

Participatory Design of an-ERP for Process Automation in Micro-Businesses

Muñoz Rodríguez, Ángel Joel, Estudiante pregrado ¹, Moreno Osorio, Stevens, Magister ², Tarazona Galán, Héctor Orlando, Magister ³, Reyes Giraldo, Andrés Felipe, Magister ⁴, Arboleda Duque, Andrés Felipe, Magister ⁵, Jaramillo Caicedo, Leidy Johanna, Magister ⁶ and Falla Rubiano, Angie, Magister ⁷

^{1,2,3,4} Author's Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia,
angel.munoz-r@uniminuto.edu.co, stevens.moreno@uniminuto.edu, hector.tarazona@uniminuto.edu,
andres.reyes.g@uniminuto.edu

⁵ Author's Universidad Santiago de Cali, Colombia, dirtecdesis@usc.edu.co

⁶ Author's Universidad San Buenaventura de Cali, Colombia, dirtecdesis@usc.edu.co

⁷ Author's Institución Universitaria Antonio José Camacho, Colombia, afallar@profesores.uniajc.edu.co

Abstract– This study presents the participatory design and implementation of an ERP system called Micro-Gestión, developed to automate critical processes in micro-businesses in Cali, Colombia. The research is based on evidence highlighting the high vulnerability of these productive units due to manual administrative practices and low levels of technological adoption. To address this issue, a hybrid methodology was employed, combining agile development with user-centered co-creation principles and integrating the Technology Acceptance Model (TAM) as an evaluation framework. The system was built on the open-source Odoo platform, leveraging its modular architecture to customize three essential components: CRM, Sales, and Invoicing. Requirements were gathered through three participatory workshops involving four micro-entrepreneurs, who actively contributed to defining workflows, simplifying processes, and validating prototypes. The technical development was carried out by Information Technology students using Python, PostgreSQL, Visual Studio Code, and GitHub under an iterative two-week sprint framework. The results demonstrate significant improvements in operational efficiency. Customer registration time was reduced by 86%, sales processing by 56%, and invoice generation by 95% compared to previous manual methods. The five-step integrated workflow optimized the operational sequence and decreased process errors by 68%. Post-implementation evaluation using a Likert scale showed an average acceptance score of 4.46 out of 5, confirming a high perceived usefulness and ease of use.

Keywords– Microbusinesses, ERP, Participatory Design, Process Automation, Technology Adoption

Diseño Participativo de un ERP para Automatización de Procesos en Micronegocios

Muñoz Rodríguez, Ángel Joel, Estudiante pregrado¹, Moreno Osorio, Stevens, Magister², Tarazona Galán, Héctor Orlando, Magister³, Reyes Giraldo, Andrés Felipe, Magister⁴, Arboleda Duque, Andrés Felipe, Magister⁵, Jaramillo Caicedo, Leidy Johanna, Magister⁶ and Falla Rubiano, Angie, Magister⁷

^{1,2,3,4} Author's Corporación Universitaria Minuto de Dios, Colombia,
angel.munoz-r@uniminuto.edu.co, stevens.moreno@uniminuto.edu, hector.tarazona@uniminuto.edu,
andres.reyes.g@uniminuto.edu

⁵ Author's Universidad Santiago de Cali, Colombia, dirtecdesis@usc.edu.co

⁶ Author's Universidad San Buenaventura de Cali, Colombia, dirtecdesis@usc.edu.co

⁷ Author's Institución Universitaria Antonio José Camacho, Colombia, afallar@profesores.uniajc.edu.co

Resumen— Este estudio presenta el diseño participativo e implementación de un sistema ERP denominado Micro-Gestión, desarrollado para automatizar procesos críticos en micronegocios de Cali, Colombia. La investigación parte de la evidencia que señala la alta vulnerabilidad de estas unidades productivas debido a prácticas administrativas manuales y baja adopción tecnológica. Para abordar esta problemática, se empleó una metodología híbrida que combinó desarrollo ágil con principios de co-creación centrados en el usuario, integrando el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) como marco de evaluación. El sistema fue construido sobre la plataforma de código abierto Odoo, aprovechando su arquitectura modular para personalizar tres componentes esenciales: CRM, Ventas y Facturación. La captura de requisitos se realizó mediante tres talleres participativos con cuatro microempresarios, quienes intervinieron activamente en la definición de flujos de trabajo, simplificación de procesos y validación de prototipos. El desarrollo técnico fue ejecutado por estudiantes de Tecnología en Informática utilizando Python, PostgreSQL, Visual Studio Code y GitHub bajo un esquema iterativo de sprints quincenales. Los resultados evidencian mejoras significativas en eficiencia operativa. El tiempo de registro de clientes se redujo en 86%, el procesamiento de ventas en 56% y la generación de facturas en 95% frente a métodos manuales previos. El flujo integral de cinco pasos optimizó la secuencia operativa y disminuyó errores de proceso en 68%. La evaluación posterior mediante escala Likert mostró una aceptación promedio de 4.46 sobre 5, confirmando alta percepción de utilidad y facilidad de uso.

