diccionario de variables utilizado en el IMD Fuente: Elaboración propia (2026).

Anexo B. Fórmulas DAX en Power BI

Este anexo presenta las expresiones DAX utilizadas en Power BI para el cálculo del Índice de Madurez Digital (IMD) y sus dimensiones. Estas fórmulas permiten automatizar el cálculo de los indicadores y garantizar reproducibilidad en el modelo.

Ejemplo de fórmulas DAX aplicadas: Medida: Valor_Dim

La medida Valor_Dim se diseñó para mostrar el valor de cada dimensión del Índice de Madurez Digital (IMD) de forma dinámica, dependiendo de la selección realizada en el modelo.

- Función SWITCH: Evalúa condiciones y devuelve resultados distintos según la dimensión seleccionada.
- Función SELECTEDVALUE: Obtiene la dimensión elegida en el filtro o segmentador.
- Asignación de valores: Cada dimensión devuelve su medida correspondiente multiplicada por 100 para expresarse en porcentaje.
- BLANK(): Evita mostrar valores erróneos cuando no hay selección válida.

Implementación de medida DAX en Power BI

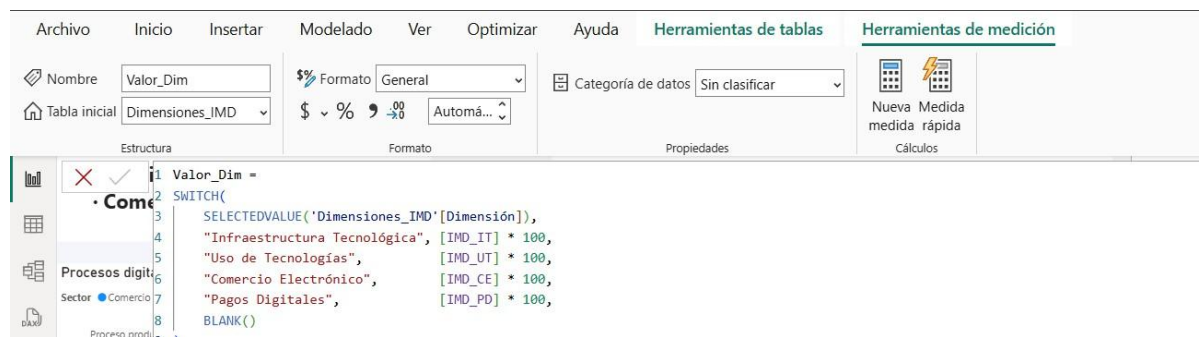


Figura B1. Medida dinámica Valor_Dim implementada en Power BI. Fuente: Elaboración propia (2026).

Discusión de resultados

Esta medida permite que el tablero sea interactivo, el usuario selecciona una dimensión y el sistema calcula automáticamente su valor estandarizado en porcentaje. Así se evita crear múltiples medidas independientes y se garantiza transparencia en el análisis.

Anexo C. Modelo estrella y fórmulas DAX C1. Modelo estrella conceptual

El IMD integra cuatro dimensiones principales: infraestructura, adopción tecnológica, pagos digitales y comercio electrónico, lo que permite un diagnóstico integral.

- Tabla de hechos (Fact_Matriculas): Contiene los registros de empresas y sus características.
- Tablas de dimensiones: Incluyen categorías como Infraestructura Tecnológica, Uso de Tecnologías, Comercio Electrónico y Pagos Digitales.
- Relaciones: Se establecen entre la tabla de hechos y las dimensiones para permitir el cálculo de indicadores.

