

Ingeniería de una plataforma web para la evaluación de la madurez digital de microemprendimientos ecuatorianos

Engineering a Web Platform for Assessing the Digital Maturity of Ecuadorian Micro-Entrepreneurs

Ivanna Sánchez-Montero¹ <https://orcid.org/0000-0002-0029-6265>, Joel Morales Játiva¹ <https://orcid.org/0009-0009-9661-8529>, Viviana Elizabeth Cajas-Cajas² <https://orcid.org/0000-0002-7688-6966>

¹Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato, Ecuador
ivannasanchez@uti.edu.ec, jmorales44@indoamerica.edu.ec

²Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador
viviana.cajasc@uisek.edu.ec



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0

Enviado: 2026/07/11

Aceptado: 2026/08/27

Publicado: 2026/10/14

Resumen

La transformación digital constituye un desafío para los microemprendimientos ecuatorianos, debido a la limitada disponibilidad de herramientas accesibles y metodológicamente fundamentadas que permitan diagnosticar su nivel de madurez digital. Este artículo presenta el diseño y la ingeniería de una plataforma web gratuita, desarrollada en español, para la evaluación de la madurez digital de los microemprendimientos, con énfasis en la construcción del instrumento de medición y la arquitectura tecnológica que soporta su funcionamiento. El instrumento fue elaborado mediante un proceso sistemático de revisión, comparación y adaptación de modelos de madurez digital reconocidos, entre ellos, modelos para pequeñas y medianas empresas, el Digital Maturity Assessment de la Comisión Europea y el instrumento Chequeo Digital desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) e implementado en Ecuador por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). A partir de este proceso se definieron seis dimensiones y veintiún ítems de evaluación adaptados al contexto de los microemprendimientos ecuatorianos. El nivel de madurez digital fue calculado mediante un índice compuesto basado en la metodología de la OCDE y el Joint Research Centre (JRC), aplicando normalización mín-máx, agregación lineal con ponderación equitativa y generación automatizada de recomendaciones. La plataforma desarrollada representa una herramienta

Sumario: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones.

Como citar: Sánchez-Montero, I., Morales, J. & Cajas-Cajas, V. (2026). Ingeniería de una plataforma web para la evaluación de la madurez digital de microemprendimientos ecuatorianos. *Revista Tecnológica - Espol*, 38(E1), 154-171. <https://doi.org/10.37815/rte.v38nE1.1591>

tecnológica orientada a facilitar diagnósticos digitales y constituye la base para estudios empíricos posteriores con microemprendimientos ecuatorianos, contribuyendo al diseño de estrategias de transformación digital contextualizadas.

Palabras clave: autodiagnóstico, emprendimientos, madurez digital, transformación digital, plataforma web.

Abstract

Digital transformation represents a challenge for Ecuadorian microenterprises due to the limited availability of accessible and methodologically grounded tools to assess their digital maturity level. This article presents the design and engineering of a free web-based platform, developed in Spanish, for evaluating the digital maturity of microenterprises, focusing on the construction of the assessment instrument and the technological architecture supporting its operation. The instrument was developed through a systematic process of review, comparison, and adaptation of recognized digital maturity models, including references from models designed for small and medium-sized enterprises, the European Commission's Digital Maturity Assessment, and the Digital Checkup instrument developed by the Inter-American Development Bank (IDB) and implemented in Ecuador by the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Based on this process, six dimensions and twenty-one assessment items were defined and adapted to the Ecuadorian microenterprise context. The digital maturity level was calculated through a composite index based on the methodology proposed by the OECD and the Joint Research Centre (JRC), applying min-max normalization, linear aggregation with equal weighting, and automated recommendation generation. The developed platform provides a technological tool to facilitate digital maturity diagnostics and establishes the foundation for future empirical studies with Ecuadorian microenterprises, contributing to the design of contextualized digital transformation strategies.

Keywords: self-assessment, entrepreneurship, digital maturity, digital transformation, web platform.

Introducción

La transformación digital se ha consolidado como uno de los principales impulsores del desarrollo económico del siglo XXI, redefiniendo la competitividad, la productividad y la capacidad de innovación de las organizaciones (Vial, 2019; Verhoef et al., 2021). La crisis provocada por el COVID-19 aceleró drásticamente este proceso y evidenció que la adopción de tecnologías digitales no constituye únicamente una ventaja competitiva, sino también un factor crítico de resiliencia y, en numerosos casos, de supervivencia empresarial (Kraus et al., 2020). En economías en desarrollo, la digitalización adquiere una relevancia aún mayor, ya que permite ampliar el acceso a mercados, optimizar procesos y generar crecimiento inclusivo aun en contextos de recursos limitados (World Bank, 2016).

En América Latina, los emprendimientos y las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) representan una parte fundamental del tejido productivo y son actores clave para la generación de empleo y la dinamización económica. Sin embargo, su nivel de digitalización continúa siendo limitado. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) estima que cerca del 70 % de las mipymes de la región no cuenta con presencia digital y que gran parte de estas utiliza internet de manera pasiva, sin aprovechar plenamente sus capacidades transaccionales o estratégicas (Dini et al., 2021). En Ecuador, esta situación es consistente con la

realidad regional: un autodiagnóstico aplicado a 617 empresas reveló que la mayoría se encuentra en niveles iniciales o novatos de madurez digital, reflejando una adopción principalmente reactiva, fragmentada y de corto plazo (Granda & Campoverde, 2022).

Más allá de la brecha de acceso tecnológico, persiste un problema profundo relacionado con la ausencia de mecanismos de diagnóstico claros, sistemáticos y contextualizados que permitan a los microemprendimientos conocer objetivamente su situación frente a la transformación digital. En muchos casos, los emprendedores desconocen su nivel real de desarrollo digital, carecen de criterios técnicos para identificar fortalezas y debilidades, priorizar áreas críticas de mejora o establecer una secuencia lógica para la incorporación progresiva de tecnologías. Esta limitación dificulta la formulación de estrategias de digitalización alineadas con las necesidades específicas del negocio y con su capacidad de implementación.

Como consecuencia, las decisiones de inversión en tecnologías digitales suelen sustentarse en percepciones subjetivas, recomendaciones informales o tendencias coyunturales del mercado, en lugar de basarse en un diagnóstico estructurado de las capacidades organizacionales. Ello puede generar asignaciones ineficientes de recursos, adopciones tecnológicas poco sostenibles e incluso el abandono de iniciativas digitales que no producen los resultados esperados. Esta situación resulta especialmente crítica en los microemprendimientos, donde las restricciones financieras, la limitada disponibilidad de talento especializado y la escasa planificación estratégica reducen el margen para corregir decisiones equivocadas. Paralelamente, numerosos programas públicos y privados, orientados al fortalecimiento empresarial, ofrecen soluciones estandarizadas que no consideran el nivel de desarrollo digital particular de cada organización, lo que limita la efectividad de las intervenciones y dificulta la construcción de procesos de mejora continua adaptados a las necesidades reales de cada emprendimiento (Dini et al., 2021).

En este contexto, el concepto de madurez digital constituye un marco de referencia que permite comprender la transformación digital como un proceso evolutivo y medible, superando la visión reduccionista centrada únicamente en la adquisición de tecnologías. La madurez digital puede entenderse como el grado en que una organización ha adoptado, integrado y sistematizado tecnologías digitales en sus procesos, cultura organizacional, estrategia y modelo de negocio, generando capacidades que favorecen la innovación, la eficiencia operativa y la creación de valor sostenible (Vial, 2019). Desde esta perspectiva, la digitalización representa únicamente una fase inicial enfocada en la conversión de procesos analógicos en digitales, mientras que la madurez digital implica una transformación organizacional integral en la que la tecnología se convierte en un habilitador estratégico para mejorar el desempeño empresarial y fortalecer la competitividad.