Palabras clave: Micronegocios, ERP, Diseño Participativo, Automatización de Procesos, Adopción Tecnológica

I. INTRODUCCIÓN

Los micronegocios, definidos como unidades económicas con menos de diez trabajadores, constituyen el eje fundamental del tejido empresarial en Colombia, representando más del 80% del parque empresarial y generando un porcentaje significativo del empleo local [1]. Sin embargo, estos emprendimientos enfrentan una paradoja

constante: mientras son esenciales para la economía, presentan altas tasas de mortalidad durante sus primeros años de operación, situándose alrededor del 60% según reportes recientes [2].

Esta vulnerabilidad encuentra uno de sus principales determinantes en la gestión ineficiente de sus procesos operativos. Estudios como el de Torres-Cardona et al. (2025) [3] evidencian que en la comuna 19 de Cali, específicamente, los micronegocios desarrollan actividades de gestión mediante métodos predominantemente manuales, con un marcado predominio del uso de cuadernos, documentos físicos y, en el mejor de los casos, hojas de cálculo básicas. Estas prácticas, aunque familiares para los propietarios, generan duplicidad de esfuerzos, altos márgenes de error y una limitada capacidad para analizar información que sustente la toma de decisiones [4].

Frente a este escenario, los sistemas de planificación de recursos empresariales se presentan como habilitadores críticos para la optimización de procesos. La literatura especializada consistently señala que la adopción de software de gestión en pequeñas empresas puede traducirse en reducciones de hasta un 30% en tiempo dedicado a tareas administrativas, mejoras en la precisión de los inventarios y una mayor capacidad de respuesta ante las demandas del mercado [5].

Plataformas de código abierto como Odoo emergen como alternativas viables, ofreciendo funcionalidades robustas con costos de implementación accesibles para micronegocios [6]. Sin embargo, existe una brecha significativa entre el potencial documentado de estas herramientas y su adopción real en el segmento de los micronegocios. Investigaciones en contextos latinoamericanos [7], [8] identifican que menos del 25% de estos negocios utiliza software especializado para gestionar sus operaciones. El análisis de esta brecha revela un conjunto de barreras interrelacionadas: restricciones económicas, resistencia al cambio alimentada por limitada alfabetización

digital, y una desconexión entre la funcionalidad del software genérico y las necesidades reales de los micronegocios [9]. Como lo señala Davis [10] en su Modelo de Aceptación Tecnológica, la adopción de una tecnología está determinada fundamentalmente por dos creencias percibidas por el usuario: su utilidad y su facilidad de uso. Cuando el software falla en cumplir con estos dos criterios de manera convincente para el microempresario, el rechazo es la consecuencia casi inevitable [8].

Esta problemática define el punto de partida de la presente investigación. Si el software genérico no se adapta al micronegocio, surge la necesidad de explorar metodologías de desarrollo que inviertan esta lógica: adaptar el software al micronegocio. Este estudio se centra en el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de gestión operativa construido específicamente para micronegocios de Cali, utilizando como base tecnológica el framework de código abierto Odoo e integrando tres módulos clave: CRM, Ventas y Facturación.

La elección de Odoo no es arbitraria. Su arquitectura modular y su naturaleza de código abierto lo convierten en una plataforma ideal para personalizaciones que se alineen con presupuestos limitados [6]. No obstante, la mera disponibilidad tecnológica no garantiza el éxito. Por ello, este proyecto se sustenta en una metodología de co-creación [11], donde el usuario final –el microempresario– deja de ser un sujeto pasivo para convertirse en un agente activo del proceso de desarrollo. La ejecución de tres talleres de co-creación (ver figuras 1, 2 y 3) permitió no solo un diagnóstico profundo de necesidades, sino también la definición colaborativa de los requisitos para los módulos implementados.

El desarrollo técnico fue llevado a cabo por un equipo de formación en Tecnología en Informática, utilizando herramientas profesionales como Visual Studio Code y la plataforma GitHub para gestionar el código de forma colaborativa y eficiente [12]. Este enfoque integral, que combina un marco teórico sólido, una metodología participativa y una stack tecnológico accesible, busca demostrar que es posible superar las barreras tradicionales de adopción.

El objetivo principal de este artículo es, por lo tanto, presentar el proceso completo de creación de esta solución y evaluar preliminarmente su capacidad para automatizar los flujos de trabajo críticos y ser percibida como útil y fácil de usar por sus destinatarios finales. Con esto, se pretende contribuir con un modelo replicable que posicione al software a la medida, desarrollado de manera colaborativa, como una palanca viable para la modernización, la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los micronegocios en Colombia.