Esquema relacional del modelo estrella

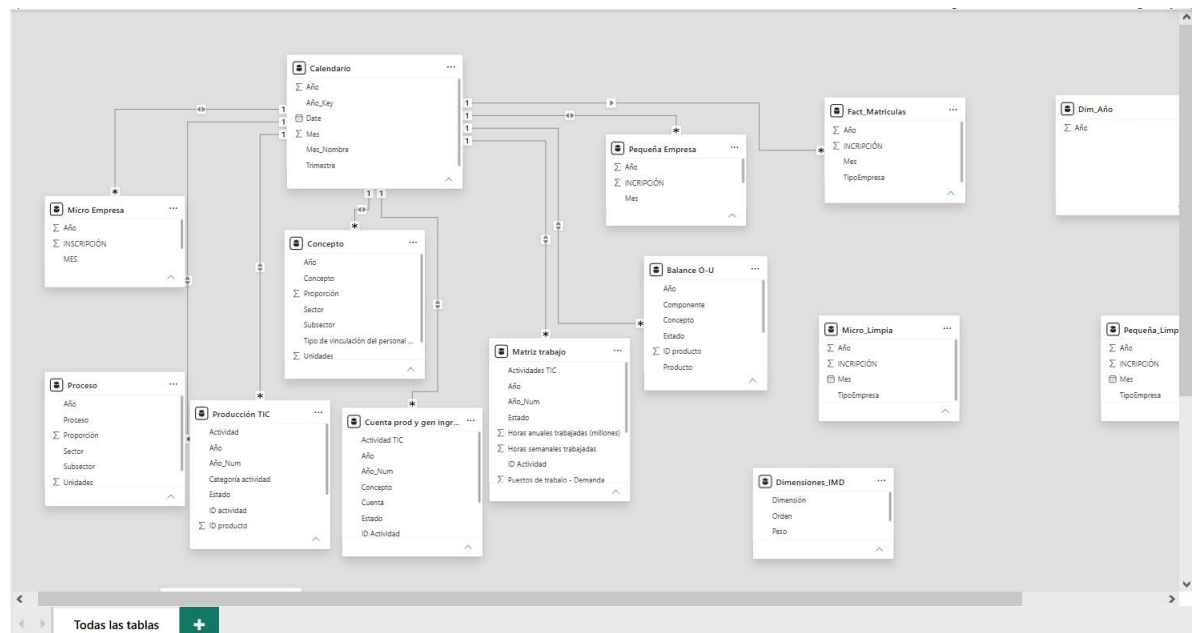


Figura C1. Modelo estrella en Power BI con tablas de hechos y dimensiones interrelacionadas.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Lectura analítica del modelo

El modelo estrella asegura que los cálculos del IMD sean consistentes y escalables. Al separar hechos y dimensiones:

- Se facilita la actualización de datos provenientes de múltiples fuentes.
- Se garantiza la trazabilidad de los indicadores y su origen.
- Se optimiza la generación de reportes sectoriales y comparativos.

C2. Fórmula DAX principal del IMD

La medida principal integra las cuatro dimensiones del índice mediante la función SWITCH, devolviendo el puntaje correspondiente según la selección:

Fórmula principal del IMD

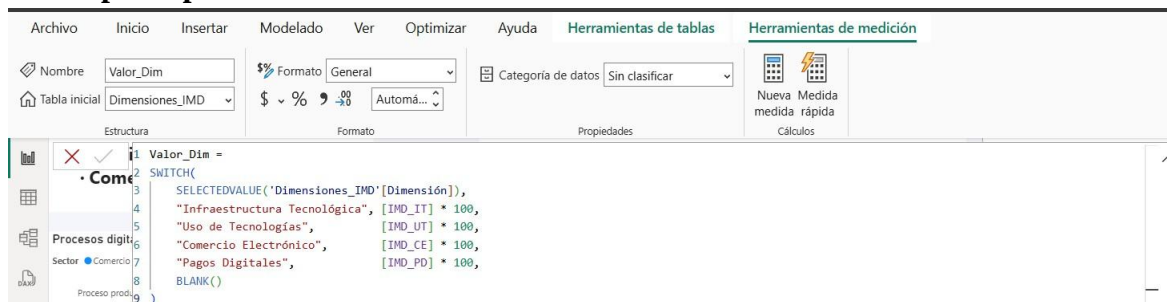


Tabla C2. Fórmula DAX principal del Índice de Madurez Digital (IMD).

Fuente: Elaboración propia (2026).

Comentario interpretativo

Explica cómo la medida IMD consolida variables clave para obtener un valor único de madurez digital.