Diversos estudios coinciden en que alcanzar mayores niveles de madurez digital requiere mucho más que incorporar herramientas tecnológicas. La evidencia demuestra que el éxito de la transformación digital depende de la articulación entre factores tecnológicos y organizacionales, entre los que destacan la definición de una estrategia digital, el compromiso del liderazgo, la existencia de una cultura orientada a la innovación, el desarrollo de competencias digitales en las personas y la capacidad de gestionar el cambio organizacional (Kane et al., 2015). En consecuencia, evaluar la madurez digital implica analizar de forma integrada múltiples dimensiones que reflejan tanto las capacidades tecnológicas como las capacidades de gestión necesarias para sostener procesos de transformación a largo plazo.

Bajo este enfoque, los modelos de madurez digital se han consolidado como herramientas metodológicas que permiten diagnosticar el estado actual de una organización, identificar brechas

respecto a niveles superiores de desarrollo y orientar la definición de planes de mejora. Un modelo de madurez describe la evolución de una entidad a lo largo de una secuencia de etapas, cada una caracterizada por capacidades y prácticas organizacionales específicas, permitiendo posicionarla dentro de una trayectoria progresiva de desarrollo (de Bruin et al., 2005; Becker et al., 2009; Mettler, 2011). Además de facilitar la evaluación comparativa, estos modelos proporcionan una base objetiva para la toma de decisiones estratégicas, el seguimiento del avance de la transformación digital y la priorización de acciones que incrementen la capacidad competitiva de las organizaciones en entornos cada vez más digitalizados.

Para evaluar este nivel de madurez, diversos autores han propuesto modelos que priorizan distintas dimensiones. El modelo de Schumacher et al. (2016) fue desarrollado para contextos de industria 4.0 y enfatiza dimensiones tecnológicas y organizacionales avanzadas, mientras que Berghaus y Back (2016) identificaron cinco etapas evolutivas de transformación digital en más de 400 organizaciones. Las revisiones sistemáticas muestran que estas propuestas varían considerablemente en estructura y alcance y que muchas resultan conceptualmente ambiguas o poco adecuadas para pequeñas empresas (Teichert, 2019; Mittal et al., 2018; Thordsen et al., 2020). A pesar de esta diversidad, existe convergencia en un conjunto de dimensiones fundamentales que aparecen de manera recurrente: estrategia, tecnología, personas y cultura, procesos, datos y clientes.

Estas dimensiones constituyen la base de instrumentos consolidados orientados al segmento pyme. Entre ellos, North et al. (2020) propusieron un marco de crecimiento habilitado digitalmente, mientras que Williams et al. (2024) desarrollaron y validaron, mediante un enfoque mixto, un modelo específico para pymes basado en seis dimensiones: estrategia, productos y servicios, tecnología, personas y cultura, gestión y procesos. Asimismo, el Digital Maturity Assessment (DMA), desarrollado por la Comisión Europea a través del Joint Research Centre (JRC) y la red de European Digital Innovation Hubs, evalúa seis dimensiones y genera una puntuación compuesta en escala de 0 a 100 (European Commission, 2024; European Commission & Joint Research Centre, 2023). El diseño de esta herramienta se fundamenta en principios de construcción de indicadores compuestos y ha sido utilizado en investigaciones revisadas por pares, como estudios aplicados a pymes manufactureras en Luxemburgo (Orošnjak et al., 2025). En el contexto emprendedor, Tiggemann Prando et al. (2025) desarrollaron una escala de potencial emprendedor para la transformación digital basada en teoría de respuesta al ítem, identificando tres niveles de desarrollo: bajo, intermedio y alto.

Aunque existen herramientas regionales aplicadas a empresas ecuatorianas (Granda & Campoverde, 2022; Inter-American Development Bank, 2022) y utilizadas como referencia en estudios nacionales sobre mipymes (Armijos De La Cruz & Palacios Meléndez, 2024), persiste una brecha importante en la literatura. Los trabajos que documenten rigurosamente la ingeniería de un instrumento específicamente diseñado para microemprendimientos, que sea breve, accesible, gratuito, en español, metodológicamente transparente y capaz de generar recomendaciones accionables son escasos. Los microemprendimientos presentan características organizativas, operativas y de gestión particulares que limitan la aplicabilidad directa de modelos de madurez digital diseñados para organizaciones de mayor tamaño.

En este contexto, existe una necesidad de desarrollar enfoques que reconozcan sus recursos limitados, sus estructuras más flexibles y sus capacidades tecnológicas diferenciadas, permitiendo una evaluación de la madurez digital acorde con su realidad y sus necesidades específicas. En consecuencia, el objetivo de este trabajo es diseñar y desplegar una herramienta de diagnóstico de la madurez digital para microemprendimientos ecuatorianos, cuyo instrumento

esté sustentado en investigaciones validadas y ampliamente citadas y cuyo cálculo sea transparente y reproducible, entregado a través de una plataforma web abierta. La validación empírica de las propiedades psicométricas del instrumento con emprendedores queda fuera del alcance de este estudio y constituye una línea futura de investigación.

La relevancia y originalidad de esta propuesta se centran en tres aspectos. Primero, se enfoca en los microemprendimientos, un sector poco considerado en los modelos de madurez digital existentes. Segundo, el instrumento se construye adaptando y combinando elementos de modelos previamente desarrollados, de acuerdo con la realidad de este tipo de negocios. Tercero, permite no solo conocer el nivel de madurez digital, sino también identificar los aspectos que requieren mayor atención. En este sentido, el aporte principal del trabajo está en ofrecer una herramienta adaptada a las necesidades reales de los microemprendimientos.

Materiales y Métodos

La presente investigación es de carácter aplicado y adopta un enfoque no experimental, orientado al diseño e implementación de una plataforma web para la evaluación de la madurez digital de microemprendimientos. El estudio busca desarrollar una herramienta tecnológica fundamentada en la literatura científica que permita diagnosticar el nivel de madurez digital de los emprendimientos y proporcionar información útil para orientar procesos de mejora continua.

Metodológicamente, la investigación se enmarca en la tradición del diseño de modelos de madurez, la cual propone un proceso estructurado e iterativo para garantizar el rigor en la construcción, adaptación y operacionalización de los instrumentos de evaluación. Este enfoque establece que un modelo de madurez debe sustentarse en bases conceptuales sólidas, definir dimensiones de análisis claramente delimitadas y ofrecer criterios objetivos para valorar el nivel de desarrollo de una organización (de Bruin et al., 2005; Mettler, 2011).

El desarrollo de la investigación se estructuró en cinco fases secuenciales: (1) revisión documental de modelos de madurez digital de alcance internacional y regional, con el propósito de identificar las dimensiones e indicadores más relevantes; (2) selección, comparación y adaptación de las dimensiones e ítems del instrumento de evaluación al contexto de los microemprendimientos ecuatorianos; (3) definición del modelo de puntuación y del Índice de Madurez Digital; (4) diseño e implementación de la arquitectura y de la plataforma web para automatizar el proceso de evaluación; y (5) fundamentación metodológica del instrumento mediante la trazabilidad entre cada dimensión, sus ítems y la literatura científica que respalda su inclusión.