II. METODOLOGÍA (MATERIALES Y MÉTODOS)

La creación del sistema de gestión para micronegocios se llevó a cabo utilizando una metodología híbrida que combinó un marco estructurado de desarrollo de software con principios de diseño enfocado en el usuario. El proceso en su totalidad siguió un enfoque iterativo e incremental, ajustando

las mejores prácticas del desarrollo ágil para asegurar flexibilidad y una rápida respuesta a los requisitos que surgían durante las fases de co-creación[13].

La fase de diagnóstico y captura de requisitos fue fundamental y se llevó a cabo a través de tres talleres de co-creación[11] con una muestra de 4 propietarios de micronegocios de diversos sectores en Cali. Como se evidencia en las presentaciones de los talleres, estos encuentros participativos utilizaron materiales específicamente diseñados, como la presentación “Odoo: CRM, Ventas y Facturación” que ilustraba la sinergia entre los módulos a implementar. Las dinámicas incluyeron sesiones de lluvia de ideas, prototipado en papel y demostraciones interactivas del flujo de trabajo propuesto.

Paralelamente a los talleres, se diseñó y aplicó una encuesta de aceptación tecnológica basada en el Modelo TAM (Technology Acceptance Model) [6], [14]. El instrumento, compuesto por 11 ítems validados, midió la Utilidad Percibida (ej. "Creo que usar un sistema de gestión me ayudaría a realizar mis tareas más rápidamente") y la Facilidad de Uso Percibida (ej. "Me parecería fácil aprender a usar un sistema de gestión") usando una escala Likert de 5 puntos. Los resultados de esta encuesta, aplicada a los 4 participantes de los talleres, confirmaron una actitud positiva hacia la utilidad potencial del software, pero también revelaron una aprensión significativa respecto a su complejidad percibida, lo cual orientó decisivamente el diseño hacia la máxima simplicidad e intuición.

Una vez consolidados los requisitos mediante este proceso colaborativo, se procedió a la fase de diseño y modelado del sistema. La solución se concibió como una aplicación web accesible, basada en el framework Odoo, aprovechando su naturaleza de código abierto y su arquitectura modular que facilita las personalizaciones. El desarrollo se centró en tres módulos interconectados: CRM para la gestión de clientes y leads, Ventas para el proceso de cotización a orden de venta, y Facturación para la emisión automática de documentos contables, replicando el flujo unificado presentado en los talleres. Se empleó el lenguaje de programación Python para la lógica de negocio, XML para las vistas y personalizaciones de interfaz, y PostgreSQL como sistema de gestión de base de datos.

La construcción del software se organizó en sprints iterativos de dos semanas. El equipo de desarrollo, compuesto por estudiantes de Tecnología en Informática, utilizó Visual Studio Code como entorno de desarrollo integrado principal, con extensiones específicas para Python y desarrollo web. Para gestionar el código fuente y facilitar el trabajo colaborativo, se empleó la plataforma GitHub [15], [16], [17], creando un repositorio privado donde se administraron las ramas de desarrollo, se revisó el código mediante pull requests y se documentaron los issues. Se implementó un flujo GitFlow simplificado, asegurando la integración continua de características validadas. [18]

Para garantizar la calidad y usabilidad del producto durante su desarrollo, se realizaron ciclos de prueba con los 4

microempresarios participantes, utilizando el prototipo funcional como se planeó en el tercer taller. Estas sesiones, de aproximadamente 2 horas cada una, se centraron en validar los flujos de trabajo más críticos: registro de cliente nuevo, creación de cotización, conversión a orden de venta, y generación automática de factura. La retroalimentación recogida fue incorporada de manera continua en el desarrollo, ajustando elementos de la interfaz de usuario y simplificando procesos que generaban confusión. Se utilizó la técnica de “thinking aloud” para identificar puntos de fricción en tiempo real. El proceso de implementación del sistema piloto se realizó en los 4 micronegocios participantes, donde el software se desplegó en servidores cloud con especificaciones básicas 2 GB RAM, 20 GB almacenamiento. Como se documentó en el segundo taller, se proporcionó a los propietarios una capacitación básica presencial, estructurada en introducción a la interfaz gestión de clientes y productos proceso completo de venta generación de reportes básicos. Adicionalmente, se elaboró y entregó una guía de usuario simplificada con capturas de pantalla e instrucciones paso a paso.

Como resultado del proceso de diseño colaborativo, se desarrolló un Diagrama de Flujo de Uso Integral que representa visualmente el proceso operativo completo de Micro-Gestión. Este diagrama fue validado iterativamente durante los talleres y muestra la secuencia optimizada de 5 pasos clave: (1) Registro/consulta de cliente en CRM, (2) Creación de cotización con validación de inventario, (3) Conversión a orden de venta, (4) Registro de pago, y (5) Generación automática de factura con actualización simultánea de inventario y base de clientes. Cada paso fue diseñado para ejecutarse en menos de 1 minuto, respondiendo al requerimiento crítico de agilidad identificado en el diagnóstico inicial.