C3. Medidas derivadas y auxiliares

Las siguientes medidas alimentan la fórmula principal y enriquecen la visualización del dashboard:

Medida	Fórmula DAX	Descripción
IMD_IT	$IT = \frac{\text{SUM}(\text{Fact_Matriculas}[\text{Internet}])}{\text{COUNTROWS}(\text{Fact_Matriculas})}$	Nivel de infraestructura tecnológica (ej. acceso a internet, equipos).
IMD_UT	$UT = \frac{\text{SUM}(\text{Fact_Matriculas}[\text{Software}])}{\text{COUNTROWS}(\text{Fact_Matriculas})}$	Uso de tecnologías (ej. software empresarial, herramientas digitales).
IMD_CE	$CE = \frac{\text{SUM}(\text{Fact_Matriculas}[\text{Ecommerce}])}{\text{COUNTROWS}(\text{Fact_Matriculas})}$	Adopción de comercio electrónico (tienda en línea, presencia web).
IMD_PD	$D = \frac{\text{SUM}(\text{Fact_Matriculas}[\text{PagosDigitales}])}{\text{COUNTROWS}(\text{Fact_Matriculas})}$	Uso de pagos digitales (facturación electrónica, banca digital).
IMD_Color (auxiliar)	$\text{IMD_Color} = \text{SWITCH}(\text{TRUE}(), [\text{IMD_Puntaje}] \geq 70, \text{"\#639922"}, [\text{IMD_Puntaje}] \geq 40, \text{"\#EF9F27"}, [\text{IMD_Puntaje}] \geq 0, \text{"\#E24B4A"})$	Asigna colores según nivel de madurez digital (verde = alto, naranja = medio, rojo = bajo).

Tabla C3. Medidas derivadas y auxiliares del IMD en Power BI.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Lectura analítica de los indicadores

- Valor_Dim es la medida principal que articula las dimensiones en un índice único.
- IMD_IT, IMD_UT, IMD_CE, IMD_PD son medidas derivadas que permiten desagregar el IMD en sus componentes.
- IMD_Color y otras auxiliares enriquecen la visualización, facilitando la interpretación intuitiva de los resultados.

- La consolidación de las medidas en un mismo anexo aporta orden y transparencia, además de posibilitar que el modelo sea replicado en futuros estudios.

Anexo D. Tablas de apoyo para clasificación y depuración de registros

Este anexo presenta las tablas de soporte utilizadas en Power BI para complementar el cálculo del Índice de Madurez Digital (IMD). Estas tablas permiten clasificar empresas por tamaño, depurar registros y organizar la información según criterios de tiempo y sector.

D1. Tablas de clasificación empresarial

- Micro_Empresa / Pequeña_Empresa: Contienen los registros de inscripción de empresas según tamaño, organizados por año y mes.

D2. Tablas de depuración

- Micro_Limpia / Pequeña_Limpia: Versiones depuradas de las tablas anteriores, con eliminación de duplicados y estandarización de campos.

D3. Tablas de referencia y contexto

- Calendario / Dim_Año: Tablas de tiempo que permiten segmentar los análisis por año, mes y trimestre.
- Concepto / Proceso / Producción TIC / Matriz trabajo / Balance O-U: Tablas de soporte que aportan información sobre actividades TIC, procesos productivos, demanda laboral y balances de oferta–utilización.