Método de selección del instrumento

El primer compromiso metodológico consistió en construir el instrumento mediante un proceso de triangulación de modelos y herramientas ampliamente utilizadas para la evaluación de la madurez digital, en lugar de adoptar íntegramente un único instrumento. Este enfoque responde a la recomendación de integrar elementos provenientes de diferentes modelos validados para obtener evaluaciones más completas y robustas (Williams et al., 2024). Como se muestra en la Figura 1, el procedimiento se estructuró en cuatro capas.

La capa de fundamento estableció la base conceptual de los modelos de madurez digital, identificando las dimensiones recurrentes reportadas en la literatura especializada sobre diseño de modelos de madurez (de Bruin et al., 2005; Becker et al., 2009; Mettler, 2011) y en modelos ampliamente reconocidos (Schumacher et al., 2016; Berghaus & Back, 2016; Teichert, 2019; Thordsen et al., 2020).

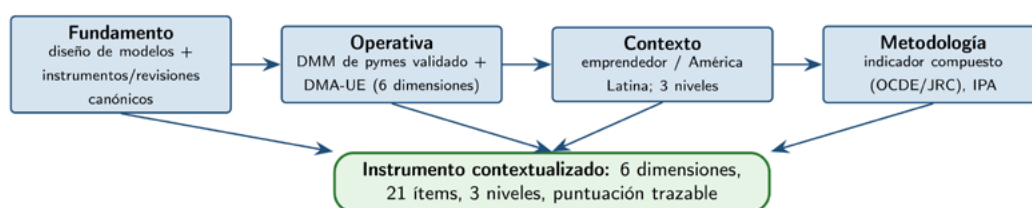
La capa operativa definió la estructura del instrumento mediante la integración de un modelo de madurez digital validado para pequeñas y medianas empresas (Williams et al., 2024), el Digital Maturity Assessment de la Comisión Europea (European Commission, 2024) y el instrumento Chequeo Digital, desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) e implementado en Ecuador por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (Inter-American Development Bank, 2022; Granda & Campoverde, 2022). Estas fuentes proporcionaron dimensiones, criterios de evaluación y elementos de operacionalización que posteriormente fueron analizados, comparados y adaptados.

La capa de contextualización adecuó las dimensiones, los indicadores y los ítems a las características de los microemprendimientos ecuatorianos, incorporando además la interpretación de los niveles de madurez propuesta para emprendimientos latinoamericanos (Tiggemann Prando et al., 2025; Dini et al., 2021).

Finalmente, el componente metodológico definió el procedimiento para la construcción del Índice de Madurez Digital mediante la metodología para el desarrollo de indicadores compuestos propuesta por la OCDE y el Joint Research Centre (OECD/JRC, 2008), así como la priorización de recomendaciones utilizando el análisis importancia-desempeño (Martilla & James, 1977).

Figura 1

Método de selección del instrumento por capas



El instrumento contextualizado

El instrumento comprende seis dimensiones y veintiún ítems. Las seis dimensiones son recurrentes en los instrumentos validados previamente, restringidas a aquellas que un microemprendedor puede autoevaluar de forma fiable. Las dimensiones difíciles de autodiagnosticar en un negocio unipersonal se excluyeron, decisión de alcance consistente con las preocupaciones de aplicabilidad a las pymes señaladas en las revisiones (Thordsen et al., 2020; Mittal et al., 2018). Los veintiún ítems fueron seleccionados mediante un proceso de comparación y trazabilidad bibliográfica entre los modelos de referencia, conservando únicamente aquellos indicadores recurrentes, metodológicamente sustentados y pertinentes para caracterizar la madurez digital de los microemprendimientos ecuatorianos, además de ser susceptibles de autoevaluación por parte del emprendedor. La Tabla 1 mapea cada dimensión a su fundamento en las fuentes validadas y muestra la convergencia con el referente regional.

Cada ítem se evalúa mediante una escala ordinal de tres niveles con puntuaciones de 0 (bajo), 1 (medio) y 2 (alto), siguiendo una escala tipo Likert. Esta estructura fue seleccionada por su simplicidad de interpretación y facilidad de aplicación en procesos de autoevaluación, lo que permite que los emprendedores comprendan los resultados obtenidos. La clasificación en tres niveles coincide con enfoques validados para la evaluación de capacidades y madurez en emprendimientos (Tiggemann Prando et al., 2025).

Tabla 1

Dimensiones, ítems del instrumento y su fundamento en fuentes validadas

Dimensión	Ítem	Aspecto evaluado	Fundamento en fuentes validadas
D1. Tecnologías y habilidades digitales	I1	Equipamiento informático dedicado al negocio	Eje tecnológico recurrente (Schumacher <i>et al.</i> , 2016; Teichert, 2019); “preparación digital” del DMA-UE (European Commission, 2024); “tecnología” del modelo para pymes (Williams <i>et al.</i> , 2024). Referente regional: dimensión homónima (Granda & Campoverde, 2022).
	I2	Tipo de conexión a internet	
	I3	Programas y aplicaciones de uso general (ofimática y nube)	
D2. Comunicaciones y canales de venta	I4	Nivel transaccional de los canales digitales (información, pedido y pago en línea)	Canales digitales y comercio electrónico, desafío central de las mipymes de la región (Dini <i>et al.</i> , 2021); conectividad en la escala emprendedora (Tiggemann Prando <i>et al.</i> , 2025).
	I5	Medios de pago disponibles para los clientes	
	I6	Atención al cliente digital fuera del horario laboral	
D3. Organización y personas	I7	Aprendizaje de nuevas herramientas digitales en el último año	“Digitalización centrada en las personas” del DMA-UE (European Commission, 2024); “personas y cultura” y “gestión” del modelo para pymes (Williams <i>et al.</i> , 2024); capital humano (North <i>et al.</i> , 2020).
	I8	Plan de desarrollo de habilidades digitales del equipo	
	I9	Software para la coordinación del trabajo interno	
	I10	Gestión del soporte técnico y del desarrollo tecnológico	
	I11	Plan para incorporar o mejorar el uso de tecnología	
D4. Estrategia y transformación digital	I12	Liderazgo y gobernanza de las decisiones tecnológicas	“Estrategia de negocio digital” del DMA-UE (European Commission, 2024); “estrategia” del modelo para pymes (Williams <i>et al.</i> , 2024); primacía de la estrategia (Kane <i>et al.</i> , 2015; Vial, 2019). El ítem I15 responde a la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales del Ecuador.
	I13	Uso de inteligencia artificial en actividades productivas	
	I14	Medidas de ciberseguridad (contraseñas, respaldos y actualizaciones)	
	I15	Protección de los datos personales de los clientes	
D5. Datos y analítica	I16	Gestión de la base de datos de clientes	“Gobernanza y conectividad de datos” del DMA-UE (European Commission, 2024); etapa de “empresa orientada por datos” (Berghaus & Back, 2016); “cultura orientada por datos” (Tiggemann Prando <i>et al.</i> , 2025).
	I17	Tipos de datos que se recopilan	
	I18	Uso de los datos para la toma de decisiones	
D6. Procesos	I19	Control de inventario o agenda de servicios	“Automatización e inteligencia artificial” del DMA-UE (European Commission, 2024); “procesos” del modelo para pymes (Williams <i>et al.</i> , 2024); digitalización de procesos (Vial, 2019; Verhoef <i>et al.</i> , 2021).
	I20	Software de gestión financiera y contable	
	I21	Automatización de flujos de trabajo	

Nota. El instrumento evalúa 21 ítems distribuidos en seis dimensiones. Cada ítem se responde en una escala ordinal de tres niveles: 0 = bajo, 1 = medio y 2 = alto. Las dimensiones se fundamentan en Chequeo Digital (Inter-American Development Bank, 2022) y Granda y Campoverde (2022), mientras que los ítems fueron elaborados a partir de Williams *et al.* (2024), European Commission (2024) y Tiggemann Prando *et al.* (2025).