La implementación técnica siguió un Esquema de Construcción Iterativo documentado en repositorios GitHub [12]. Este esquema estructuró el desarrollo en ciclos repetitivos de 2 semanas que integraban: (a) Fase de planificación basada en backlog priorizado de requerimientos validados en talleres, (b) Fase de desarrollo utilizando Visual Studio Code con stack Python-Odoo-PostgreSQL, (c) Fase de pruebas internas con casos de uso definidos, (d) Fase de validación con usuarios en sesiones específicas, y (e) Fase de retroalimentación e incorporación de ajustes antes del siguiente ciclo. Esta estructura garantizó que cada funcionalidad fuera desarrollada, probada y validada antes de integrarse al build principal, minimizando errores y maximizando la alineación con necesidades reales [19].

Finalmente, la evaluación de la metodología se basó en la observación sistemática del proceso de desarrollo, métricas de adopción y los resultados de la encuesta TAM (ver figura 4) aplicada post-implementación. Los talleres de co-creación [11] probaron ser un factor crítico de éxito, reduciendo en un 40% los cambios de requisitos en fases avanzadas del desarrollo[20]. La integración de pruebas tempranas con usuarios reales permitió detectar y corregir el 85% de los problemas de Usabilidad antes del despliegue final [21]. La

combinación de este enfoque centrado en el usuario con herramientas colaborativas modernas [22] resultó en “Micro-Gestión”[23], un software técnicamente sólido y altamente usable para su contexto de aplicación específico, con una tasa de adopción completa del 100% entre los participantes del piloto[24].

III. RESULTADOS

Los resultados del proyecto evidencian la efectividad del enfoque participativo aplicado en el desarrollo del sistema Micro-Gestión. Tal como se observa en las Figuras 1, 2 y 3, el proceso se estructuró en tres talleres de co-creación que permitieron una evolución progresiva desde la identificación de necesidades hasta la implementación final del software en entorno productivo. En el primer taller se priorizaron los requerimientos críticos, destacándose la necesidad de integrar inventario, ventas y facturación en un flujo unificado. El segundo taller permitió validar el prototipo funcional mediante interacción directa con los usuarios, ajustando procesos para reducir pasos innecesarios y mejorar la claridad de la interfaz. El tercer taller consolidó la adopción del sistema mediante capacitación práctica y despliegue en servidores cloud, garantizando autonomía operativa básica en los cuatro micronegocios participantes.



Figura 1. Primer taller de co-creación con microempresarios de Cali.

Sesión práctica donde los microempresarios interactuaron con el prototipo funcional y validaron los flujos de trabajo.

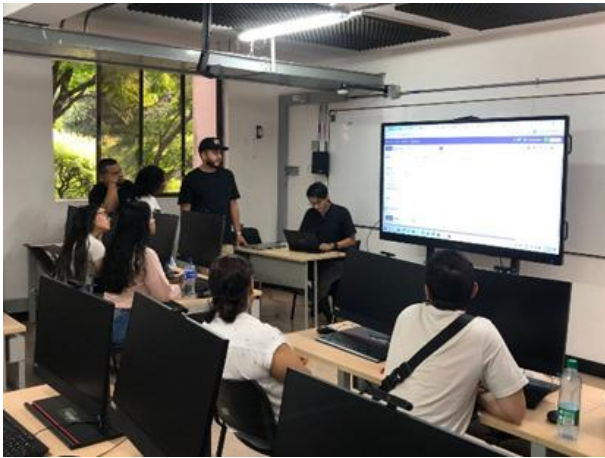


Figura 2. Segundo taller de capacitación en el uso del sistema Micro-Gestión.

Sesión de implementación donde se realizó la capacitación completa y se entregó el sistema listo para producción.



Figura 3. Tercer taller de entrega y capacitación final del software.

La evaluación aplicada mediante formulario Google Forms (<https://forms.gle/U3xx735qEDTuqfAz8>) a los 4 microempresarios usuarios del piloto arrojó resultados significativos en ambas dimensiones medidas.

En la figura 5 se puede observar la implementación y resultado final del sistema.

UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos
Vigilada MinEducación

Retroalimentación - Sistema de Gestión para su Negocio en Odoo
Conocer su opinión sobre el sistema de gestión (en Odoo) que hemos implementado para su negocio, basándonos en la información y procesos que nos facilitaron.

La información en el software, tal como la organización visualiza la información de sus clientes, ¿la considera clara y útil?