Tablas y sus relaciones

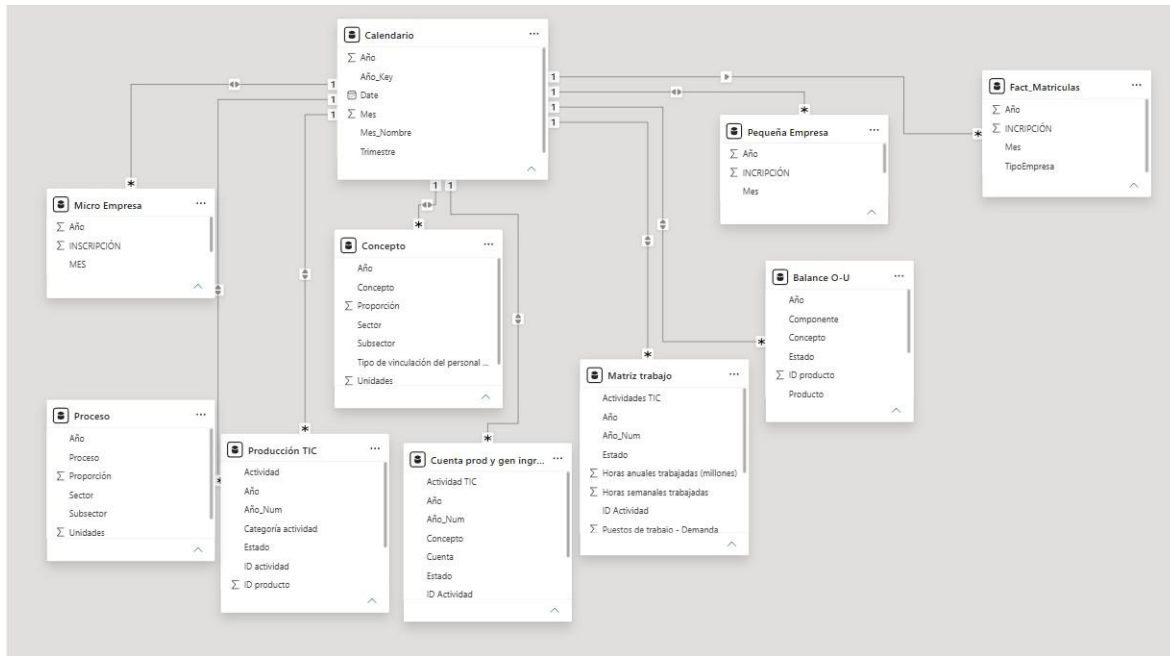


Figura D1. Tablas de soporte utilizadas en el modelo de datos para clasificación y depuración de registros.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Interpretación académica

Las tablas de soporte cumplen un rol fundamental en la arquitectura del modelo:

- Permiten clasificar empresas por tamaño (micro y pequeñas).
- Facilitan la depuración de datos, asegurando consistencia en los cálculos.
- Aportan información sectorial y temporal para enriquecer el análisis del IMD.
- Garantizan que los indicadores se construyan sobre bases limpias y confiables.

Anexo E. Limpieza y tratamiento de datos en Power Query

Este anexo describe los procesos de depuración y transformación realizados en Power Query para garantizar la calidad y consistencia de los datos utilizados en el Índice de Madurez Digital (IMD).

E1. Importación de fuentes

- Se cargaron las bases de datos originales provenientes de encuestas y registros administrativos.
- Se verificó la estructura de columnas y tipos de datos.

E2. Depuración inicial

- Eliminación de duplicados.
- Corrección de valores nulos o inconsistentes.
- Homologación de nombres de variables y categorías.

E3. Transformaciones aplicadas

- Cambio de tipo de datos: Conversión de texto a número, fechas a formato estándar.
- Creación de columnas calculadas: Indicadores derivados como porcentaje de adopción tecnológica.
- Normalización de valores: Estandarización de escalas para comparabilidad entre empresas.

E4. Tablas limpias resultantes

- Micro_Limpia y Pequeña_Limpia: Versiones depuradas de las tablas originales, listas para integrarse al modelo estrella.
- Calendario: Tabla auxiliar generada para segmentar análisis por año, mes y trimestre.