La contextualización del instrumento al entorno de los microemprendimientos ecuatorianos se realizó mediante tres adaptaciones. En primer lugar, el lenguaje de los ítems y

de las opciones de respuesta se formuló utilizando acciones concretas y observables, evitando la terminología técnica para favorecer una autoevaluación clara y consistente. En segundo lugar, se incorporó un ítem relacionado con la protección de datos personales, alineado con la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales del Ecuador, con el propósito de reflejar un requisito regulatorio relevante para el contexto nacional que no se encuentra explícitamente considerado en el instrumento europeo. Finalmente, el cuestionario se diseñó con una extensión de veintiún ítems, seleccionados por su relevancia y respaldo en la literatura, con el fin de disminuir el tiempo de respuesta y la carga cognitiva del emprendedor sin comprometer la cobertura de las dimensiones esenciales de la madurez digital.

El modelo de puntuación

El modelo de puntuación se construyó como un indicador compuesto, siguiendo el procedimiento propuesto en el Handbook on Constructing Composite Indicators de la OCDE y el Joint Research Centre (JRC), que comprende las etapas de selección de indicadores, normalización, ponderación y agregación (OECD/JRC, 2008). El diseño del modelo privilegia la simplicidad y la transparencia, de modo que el cálculo pueda ser comprendido y reproducido fácilmente por el usuario final.

Sea (i) el índice de las seis dimensiones y (j) el índice de los ítems pertenecientes a cada dimensión. Cada ítem (P_{ij}) adopta uno de los valores ordinales del conjunto $\{0,1,2\}$, mientras que (Q_i) representa el número de ítems asociados a la dimensión (i). El puntaje bruto de cada dimensión se obtiene mediante la suma de los puntajes de sus respectivos ítems:

$$(S_i = \sum_j P_{ij}) \text{ (Ec. 1)}$$

Dado que las dimensiones contienen entre tres y cinco ítems, los puntajes brutos no son directamente comparables. Para homogeneizar la escala de medición, cada puntaje se normaliza mediante el método mín-máx, considerando 0 como valor mínimo y el puntaje máximo posible de la dimensión como valor máximo ($(Q_i \times 2)$):

$$(N_i = \frac{S_i}{Q_i \times 2} \times 100) \text{ (Ec. 2)}$$

La ponderación de las dimensiones se estableció de forma equitativa ($(W_i = 1/6)$), siguiendo la recomendación de la OCDE/JRC de utilizar pesos iguales cuando no existe evidencia estadística o fundamento teórico suficiente para asignar ponderaciones diferenciadas (OECD/JRC, 2008). Este criterio también es consistente con el enfoque del Digital Maturity Assessment de la Comisión Europea, en el que todas las dimensiones contribuyen de manera equivalente al resultado global.

El Índice de Madurez Digital (IMD) se obtiene mediante agregación lineal de las seis dimensiones normalizadas:

$$(IMD = \sum_i W_i N_i = \frac{1}{6} \sum_i N_i) \text{ (Ec. 3)}$$

El índice resultante toma valores entre 0 y 100 y, debido a la igualdad de ponderaciones, equivale al promedio de las seis dimensiones normalizadas, lo que facilita su interpretación y reproducibilidad.

Tanto el IMD como los valores normalizados de cada dimensión ((N_i)) se clasifican en tres niveles de madurez: incipiente (0–33,33), en transición (33,34–66,66) y consolidado

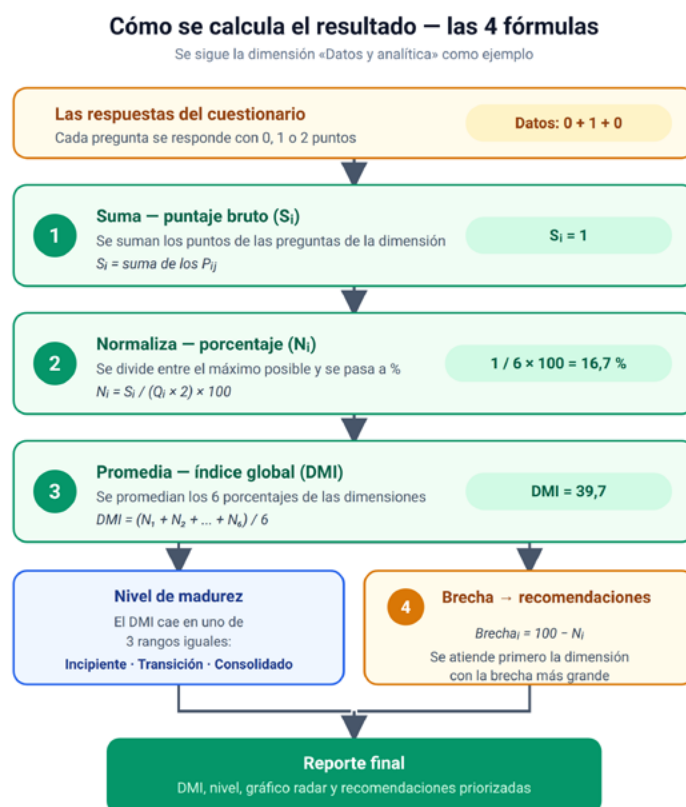
(66,67–100). Esta clasificación mantiene la estructura progresiva característica de los modelos de madurez (de Bruin et al., 2005; Becker et al., 2009) y resulta consistente con los esquemas de evaluación simplificados, utilizados en instrumentos dirigidos a emprendimientos (Tiggemann Prando et al., 2025).

Finalmente, la priorización de las recomendaciones se realizó mediante un análisis importancia-desempeño (Importance–Performance Analysis, IPA) (Martilla & James, 1977). Considerando que todas las dimensiones poseen la misma importancia relativa, la brecha de desempeño de cada dimensión se calcula como:

$$(\text{Brecha}_i = 100 - N_i) \text{ (Ec. 4)}$$

Las dimensiones se ordenan de forma descendente según su brecha, priorizando aquellas con menor nivel de desempeño para orientar las acciones de mejora. La Figura 2 resume el procedimiento completo mediante un ejemplo numérico.