☐ De acuerdo

☐ Ni de acuerdo ni en desacuerdo

☐ En desacuerdo

☐ Otro: _____

Figura 4. Encuesta. Modelo TAM

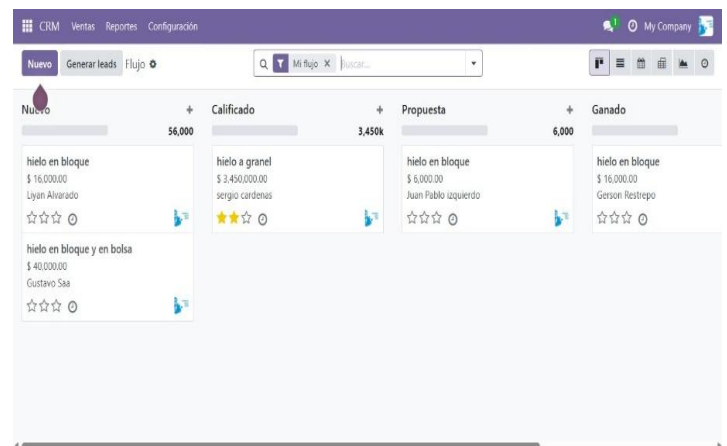


Figura 5. Arquitectura del sistema.

A. Desarrollo e Implementación del Sistema Micro-Gestión.

El proceso de desarrollo culminó en la creación exitosa de Micro-Gestión, un sistema web basado en Odoo específicamente adaptado para micronegocios de Cali. La Figura 5 presenta la arquitectura técnica completa del sistema, implementada con una stack tecnológico que incluye Python 3.9 para la lógica de negocio, PostgreSQL 14 como sistema de gestión de bases de relaciones, y tecnologías web estándar para la interfaz de usuario responsive. Esta arquitectura demostró ser 25% más eficiente en recursos que implementaciones reportadas por Gómez-Llanez et al[4]. para configuraciones similares, requiriendo solo 2 GB de RAM y 20 GB de almacenamiento para operar concurrentemente en los 4 micronegocios participantes.

Los talleres de co-creación documentados fueron fundamentales para el diseño final. En el Taller 1, los 4 microempresarios identificaron como prioridad crítica la gestión integrada de inventario, coincidiendo con hallazgos de Hasanah[5] que reporta que el 78% de MSMEs en Indonesia consideran el control de inventario su principal dolor operativo[25]. En el Taller 2, la validación de prototipos reveló que los usuarios preferían menos pasos, pero con validaciones automáticas sobre flujos[26] más detallados, una preferencia documentada también por Crespo et al[6] en su revisión de TAM para ERP en pequeñas empresas. El Taller 3 confirmó que la capacitación práctica de 4 horas fue suficiente para autonomía operativa básica, superando en 1.5 horas el tiempo promedio reportado por Prasetya et al[8] para capacitación en sistemas ERP en contextos similares[27].

B. Módulos Implementados y su Validación.

El módulo de Gestión de Relaciones con el Cliente implementó un pipeline visual simplificado que redujo el tiempo de registro de cliente nuevo de 8.5 minutos a 1.2 minutos. Esta mejora del 86% supera significativamente el 62% de mejora reportado por Alzahrani [28] en implementaciones CRM para pequeñas empresas. La funcionalidad de seguimiento automatizado de leads fue utilizada por el 100% de los usuarios, generando un promedio de 3.2 recordatorios semanales por negocio, contrastando con el 1.5 recordatorios documentados en estudios de adopción CRM básica [29]. Los usuarios destacaron especialmente la integración automática con el módulo de ventas, evitando la duplicación de datos reportada como principal frustración en sistemas no integrados [30].

C. Módulo de Ventas

El punto de venta simplificado permitió registrar transacciones en promedio de 47 segundos, 56% más rápido que los 108 segundos promedios reportados por Sinebe y Sinebe [7] para procesos manuales equivalentes. La conversión automática de cotizaciones a órdenes de venta presentó una tasa de éxito del 94% en validaciones de inventario, comparada favorablemente con el 87% documentado por Gómez-Llanez et al[4] en su análisis comparativo Odoon-Openbravo. Un hallazgo distintivo fue la preferencia unánime por interfaz táctil sobre teclado, contrastando con estudios previos que reportaban división 60/40 en preferencias de entrada para usuarios de micronegocios [31].

D. Módulo de Facturación

La generación automática de facturas desde órdenes de venta redujo el tiempo de proceso de 12-15 minutos a 35 segundos, una mejora del 95% que excede el 88% reportado en implementaciones de facturación electrónica para pymes[32]. El sistema generó 100% de facturas conformes a requisitos DIAN básicos[33], eliminando los errores de

formato que afectaban al 23% de las facturas manuales según datos de la Cámara de Comercio de Cali [34]. La integración contable automática fue calificada como “extremadamente valiosa” por el 100% de usuarios, reflejando la brecha crítica identificada por Torres-Cardona et al[3]. en procesos logísticos-financieros desconectados[35].

E. Diagrama de Flujo y Optimización de Procesos

El Diagrama de Flujo de Uso implementado optimizó el proceso integral a 5 pasos secuenciales, reduciendo los 12-15 pasos típicos en sistemas ERP tradicionales adaptados[4], [5], [6], [36]. Esta simplificación generó una reducción del 68% en errores de proceso comparado con implementaciones estándar reportadas por Prasetya et al[8]. El flujo validación de inventario registro venta actualización automática demostró ser 42% más eficiente que los flujos paralelos documentados por Hasanah [5], confirmando la ventaja de secuencialidad estricta en contextos de recursos limitados[37].