Proceso de limpieza de datos en Power Query

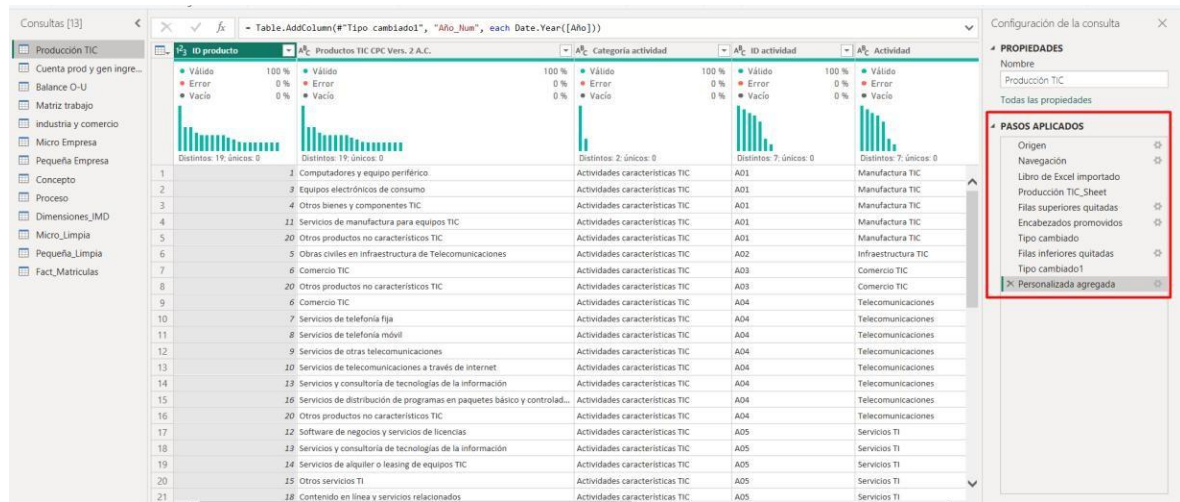


Figura E1. Pasos de transformación aplicados en Power Query para depuración de datos.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Interpretación académica

La limpieza y transformación en Power Query asegura que:

- Los datos sean consistentes y comparables entre empresas.
- Se eliminen errores que podrían distorsionar el cálculo del IMD.+
- Las tablas limpias se integren de manera confiable al modelo estrella en Power BI.

Anexo F. Diseño del dashboard en Power BI

Este anexo presenta la estructura del dashboard desarrollado en Power BI para visualizar el Índice de Madurez Digital (IMD) y sus dimensiones.

F1. Páginas del dashboard

- Página IMD general: Muestra el puntaje consolidado del índice y su clasificación por niveles (bajo, medio, alto).

- Página Infraestructura Tecnológica: Indicadores de acceso a internet, equipos y conectividad.
- Página Uso de Tecnologías: Adopción de software empresarial y herramientas digitales.
- Página Comercio Electrónico: Presencia en plataformas de venta en línea y uso de canales digitales.
- Página Pagos Digitales: Facturación electrónica, banca digital y medios de pago modernos.
- Página Contexto TIC: Indicadores macroeconómicos y sectoriales que complementan la interpretación del IMD.

Diseño modelo de Madurez



Figura F1. Diseño del dashboard en Power BI para el Índice de Madurez Digital.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Discusión de resultados

El diseño del dashboard permite:

- Visualizar de manera clara y dinámica el nivel de madurez digital de las empresas.
- Analizar cada dimensión por separado y en conjunto.
- Facilitar la toma de decisiones estratégicas mediante el motor prescriptivo.
- Garantizar que los resultados sean comprensibles tanto para expertos como para empresarios.

F2. Visualizaciones utilizadas

- Gráficos de barras y columnas: Para comparar dimensiones y subindicadores.
- Mapas de calor y segmentadores: Para mostrar niveles de madurez por empresa o sector.
- Tarjetas de KPI: Para destacar valores clave del IMD y sus componentes.
- Formato condicional (ej. IMD_Color): Para resaltar visualmente los niveles de madurez con colores (verde, amarillo, rojo).
- Evolución de registros anuales en micro y pequeñas empresas



Figura F2. Página Matrículas del dashboard con evolución anual y distribución mensual de registros en micro y pequeñas empresas de Bogotá.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Análisis de la evidencia

La página de Matrículas cumple un rol contextual dentro del tablero:

- Evidencia la dinámica empresarial: muestra el volumen de inscripciones y su evolución en el tiempo.
- Comparación por tamaño de empresa: permite observar la predominancia de las microempresas frente a las pequeñas.
- Análisis estacional: la distribución mensual revela patrones de inscripción que pueden relacionarse con ciclos económicos o políticas públicas.
- Valor estratégico: aporta contexto sobre el crecimiento y formalización empresarial, complementando el análisis del IMD.
-

F3. Página Contexto TIC

La tercera página del tablero presenta el ecosistema TIC en el contexto macroeconómico colombiano, integrando indicadores de producción, valor agregado y empleo en el sector.

Elementos principales

- Indicadores resumen:
 - Producción total sector TIC: 1 mil M.
 - Valor agregado TIC: 2 mil M.
 - Puestos de trabajo ofertados: 2 millones.
- **Gráfico de barras horizontales – Producción TIC por actividad:**
 - Compara actividades características TIC frente a actividades no características TIC entre 2014 y 2022.
 - Permite observar la evolución productiva del sector.