Figura 2
El modelo de puntuación como cuatro operaciones encadenadas

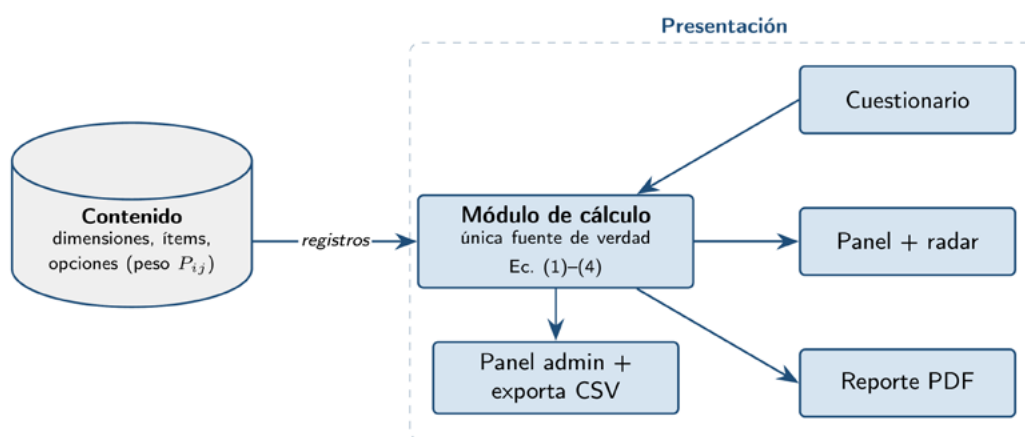


Ingeniería de la plataforma

El instrumento y el modelo se operacionalizan como una aplicación web gratuita, en español, respaldada por una base de datos relacional. La contribución de la ingeniería no radica en la elección de marcos de desarrollo, sino en un conjunto de decisiones que garantizan que el cálculo definido se ejecute de forma fiel, única y reproducible. Como se observa en la Figura 3, la plataforma separa tres responsabilidades: el contenido del instrumento (dimensiones, ítems y opciones con su puntaje 0/1/2), almacenado como datos en lugar de codificado en el programa; la lógica de cálculo, concentrada en un único módulo; y la presentación (cuestionario interactivo, panel de resultados y reporte). Dos decisiones son centrales; primera, el cuestionario

se almacena como datos editables: cada opción es un registro cuyo peso es el valor P_{ij} que alimenta la ecuación 1, de modo que el instrumento puede revisarse sin reprogramar el cálculo y la correspondencia entre respuesta y puntaje queda explícita y auditable. Segunda, toda la aritmética vive en un único módulo de cálculo invocado por igual por el cuestionario, el panel de resultados, el panel de administración y el reporte PDF. De este modo, un mismo conjunto de respuestas produce siempre el mismo diagnóstico. Este principio de única fuente de verdad evita inconsistencias entre las distintas superficies de la plataforma. La plataforma se encuentra desplegada y en operación, con acceso público y gratuito: no exige pago, licencia ni registro institucional y basta un navegador web para completar el diagnóstico y descargar el reporte. Está disponible públicamente en <https://semilla.indoamericattech.com> (Sánchez-Montero et al., 2026). Las figuras 5 y 6 documentan, respectivamente, el flujo de uso y la interfaz de resultados del sistema en funcionamiento.

Figura 3
Arquitectura de la plataforma



Resultados y Discusión

De acuerdo con el alcance definido para esta investigación, esta sección presenta los principales resultados obtenidos: el instrumento de evaluación, el modelo de puntuación, la plataforma web desarrollada y la fundamentación metodológica de su contenido. En consecuencia, no se incluyen resultados derivados de una aplicación empírica del instrumento sobre una población de microemprendimientos. El primer resultado corresponde al instrumento de evaluación, conformado por una matriz de seis dimensiones y veintiún ítems (Tabla 1), cuyos componentes fueron seleccionados mediante un proceso de trazabilidad bibliográfica y contextualizados a la realidad de los microemprendimientos ecuatorianos. Con el propósito de verificar el funcionamiento del modelo de evaluación y del algoritmo de cálculo implementado en la plataforma, se definieron tres emprendimientos como casos de prueba funcional, representativos de los niveles de madurez incipiente, en transición y consolidado. La Tabla 2 presenta el cálculo del Índice de Madurez Digital (IMD) para cada caso, mientras que la Figura 4 muestra sus respectivos perfiles radiales.

El emprendimiento A (IMD = 14,9), clasificado en el nivel incipiente, evidencia una adopción limitada de tecnologías digitales y una ausencia de capacidades en la dimensión de datos y analítica. El emprendimiento B (IMD = 39,7), correspondiente al nivel en transición, presenta fortalezas en infraestructura tecnológica, aunque mantiene brechas relevantes en las dimensiones de datos y analítica y organización. El análisis de brechas identifica como prioridades

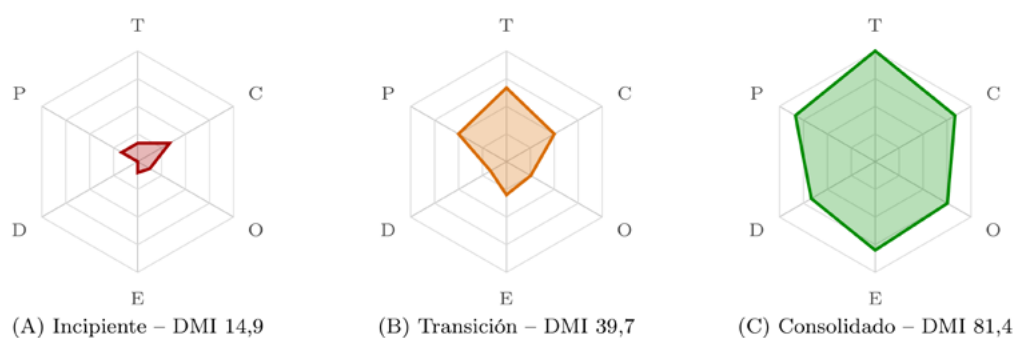
de intervención las dimensiones de datos y analítica (83,3), organización (75,0), estrategia (70,0), comunicaciones y procesos (50,0) y tecnologías (33,3). Por su parte, el emprendimiento C (IMD = 81,4), clasificado en el nivel consolidado, alcanza valores superiores al umbral de 66,7 en todas las dimensiones evaluadas. Los perfiles radiales muestran una progresión consistente entre los tres casos de prueba y facilitan la identificación del equilibrio relativo entre dimensiones. Los tres casos fueron contruidos para representar los tres niveles previstos por el modelo. En consecuencia, permiten verificar que el algoritmo produce resultados coherentes y reproducibles con las entradas diseñadas, pero no constituyen evidencia sobre el comportamiento del instrumento frente a respuestas de microemprendimientos reales.

Tabla 2
Cálculo del Índice de Madurez Digital para los tres casos de prueba funcional

Dimensión	Q_i	A. Incipiente (S_i / N_i)	B. En transición (S_i / N_i)	C. Consolidado (S_i / N_i)
Tecnologías y habilidades digitales	3	1 / 16,7	4 / 66,7	6 / 100,0
Comunicaciones y canales de venta	3	2 / 33,3	3 / 50,0	5 / 83,3
Organización y personas	4	1 / 12,5	2 / 25,0	6 / 75,0
Estrategia y transformación digital	5	1 / 10,0	3 / 30,0	8 / 80,0
Datos y analítica	3	0 / 0,0	1 / 16,7	4 / 66,7
Procesos	3	1 / 16,7	3 / 50,0	5 / 83,3
IMD (promedio de N_i)	—	14,9	39,7	81,4
Nivel de madurez	—	Incipiente	En transición	Consolidado

Nota. Q_i representa el número de ítems de la dimensión; S_i , el puntaje bruto obtenido; y N_i , el puntaje normalizado en una escala de 0 a 100. El Índice de Madurez Digital (IMD) corresponde al promedio simple de los seis valores N_i , conforme a la ponderación equitativa propuesta por OECD/JRC (2008). Los tres casos corresponden a escenarios de prueba funcional del algoritmo y no a datos empíricos.