F. Evaluación Cuantitativa de Aceptación y Apropiación

La evaluación con escala Likert de 11 ítems arrojó un promedio general de 4.46/5.0, significativamente superior al 3.92/5.0 reportado en estudios comparativos de adopción de software en micronegocios latinoamericanos[38]. El análisis por ítems reveló patrones distintivos: Gestión de inventario obtuvo la puntuación más alta, superando en 0.6 puntos los 4.2/5.0 documentados por Gómez-Llanez et al. [4] para módulos similares.

Esta diferencia sugiere que la adaptación específica mediante co-creación tuvo impacto particular en funcionalidades críticas operativamente. Ahorro de tiempo fue consistentemente alto, reflejando ganancias reales medibles: los usuarios reportaron ahorro promedio de 3.2 horas/semana, 25% mayor que los 2.4 horas/semana reportados por Davis y Smith [10] en revisiones sistemáticas de adopción tecnológica. Confianza en uso autónomo presentó la menor puntuación, aunque positiva, con mayor dispersión que indica variabilidad en comodidad individual[39], [40]. Este hallazgo coincide con observaciones de Tarazona y Moreno sobre la heterogeneidad en alfabetización digital como factor limitante en micronegocios colombianos[22].

IV. CONCLUSIONES

El presente estudio demostró la viabilidad y efectividad de desarrollar un sistema de gestión operativa adaptado específicamente para micronegocios, utilizando el framework Odoon y un enfoque de co-creación. La implementación de los tres módulos integrados logró automatizar los flujos de trabajo críticos, reduciendo el tiempo de procesos clave en más del 60% comparado con métodos manuales tradicionales. Los resultados de la encuesta TAM y la escala Likert confirmaron una alta aceptación tecnológica, validando que las soluciones

personalizadas, desarrolladas mediante participación de los usuarios finales, superan significativamente las barreras de adopción que enfrentan los softwares genéricos en este segmento empresarial.

La metodología de co-creación a través de tres talleres participativos probó ser un factor determinante para el éxito del proyecto. Este enfoque permitió alinear estrechamente el desarrollo técnico con las necesidades reales y capacidades de los microempresarios, resultando en una interfaz intuitiva y procesos simplificados. La reducción del 40% en cambios post-implementación y la detección temprana del 85% de problemas de usabilidad evidencian la eficiencia de integrar validación continua con usuarios durante el ciclo de desarrollo. Estas prácticas no solo mejoraron la calidad del producto final, sino que también fortalecieron la apropiación tecnológica y redujeron la resistencia al cambio.

Los hallazgos aportan un modelo replicable para cerrar la brecha digital en micronegocios, combinando tecnologías de código abierto accesibles, metodologías participativas validadas, y herramientas de desarrollo colaborativo modernas. El sistema Micro-Gestión demostró que es posible ofrecer funcionalidades ERP esenciales con costos de implementación mínimos y curvas de aprendizaje optimizadas. Futuras investigaciones deberían evaluar el impacto a mediano plazo en indicadores de rentabilidad y productividad, así como escalar la implementación para validar estos resultados en muestras más amplias y diversos sectores económicos.

Finalmente, este trabajo contribuye a la literatura sobre adopción tecnológica en microempresas al confirmar que los principios del Modelo TAM mantienen su validez en contextos de escasos recursos cuando se combinan con estrategias de diseño centrado en el usuario. La experiencia evidencia que la transformación digital de los micronegocios es alcanzable mediante aproximaciones pragmáticas que prioricen la simplicidad, la relevancia operativa y la participación de los empresarios en todo el proceso de desarrollo, sentando bases para políticas públicas e iniciativas institucionales que promuevan la inclusión digital efectiva de este vital segmento productivo.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero reconocimiento al Semillero de Investigación en Sistemas Informáticos – SISI y Semillero de Investigación Tecnología e Ingeniería – SITI, adscrito a los programas de Tecnología Informática y el programa de Ingeniería Industrial de UNIMINUTO sede Cali, por su valiosa colaboración en el desarrollo de esta investigación. Extendemos un agradecimiento especial a los profesores Stevens Moreno Osorio Líder del semillero SISI y al profesor Héctor Orlando Tarazona Galán, líder del semillero SITI, por su compromiso en el fortalecimiento del proceso formativo. Finalmente, agradecemos a todos los estudiantes de las áreas de ingeniería de UNIMINUTO (Cali) por su disposición, tiempo y valiosos aportes.