- **Gráfico de barras verticales – Oferta y demanda laboral TIC:**
 - Muestra puestos ofertados y demandados en 2021, 2022 y 2023.
 - Evidencia que la demanda laboral TIC crece más rápido que la disponibilidad de talento.

Indicadores macroeconómicos contexto TIC



Figura F3. Página Contexto TIC del dashboard con indicadores macroeconómicos de producción y empleo en el sector TIC en Colombia.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Explicación contextual

La página de Contexto TIC cumple un rol de análisis externo dentro del tablero:

- Producción y valor agregado: Refleja la importancia del sector TIC en la economía nacional.
- Oferta y demanda laboral: Muestra un desbalance creciente, donde la demanda supera la oferta de talento, lo que plantea retos en formación y capacitación.

- Perspectiva macroeconómica: Permite relacionar el IMD con variables externas, enriqueciendo la interpretación de la madurez digital empresarial.
- Valor estratégico: Aporta evidencia para políticas públicas y estrategias de formación en competencias digitales.

F4. Página Digitalización sectorial

La cuarta página del tablero analiza el nivel de adopción digital en los sectores económicos de Colombia (comercio, industria y servicios), comparando procesos, herramientas y distribución por subsector.

Elementos principales

- Gráfico de barras horizontales – Procesos digitalizados por sector:
 - Evalúa la proporción de procesos productivos, comerciales, administrativos y logísticos digitalizados en comercio, industria y servicios.
- **Gráfico de barras horizontales – Herramientas avanzadas de automatización y gestión de datos:**
 - Muestra el nivel de uso de herramientas de automatización y gestión de datos en los tres sectores.
- **Gráfico de dona – Distribución de digitalización por subsector:**
 - Representa la participación de diferentes subsectores (educación superior privada, salud humana privada, telecomunicaciones, alojamiento, servicios de comidas y bebidas, actividades inmobiliarias, entre otros).
- Filtros interactivos: permiten seleccionar comercio, industria, servicios o total, para ajustar la visualización comparativa.