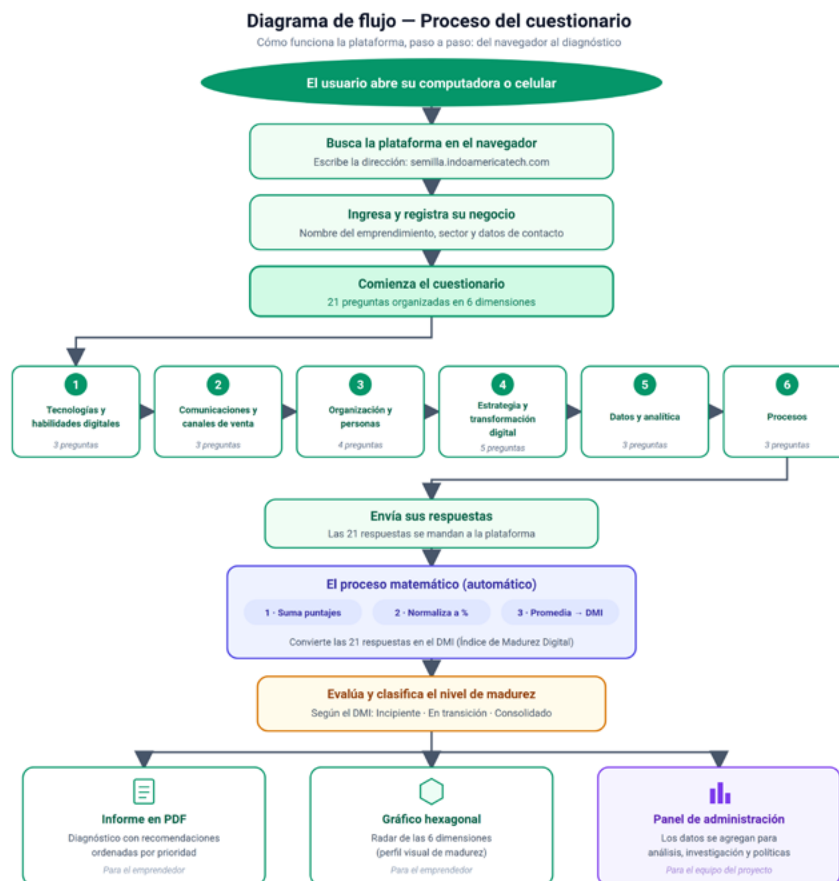
Figura 4
Perfiles radiales de los tres emprendimientos de la Tabla 2



El segundo resultado es la plataforma funcional. Como se ilustra en la Figura 5, el emprendedor sigue un flujo de cuatro pasos: registra los datos básicos de su negocio, responde los veintidós ítems, la plataforma aplica el modelo y el emprendedor recibe un panel en pantalla (IMD, nivel y gráfico radar) y un reporte PDF descargable de dos partes: un diagnóstico y un conjunto de recomendaciones. De acuerdo con el principio de proporcionar recomendaciones y

no solo una puntuación, el reporte no comunica solo un puntaje: para cada dimensión presenta una recomendación aplicable acorde con su nivel actual, de modo que el emprendedor identifica de inmediato dónde actuar. Un panel de administración con acceso restringido agrega la muestra y la exporta como valores separados por comas para análisis posterior y constituye el puente hacia el estudio empírico previsto.

Figura 5
Flujo de extremo a extremo de la plataforma

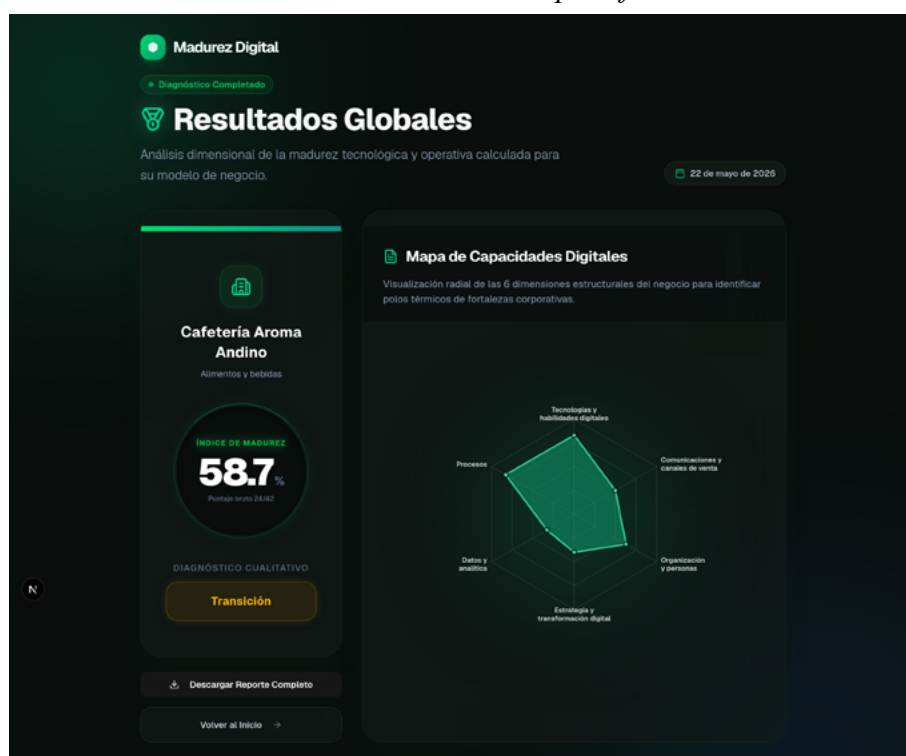


La Figura 6 presenta el panel de resultados que la plataforma entrega al emprendedor al finalizar el cuestionario. En esta interfaz se sintetiza de manera visual e inmediata la información obtenida durante la evaluación, mostrando el Índice de Madurez Digital (IMD) calculado, el nivel de madurez alcanzado de acuerdo con la escala definida por el modelo y un perfil hexagonal que representa el desempeño obtenido en cada una de las seis dimensiones evaluadas. Esta visualización permite identificar de forma rápida las fortalezas y las áreas que requieren mayor atención, facilitando la interpretación de los resultados y proporcionando una base objetiva para la priorización de acciones orientadas a fortalecer el proceso de transformación digital del microemprendimiento.

El tercer resultado corresponde a la fundamentación del contenido del instrumento. En lugar de sustentarse en un panel de expertos individuales, la validez de contenido se apoya en la trazabilidad de cada dimensión e ítem hacia fuentes metodológicas validadas y ampliamente citadas (Tabla 1). En particular, los instrumentos operativos de referencia corresponden a un modelo de madurez digital para pymes validado mediante un enfoque de métodos mixtos (Williams et al., 2024), al Digital Maturity Assessment de la Comisión Europea (European Commission, 2024) y al instrumento Chequeo Digital, desarrollado por el Banco Interamericano

de Desarrollo (BID) e implementado en Ecuador por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) (Inter-American Development Bank, 2022; Granda & Campoverde, 2022).

Figura 6
Panel de resultados de la plataforma



Nota. Captura de pantalla de la plataforma desarrollada. Los valores mostrados corresponden a un caso de prueba funcional y no a datos empíricos.