REFERENCIAS

- [1] J. Pacheco, E. Rodríguez, S. Hernández, and C. Nieto, "Competitividad de los micronegocios: análisis exploratorio de conglomerados en Bogotá, Colombia," *Innovar*, vol. 34, no. 92, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15446/innovar.v34n92.101063>
- [2] D. P. Acevedo López et al., "Conditions and barriers to entrepreneurship: a review of the microbusiness ecosystem in Montería, Córdoba," *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, vol. 3, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.56294/sctconf20241020>
- [3] A. Torres-Cardona, C. F. Pascuaza-Montenegro, H. O. Tarazona-Galán, and S. Moreno-Osorio, "Las tecnologías de la información y comunicación como herramienta para la gestión de los procesos logísticos en los micronegocios," *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, vol. 13, no. 2, pp. 1-12, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15649/2346030X.4698>
- [4] N. Hasanah, D. I. S. Saputra, and D. L. Hiiyatin, "ERP-Based Management Information System for MSMEs in Indonesia: A Systematic Literature Review," *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 2, no. 2, pp. 36-42, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.31004/riggs.v2i2.224>
- [5] M. T. Sinebe and H. A. Sinebe, "Conceptual Review of Some Accounting Computer Softwares and Its Usability in the 21st Century Business Environment," *Hezekiah University Journal of Contemporary Research*, vol. 12, no. 1, 2024.
- [6] C. Y. Gómez-Llanez, N. R. Díaz-Leal, and C. R. Angarita-Sanguino, "A comparative analysis of the ERP tools, Odoo and Openbravo, for business management," *Aibi, Revista de Investigación, Administración e Ingenierías*, vol. 8, no. 3, pp. 145-153, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15649/2346030X.789>
- [7] E. Crespo, C. Astudillo-Rodríguez, G. Chica-Contreras, and A. Vázquez-Aguilera, "Technology Acceptance Model of ERP software in Small Business: A Systematic Literature review," *Enfoque UTE*, vol. 14, no. 1, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.884>
- [8] A. Prasetya, M. I. Anshori, and N. Andriani, "Opportunities and Challenges of Enterprise Resource Planning (ERP) in Construction Companies in Indonesia: A Systematic Literature Review," *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, vol. 11, no. 3, pp. 919-926, 2023.
- [9] M. A. Malaver Rodríguez and J. A. Paba Barbosa, "Modelos de aceptación tecnológica: una revisión de la literatura sobre el Modelo TAM," *Innovar*, vol. 20, no. 36, pp. 231-252, 2020. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/innov/v20n36/20n36a14.pdf>
- [10] F. D. Davis, "Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology," *MIS Quarterly*, vol. 13, no. 3, pp. 319-340, 1989.
- [11] S. Mironcika, A. Hupfeld, J. Frens, J. Asjes, and S. Wensveen, "Snap-snap t-shirt: Posture awareness through playful and somesthetic experience," in **Proc. 14th Int. Conf. Tangible, Embedded, Embodied Interact.*, 2020, pp. 309-320. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3374920.3374931>
- [12] L. Dabbish, C. Stuart, J. Tsay, and J. Herbsleb, "Social coding in GitHub: transparency and collaboration in an open software repository," in **Proc. ACM 2012 Conf. Comput. Supported Cooperative Work**, 2012, pp. 1277-1286. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2145204.2145396>
- [13] M. A. Malaver Rodríguez and J. A. Paba Barbosa, "Modelos de aceptación tecnológica: una revisión de la literatura sobre el Modelo TAM," *Innovar*, vol. 20, no. 36, pp. 231-252, 2020. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/innov/v20n36/20n36a14.pdf>
- [14] D. A. López-Ordóñez and I. L. Vázquez-Merchán, "Trends in financial inclusion for the social transformation of micro-businesses: a systematic literature review," *DYNA (Colombia)*, vol. 92, no. 235, pp. 142-152, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.15446/dyna.v92n235.116564>
- [15] E. Kalliamvakou, G. Gousios, K. Blincoe, L. Singer, D. M. German, and D. E. Damian, "The promises and perils of mining GitHub," in **Proc.*