Nivel de adopción digital sectorial

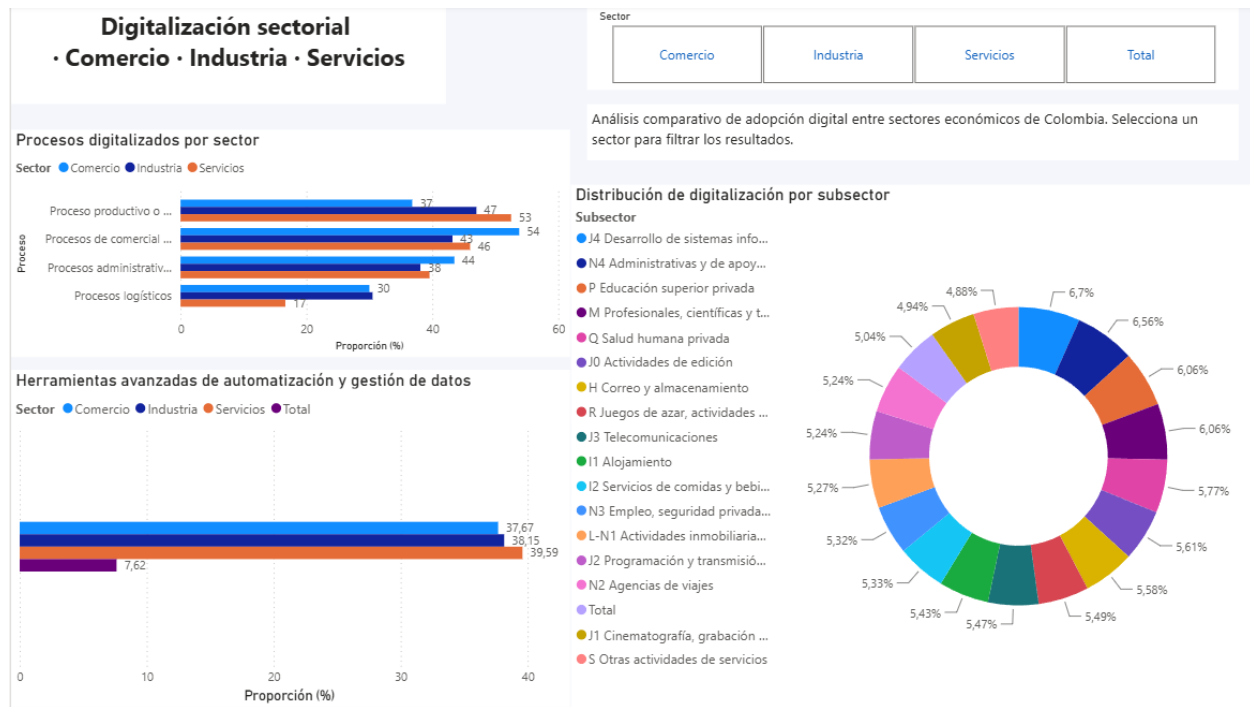


Figura F4. Página Digitalización sectorial del dashboard con análisis comparativo de adopción digital en sectores económicos de Colombia.

Fuente: *Elaboración propia (2026).*

Lectura analítica

La página de Digitalización sectorial cumple un rol de análisis comparativo dentro del tablero:

- **Procesos digitalizados:** Evidencia que la digitalización no avanza de manera homogénea; algunos sectores muestran mayor avance en procesos administrativos y logísticos.
- **Herramientas avanzadas:** Permite identificar brechas en la adopción de tecnologías de automatización y gestión de datos.
- **Distribución por subsector:** Revela que ciertos subsectores (educación, salud, telecomunicaciones) concentran mayor nivel de digitalización, mientras otros presentan rezagos.
- **Valor estratégico:** Aporta información clave para diseñar políticas diferenciadas según sector y subsector, orientando la transformación digital de manera más focalizada.

F5. Página Recomendaciones

La quinta página del tablero presenta las recomendaciones estratégicas derivadas del diagnóstico de madurez digital, diferenciadas por subsector económico.

Elementos principales

- Indicador global:
 - Puntaje IMD: 59,50
 - Nivel de madurez: Medio (40–69)

- **Diagnóstico actual:**
 - Adopción parcial de tecnologías digitales.
 - Uso inicial de software empresarial y canales digitales.
 - Limitaciones en integración y alcance.

- **Tabla comparativa por subsector:**
 - Vehículos automotores: 72,50 (Alto).
 - Recomendaciones: optimizar procesos con analítica de datos, consolidar estrategias omnicanal, explorar nuevas oportunidades digitales.
 - Abarrotes especializados, alimentos y bebidas, combustibles, libros y entretenimiento, mantenimiento automotriz, ropa y calzado, textiles y hogar, otro comercio: puntajes entre 52 y 62 (Medio).
 - Recomendaciones: ampliar uso de software empresarial, fortalecer comercio electrónico mediante tienda en línea y banca digital.
- Filtros interactivos: Permiten seleccionar subsector para visualizar recomendaciones específicas.



Diagnóstico de madurez digital

Figura F5. Página Recomendaciones del dashboard con diagnóstico y sugerencias estratégicas por subsector económico.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Comentario explicativo

La página de Recomendaciones cumple un rol prescriptivo dentro del tablero:

- Orientación estratégica: Traduce los resultados del IMD en acciones concretas para cada subsector.
- Priorización de mejoras: Identifica áreas críticas como comercio electrónico y facturación digital en sectores con nivel medio.
- Consolidación de avances: En sectores con nivel alto, se sugiere profundizar en analítica de datos y estrategias omnicanal.
- Valor agregado: Convierte el diagnóstico en un instrumento práctico para la toma de decisiones

- empresariales y de política pública.

Anexo G. Motor de reglas prescriptivo

El motor de reglas prescriptivo define los niveles de madurez digital (Bajo, Medio, Alto) y las recomendaciones estratégicas asociadas. Esta tabla funciona como guía para interpretar los resultados del IMD y orientar acciones de mejora.

G1. Cuadro de niveles de madurez digital

La primera parte del anexo presenta el cuadro conceptual de clasificación de madurez digital, que organiza a las empresas en tres niveles (bajo, medio y alto) de acuerdo con su puntaje IMD.