Asimismo, el conjunto de dimensiones converge con las identificadas de forma recurrente en revisiones sistemáticas sobre madurez digital (Teichert, 2019; Thordsen et al., 2020). La clasificación en tres niveles adopta la interpretación validada para emprendimientos (Tiggemann Prando et al., 2025); y el modelo de puntuación reproduce el procedimiento canónico para la construcción de indicadores compuestos propuesto por la OCDE y el Joint Research Centre (OECD/JRC, 2008), complementado con un análisis de priorización importancia-desempeño (Martilla & James, 1977). Como ocurre con cualquier instrumento de medición, esta fundamentación puede complementarse mediante estudios de validación psicométrica, incorporando análisis de validez de constructo y fiabilidad mediante indicadores como el alfa de Cronbach, o modelos basados en la teoría de respuesta al ítem (Tiggemann Prando et al., 2025). Finalmente, la Tabla 3 presenta una comparación del instrumento propuesto con las dos fuentes operativas y el referente regional Chequeo Digital.

Los resultados de este trabajo evidencian que el principal desafío en el diagnóstico de madurez digital para microemprendimientos no radica únicamente en la disponibilidad de tecnología, sino en la construcción de instrumentos de evaluación que sean simultáneamente rigurosos, accesibles y contextualizados. Esta necesidad es especialmente relevante en economías emergentes, donde la baja adopción digital no siempre responde a una carencia de herramientas, sino a la ausencia de mecanismos claros para medir, interpretar y priorizar la transformación digital (Dini et al., 2021). La propuesta desarrollada responde a una limitación recurrente en la literatura: considerable parte de los modelos de madurez digital disponibles fueron diseñados para grandes organizaciones o entornos industriales, con estructuras extensas y complejas que

dificultan su aplicación en pequeñas empresas (Teichert, 2019; Mittal et al., 2018). En este sentido, el instrumento diseñado aporta una adaptación orientada al microemprendimiento ecuatoriano, manteniendo la trazabilidad hacia modelos validados y ampliamente citados, pero reduciendo la complejidad operativa para facilitar su uso en escenarios reales de autodiagnóstico.

Tabla 3
Comparación del instrumento propuesto con las fuentes operativas y el referente regional

Característica	Instrumento propuesto	DMA-UE y modelo para pymes	Chequeo Digital (referente regional)
Dimensiones	6	6	8
Ítems	21	Definidos por cada instrumento	Hasta 62
Niveles	3	Escala de 0 a 100	5
Ponderación	Equitativa	Equitativa	No especificada
Población objetivo	Microemprendimientos (Ecuador)	Pymes (Unión Europea)	Mipymes (América Latina)
Acceso	Abierto, gratuito y en español	Abierto y validado	Abierto

Nota. Adaptado de European Commission (2024), Williams et al. (2024), Chequeo Digital (Inter-American Development Bank, 2022) y Granda y Campoverde (2022).

Un hallazgo metodológicamente relevante es que la utilidad de un diagnóstico no depende únicamente de las dimensiones evaluadas, sino también de la transparencia de su sistema de puntuación. Diversos instrumentos reportan resultados agregados sin explicitar claramente su lógica de ponderación, lo que reduce su interpretabilidad y dificulta su reproducibilidad. Al reformular el modelo de puntuación como un indicador compuesto explícito (OECD/JRC, 2008), este trabajo fortalece la consistencia metodológica del diagnóstico; asimismo, la adopción de ponderación equitativa entre dimensiones reduce la subjetividad asociada al uso de pesos arbitrarios, especialmente en ausencia de evidencia empírica suficiente para justificar ponderaciones diferenciadas. Desde la perspectiva de la ingeniería de software, la arquitectura basada en una única fuente de verdad constituye un aporte para la confiabilidad del sistema, pues en plataformas de evaluación las inconsistencias entre el cuestionario, las visualizaciones y los reportes pueden comprometer la validez práctica del diagnóstico.

Las implicaciones de esta propuesta son tanto prácticas como estratégicas. En el ámbito del emprendedor, la plataforma transforma un diagnóstico abstracto en información accionable mediante una hoja de ruta priorizada, facilitando la toma de decisiones sobre inversión tecnológica. En el ámbito institucional, un instrumento estandarizado y reproducible puede fortalecer programas de apoyo, incubación o política pública, al permitir segmentar intervenciones según el nivel real de madurez digital de los emprendimientos en lugar de aplicar estrategias homogéneas (Dini et al., 2021). No obstante, los resultados deben interpretarse considerando las limitaciones del estudio. Este trabajo se centra en el diseño y la ingeniería del instrumento, por lo que no presenta aún evidencia empírica sobre validez de constructo, consistencia interna o fiabilidad psicométrica; la validez de contenido se sustenta en la trazabilidad bibliográfica de las dimensiones e ítems, que constituye una base necesaria, aunque insuficiente, para la validación completa del instrumento. Adicionalmente, por tratarse de un autodiagnóstico, la herramienta está sujeta a sesgos de autopercepción y deseabilidad social. Asimismo, el levantamiento de requisitos de la plataforma se apoyó en la literatura y en los instrumentos de referencia, y no en entrevistas a personas propietarias de microemprendimientos; la incorporación de técnicas de

elicitación con usuarios finales permitiría contrastar la formulación de los ítems y la usabilidad de la herramienta. Finalmente, aunque el instrumento conserva seis dimensiones centrales, algunas variables relevantes —como el liderazgo transformacional, la cultura organizacional o la innovación de producto— fueron simplificadas u omitidas para mantener la brevedad y la usabilidad del autodiagnóstico, lo que mejora la accesibilidad, pero reduce la profundidad analítica.

Debe señalarse que, hasta el momento, no se ha levantado información de campo, ya que los resultados presentados corresponden al diseño del instrumento, al modelo de puntuación y a la verificación funcional del algoritmo, y no a una aplicación del instrumento sobre una muestra de microemprendimientos. La recolección de datos constituye una segunda fase de la investigación, ya prevista, cuyo propósito es establecer la línea base de madurez digital del segmento estudiado, examinar las propiedades psicométricas del instrumento —validez de constructo, consistencia interna y fiabilidad— y valorar la utilidad práctica de las recomendaciones generadas. Esa línea base delimitará, a su vez, el punto de partida de los trabajos futuros derivados de esta investigación.

Conclusiones

Este artículo presenta la ingeniería de una plataforma web abierta para la evaluación de la madurez digital de microemprendimientos ecuatorianos, centrándose en el proceso de selección, adaptación y operacionalización del instrumento de evaluación y en la implementación del modelo de puntuación dentro de una arquitectura tecnológica reproducible. El aporte principal del trabajo consiste en documentar una vía reproducible para construir un instrumento de diagnóstico trazable sin recurrir a la construcción de un modelo completamente nuevo, integrando de manera sistemática evidencia proveniente de modelos de madurez digital ampliamente validados. En particular, la propuesta articula la literatura sobre modelos de madurez, un modelo de madurez digital validado para pymes, el Digital Maturity Assessment de la Comisión Europea, el instrumento Chequeo Digital desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) e implementado en Ecuador por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la contextualización al ecosistema emprendedor ecuatoriano y una metodología de puntuación basada en indicadores compuestos de la OCDE/JRC.

Como resultado, se obtuvo una plataforma web gratuita, transparente y disponible en español, diseñada para generar un diagnóstico multidimensional del nivel de madurez digital, identificar las principales brechas y priorizar recomendaciones orientadas a los procesos de transformación digital de los microemprendimientos; su funcionamiento fue verificado mediante casos de prueba funcional del algoritmo de cálculo. Dado que el instrumento no ha sido aplicado todavía a microemprendimientos reales, estas capacidades deben interpretarse como potenciales y no como efectos comprobados: sostener que la herramienta mide efectivamente la madurez digital o que sus recomendaciones producen mejoras exige la validación empírica prevista para la siguiente fase del estudio. Con esa salvedad, la plataforma ofrece una herramienta estandarizada que las instituciones públicas, los gobiernos locales y las organizaciones de apoyo al emprendimiento podrían emplear para homogeneizar procesos de diagnóstico y orientar estrategias de fortalecimiento empresarial.