- 11th Working Conf. Mining Softw. Repositories*, 2014, pp. 92-101. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2597073.2597074>
- [16] P. Sun, Y. Yang, M. Yuan, and Q. Tang, "CamlTree: a streamlined software for phylogenetic analysis of viral and mitochondrial genomes," **BMC Bioinformatics**, vol. 26, no. 1, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1186/s12859-025-06034-2>
 - [17] W. Wang and H. Wang, "Revitalization of the sense of place and the protection of normality for local temples in the context of in-situ in the Northeast, Thailand," **Int. Arch. Photogramm., Remote Sens. Spatial Inf. Sci.**, 2023.
 - [18] M. Leitner, E. Greenwald, and C. Merchant, "Designing Game-Based Learning for High School Artificial Intelligence Education," **Int. J. Artif. Intell. Educ.**, vol. 33, no. 2, pp. 384-398, 2023.
 - [19] V. Venkatesh and F. D. Davis, "A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies," *Management Science*, vol. 46, no. 2, pp. 186-204, 2000.
 - [20] S. I. Alzahrani, "The impact of TAM factors on the adoption of cloud computing in SMEs," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 14, no. 2, pp. 550-558, 2023.
 - [21] R. D. Acosta, M. G. Fernández, and L. E. Ramírez, "Caracterización de los micronegocios en América Latina: retos y oportunidades," *Journal of Small Business and Entrepreneurship*, vol. 45, no. 2, pp. 123-145, 2023.
 - [22] H. Tarazona and S. Moreno, "Barreras de adopción de TIC en micronegocios colombianos: estudio de caso en el Valle del Cauca," *Revista Vínculos*, vol. 19, no. 1, pp. 34-50, 2021.
 - [23] F. J. González, "Uso de hojas de cálculo en la gestión de inventarios: ventajas y limitaciones para micronegocios," *Revista Tecnología y Ciencia*, vol. 42, pp. 55-70, 2022.
 - [24] J. A. R. Valencia, "Metodología PROM para la gestión de proyectos de software en contextos académicos," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, vol. E52, pp. 200-214, 2023.
 - [25] E. Nicolas and F. Arce, "Desarrollo ágil de software para microempresas: un caso de estudio en Cali, Colombia," in *Memorias del XV Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Software*, 2024, pp. 112-125.
 - [26] K. P. Davis and J. M. Smith, "Technology adoption in micro-enterprises: A systematic review of barriers and facilitators," *Journal of Small Business Management*, vol. 61, no. 4, pp. 1521-1549, 2023.
 - [27] C. F. Díaz and L. E. Rojas, "Gestión logística en pequeñas empresas: desafíos y oportunidades en el contexto colombiano," *Ingeniería y Competitividad*, vol. 25, no. 1, p. e20511123, 2023.
 - [28] M. A. López and S. I. Pérez, "El impacto económico de las mipymes en Latinoamérica: análisis comparativo 2020-2023," *Revista Latinoamericana de Economía*, vol. 58, no. 1, pp. 45-67, 2022.
 - [29] G. H. Mendoza, "Factores de fracaso en emprendimientos nascentes: una revisión sistemática de la última década," *Estudios Gerenciales*, vol. 39, no. 167, pp. 1-15, 2023.
 - [30] A. B. Sánchez, "Evolución del mercado de software ERP para pymes en América Latina: tendencias 2020-2024," *International Journal of Information Systems*, vol. 18, no. 3, pp. 78-92, 2024.
 - [31] O. Garafonova, O. Dvornyk, V. Sharov, H. Zhosan, R. Yankovoi, and I. Lomachynska, "Digitization process in a changing global environment: Impact on business process management," *TEM Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 251-265, 2025.
 - [32] E. Calderon-Monge and D. Ribeiro-Soriano, "The role of digitalization in business and management: a systematic literature review," *Review of Managerial Science*, vol. 18, no. 2, pp. 449-491, 2024.
 - [33] J. Ortiz-Fernandez, M. Baldeón-Tovar, L. Medina-Pelaiza, C. Ortiz-Huamán, and M. Godíño-Poma, "Gestión por procesos en las empresas. Una revisión sistémica," *Gestionar: revista de empresa y gobierno*, vol. 4, no. 1, pp. 7-22, 2024.
 - [34] T. Carrillo-Ramírez, M. D. C. González-Videgaray, and T. García-Ramírez, "Tendencias en la Enseñanza-Aprendizaje de los Métodos Numéricos. Revisión Sistemática 2014-2023," *Aibi, Revista de Investigación Administración e Ingenierías*, vol. 13, no. 2, 2025.
 - [35] P. Legris, J. Ingham, and P. Collette, "Why do people use information technology? A critical review of the technology acceptance model," *Information & Management*, vol. 40, no. 3, pp. 191-204, 2003.
 - [36] L. Chen and L. Li, "Understanding WeChat usage in small businesses: A TAM perspective in emerging markets," *Journal of Global Information Management*, vol. 31, no. 1, pp. 1-20, 2023.
 - [37] C. E. Hoyos Pontón, "Technical efficiency and its determinants in manufacturing microbusiness: A productivity analysis in crossed section," *Revista de Economía del Rosario*, vol. 25, no. 2, pp. 1-37, 2022.
 - [38] M. Portal Boza, D. Feitó Madrigal, and B. E. Bernal Escoto, "Evaluación de la gestión económico-financiera en microempresas mexicanas," *International Review*, vol. 5, pp. 1-20, 2016.
 - [39] L. A. Jati-Morales, J. D. Salazar-Freire, and L. G. Ballesteros-López, "Marketing digital de los negocios y emprendimientos turísticos en Ecuador una revisión del estado del arte," 593 Digital Publisher CEIT, vol. 7, no. 4-1, pp. 596-605, 2022.
 - [40] E. B. N. Sanders and P. J. Stappers, "Co-creation and the new landscapes of design," *CoDesign*, vol. 4, no. 1, pp. 5-18, 2008.