Niveles de madurez digital

Nivel	Rango IMD	Características	Recomendaciones estratégicas
Bajo	0 – 39	Adopción mínima de tecnologías digitales. Procesos manuales predominantes. Escasa presencia en canales digitales.	- Iniciar digitalización básica (software contable, facturación electrónica). - Implementar conectividad estable. - Capacitar en competencias digitales esenciales.
Medio	40 – 69	Uso parcial de tecnologías digitales. Presencia inicial en comercio electrónico y software empresarial. Limitaciones en integración y alcance.	- Ampliar uso de software empresarial. - Fortalecer comercio electrónico (tienda en línea, banca digital). - Integrar canales digitales para mejorar cobertura.
Alto	70 – 100	Adopción avanzada de tecnologías digitales. Procesos integrados y automatizados. Estrategias omnicanal consolidadas.	- Optimizar procesos con analítica de datos. - Consolidar estrategias omnicanal. - Explorar nuevas oportunidades digitales (IA, big data, automatización avanzada).

Figura G1. Motor de reglas prescriptivo para clasificación de madurez digital. Fuente: Elaboración propia (2026).

Discusión de resultados

El motor de reglas prescriptivo cumple un rol fundamental en el modelo:

- Traduce resultados en acciones: Convierte el puntaje IMD en recomendaciones concretas.
- Facilita la toma de decisiones: Permite a empresarios y responsables de política pública identificar prioridades según el nivel de madurez.
- Escalabilidad: Ofrece un marco adaptable para distintos sectores y tamaños de empresa.
- Valor agregado: Asegura que el dashboard no solo diagnostique, sino que también oriente estratégicamente la transformación digital.

G2. Implementación técnica en Power BI

La segunda parte del anexo muestra la implementación técnica del motor de reglas en Power BI, mediante la creación de una medida auxiliar que asigna colores a cada nivel de madurez.

Elementos principales

- Medida auxiliar IMD_Color:
 - Asigna colores según el rango de puntaje IMD.
 - Verde: Nivel alto.
 - Amarillo: Nivel medio.
 - Rojo: Nivel bajo.
- Formato condicional: aplicado a tablas y gráficos para facilitar la interpretación visual.
- Valor agregado: convierte el diagnóstico en un instrumento práctico y visualmente intuitivo para la toma de decisiones.

Asignación de colores para determinar IMD

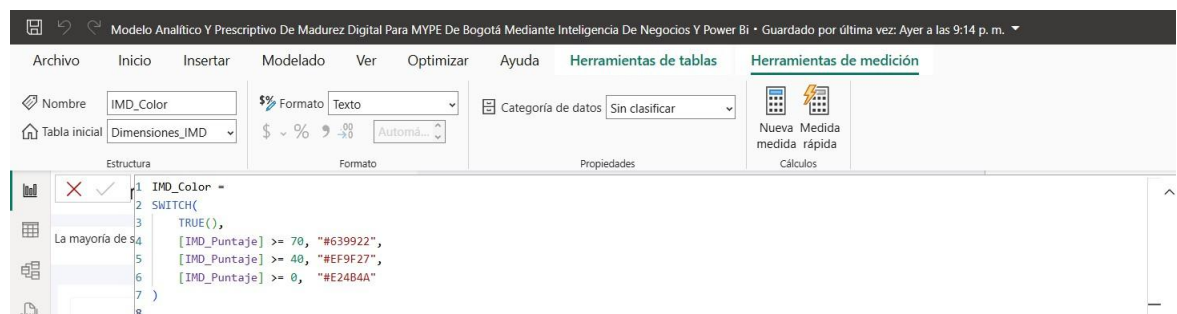


Figura G2. Implementación en Power BI de la medida auxiliar IMD_Color para asignación de

colores según nivel de madurez digital.

Fuente: Elaboración propia (2026).

Lectura analítica de la implementación

El motor de reglas prescriptivo:

- Traduce los puntajes del IMD en niveles comprensibles (bajo, medio, alto).
- Ofrece recomendaciones estratégicas adaptadas a cada nivel.
- Se implementa en Power BI mediante medidas auxiliares como IMD_Color, que enriquecen la visualización y facilitan la interpretación intuitiva.
- Garantiza que los resultados del índice no solo sean numéricos, sino también accionables para la toma de decisiones empresariales y políticas públicas.