Como línea futura de investigación, se plantea la aplicación de la plataforma a los microemprendimientos vinculados a los programas de fortalecimiento empresarial de la prefectura de Pichincha, con el propósito de realizar la validación del instrumento, analizar sus propiedades psicométricas, evaluar su utilidad práctica y generar evidencia sobre su contribución

a los procesos de transformación digital en el contexto ecuatoriano. Esta segunda fase permitirá establecer la línea base de madurez digital del segmento y delimitará el alcance de los trabajos posteriores; hasta su culminación, los aportes aquí presentados se circunscriben al diseño, la fundamentación y la ingeniería de la herramienta.

Reconocimientos y Declaraciones

Financiamiento: La Universidad Tecnológica Indoamérica financió la presente investigación mediante la asignación de horas de investigación al equipo investigador y el aporte de recursos económicos provenientes del presupuesto institucional, destinados a la ejecución de las actividades previstas en el proyecto.

Disponibilidad de la plataforma: La plataforma descrita en este artículo es de acceso abierto y gratuito. Su dirección electrónica es: <https://semilla.indoamericattech.com>.

Contribuciones de los autores (taxonomía CRediT): Conceptualización y metodología: Ivanna Sánchez-Montero y Joel Morales Játiva; desarrollo de software y de la plataforma: Joel Morales Játiva; investigación y curación de datos: Ivanna Sánchez-Montero y Joel Morales Játiva; redacción del borrador original: Ivanna Sánchez-Montero y Joel Morales Játiva; redacción, revisión y edición: Ivanna Sánchez-Montero, Joel Morales Játiva y Viviana Elizabeth Cajas-Cajas; supervisión: Ivanna Sánchez-Montero y Viviana Elizabeth Cajas-Cajas.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que, en la elaboración del presente artículo, se han utilizado herramientas de inteligencia artificial generativa (Claude, de Anthropic) como asistente para la redacción y edición del texto y del código fuente de la plataforma. Las tareas asistidas incluyeron la mejora de la claridad y la estructura de la redacción en las secciones de Introducción, Materiales y Métodos, y Resultados y Discusión, así como la depuración del código de la plataforma. Todas las decisiones técnicas, el instrumento, el modelo de puntuación, las figuras y el contenido final fueron concebidos, verificados y aprobados por los autores, quienes asumen la responsabilidad total del contenido del artículo. Ningún sistema de IA se utilizó para generar datos de investigación ni resultados experimentales.

Referencias

- Armijos De La Cruz, B. A., & Palacios Meléndez, J. G. (2024). Madurez digital del e-commerce y desarrollo empresarial de las MIPYMES, provincia de Santa Elena. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 11275–11291. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14509
- Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing maturity models for IT management. *Business & Information Systems Engineering*, 1(3), 213–222. <https://doi.org/10.1007/s12599-009-0044-5>
- Berghaus, S., & Back, A. (2016). Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study. En *Proceedings of the 10th Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS)* (pp. 1–17). AIS Electronic Library. <https://aisel.aisnet.org/mcis2016/22/>
- de Bruin, T., Freeze, R., Kaulkarni, U., & Rosemann, M. (2005). Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. En *Proceedings of the 16th Australasian Conference on Information Systems (ACIS)*. <https://aisel.aisnet.org/acis2005/109/>
- Dini, M., Gligo, N., & Patiño, A. (2021). *Transformación digital de las mipymes: Elementos para el diseño de políticas* (Documentos de Proyectos LC/TS.2021/99). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/47183>

- European Commission. (2024). *Digital maturity assessment (DMA) tool for SMEs*. European Digital Innovation Hubs Network, Joint Research Centre. <https://european-digital-innovation-hubs.ec.europa.eu/dma-tool>
- European Commission, Joint Research Centre. (2023). *Digital maturity assessment (dma) framework: Guidelines for european digital innovation hubs*. European Digital Innovation Hubs Network.
- Granda, M. L., & Campoverde, J. (2022). *¿Cuál es el nivel de digitalización de las empresas en Ecuador? Una aproximación a través de la herramienta Chequeo Digital. Reporte 2020–2021*. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). <https://www.espae.edu.ec/investigacion/publicaciones/cual-es-el-nivel-de-digitalizacion-de-las-empresas-en-ecuador-una-aproximacion-a-traves-de-la-herramienta-chequeo-digital-report-2020-2021/>
- Henriquez, P., & Torrico, B. (2021). *Chequeo digital: ¿Cómo acelerar la transformación digital de las mipyme en América Latina y el Caribe (ALC)?* Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0003607>
- Kane, G. C., Palmer, D., Phillips, A. N., Kiron, D., & Buckley, N. (2015). *Strategy, not technology, drives digital transformation*. MIT Sloan Management Review & Deloitte University Press. https://shop.sloanreview.mit.edu/store/strategy-not-technology-drives-digital-transformation?utm_source=
- Kraus, S., Clauss, T., Breier, M., Gast, J., Zardini, A., & Tiberius, V. (2020). The economics of COVID-19: Initial empirical evidence on how family firms in five European countries cope with the corona crisis. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 26(5), 1067–1092. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-04-2020-0214>
- Martilla, J. A., & James, J. C. (1977). Importance-performance analysis. *Journal of Marketing*, 41(1), 77–79. <https://doi.org/10.1177/002224297704100112>
- Mettler, T. (2011). Maturity assessment models: A design science research approach. *International Journal of Society Systems Science*, 3(1–2), 81–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSS.2011.038934>
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing and Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>
- North, K., Aramburu, N., & Lorenzo, O. J. (2020). Promoting digitally enabled growth in SMEs: A framework proposal. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(1), 238–262. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2019-0103>
- OECD/JRC. (2008). *Handbook on constructing composite indicators: Methodology and user guide*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>
- Orošnjak, M., Kedziora, S., & Desloges, M. (2025). Digital maturity of SMEs in the EU: Leaders and laggards of Luxembourg's manufacturing ecosystem. *Technologies*, 13(12), 541. <https://doi.org/10.3390/technologies13120541>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Teichert, R. (2019). Digital transformation maturity: A systematic review of literature. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 67(6), 1673–1687. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>
- Thorsen, T., Murawski, M., & Bick, M. (2020). How to measure digitalization? A critical evaluation of digital maturity models. En *Responsible design, implementation and use of information and communication technology* (I3E 2020) (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 12066, pp. 358–369). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44999-5_30
- Tiggemann Prando, L., Schmitt, J., de Souza Mendonça, A. K., Rosa, F. S., Lunkes, R. J., Bornia, A. C., & de Andrade, D. F. (2025). Entrepreneurial potential in digital transformation: Scale development using item response theory. *European Journal of Innovation Management*, 28(7), 2784–2814. <https://doi.org/10.1108/EJIM-06-2024-0727>

- Universidad Tecnológica Indoamérica. (s. f.). *Madurez digital — Diagnóstico para emprendimientos* [Plataforma web]. <https://semilla.indoamericattech.com/>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Williams, C., Krumay, B., Schallmo, D., & Scornavacca, E. (2024). Digital maturity model for SMEs: Validation through a mixed-method approach. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 16(1), Artículo 2. <https://doi.org/10.17705/1pais.16102>
- World Bank. (2016). *World development report 2016: Digital dividends*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0671-1>