The Impact of Industry 4.0 Adoption on the Operational Performance of Nanostores in Honduras: An Empirical Analysis

Mario Roberto Acevedo-Amaya[1]; Cesar H. Ortega-Jimenez[2]
[1]Universidad Nacional Autonoma de Honduras, Facultad de Ingenieria-CU, Facultad de Ciencias Economicas, Administrativas y Contables, Mercadotecnia, Honduras, Universidad de Sevilla, España, *mario.acevedo@unah.edu.hn,*
[2]Universidad Nacional Autonoma de Honduras, Facultad de Ingenieria-CU, CURLP, Honduras, *cortega@unah.edu.hn*

Abstract– ***Traditional mass consumer goods retail has faced a series of challenges in recent years. Technological inclusion has forced businesses to become more resilient and adopt new practices to compete in their markets. Therefore, this research aims to evaluate the effect of Industry 4.0 on the performance of nanostores in Honduras. To address this objective, a structured survey was administered, and linear and multiple regression models, as well as correlation tests, were developed using a sample of 668 units. The results show that Industry 4.0 improves the efficiency and operational and financial performance of nanostores; however, its implementation depends on the availability of financial resources, the store's structure, and the digital literacy level of its owners. From a practical perspective, the findings indicate that policymakers, financial institutions, and support organizations should implement targeted financing mechanisms and capacity-building programs to accelerate Industry 4.0 adoption. The study's originality lies in delivering rare quantitative evidence on digital transformation within Honduran nanostores—an underexplored and highly vulnerable retail context. By generating empirical insights from an emerging economy, this research contributes to the literature on inclusive technological innovation while offering actionable guidance for modernizing micro-retail ecosystems and informing evidence-based public policy. Furthermore, the results highlight the social and economic implications of fostering equitable development and community resilience through digital inclusion. This study opens avenues for future research to validate these findings through longitudinal designs and comparative international analysis.***

Keywords-- ***Industry 4.0, Digital Transformation, Nanostores, Operational Performances, Informal Retail.***

Aplicación de Tecnologías de la Industria 4.0 y su impacto en el Rendimiento operativo de las nanostores: evidencia empírica en Honduras

Mario Roberto Acevedo-Amaya[1]; Cesar H. Ortega-Jimenez[2]
[1]Universidad Nacional Autonoma de Honduras, Facultad de Ingenieria-CU, Facultad de Ciencias Economicas, Administrativas y Contables, Mercadotecnia, Honduras, Universidad de Sevilla, España, *mario.acevedo@unah.edu.hn,*
[2]Universidad Nacional Autonoma de Honduras, Facultad de Ingenieria-CU, CURLP, Honduras, *cortega@unah.edu.hn*

Resumen– ***El comercio tradicional de consumo masivo ha experimentado una serie de desafíos en los últimos años, la inclusión tecnológica les ha orillado a ser resilientes y adoptar nuevas prácticas que les permita competir en su mercado. Por ello, la investigación tiene por objetivo evaluar el efecto que tiene la aplicación de la industria 4.0 en el rendimiento de las Nanostores en Honduras. Por ello, se aplicó una encuesta estructurada y se desarrollaron modelos de regresión lineal, múltiple y pruebas de correlaciones, contemplando una muestra de 668 unidades. Los resultados muestran que la aplicación de la industria 4.0 mejora la eficiencia, el rendimiento operativo y financiero de las nanostores, sin embargo, su aplicación depende de la disponibilidad de recursos financieros, estructura y nivel de alfabetización de los propietarios de las nanostores. A nivel práctico, los hallazgos indican que los formuladores de políticas públicas, las instituciones financieras y las organizaciones de apoyo deberían implementar mecanismos de financiamiento y programas de desarrollo de capacidades para acelerar la adopción de la Industria 4.0. La originalidad del estudio reside en la aportación de evidencia sobre la transformación digital en las nanostores en economías emergentes, un contexto minorista poco explorado y altamente vulnerable. A la vez que ofrece una guía práctica para modernizar sus ecosistemas, con resultados que destacan las implicaciones sociales y económicas de fomentar el desarrollo equitativo y la resiliencia comunitaria a través de la inclusión digital. Este estudio abre vías para futuras investigaciones con diseños longitudinales y análisis internacionales comparativos.***

Palabras clave-- ***Industria 4.0, Transformación Digital, Nanostores, Rendimiento operativo, Comercio informal.***

I. Introducción

En las últimas décadas el comercio minorista ha experimentado una transformación acelerada derivado de la disrupción de la sociedad del conocimiento, la cuarta y ahora quinta revolución industrial y la evolución misma del comportamiento del consumidor. Esto ha generado una creciente adopción de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 (I4.0) tales como el Internet de las Cosas (IoT), ciencia de datos, analítica de datos, plataformas digitales, digitalización de negocios, sistemas de pagos digitales, etc., que redefinen la forma en que las empresas gestionan sus operaciones, intercambian información con sus clientes y compiten [1]. Ante ello, la revolución industrial y la transformación digital no son una opción estratégica, son un requisito fundamental para competir y sostenerse en el tiempo. Para el comercio tradicional-minorista esto ha representado numerosos desafíos, no solo por el aumento y nuevos modelos de negocios de las grandes cadenas de supermercados y las ventas en línea, sino por lo acelerado que cambian las tecnologías de la información y los niveles de exigencia que requiere su aplicación a pequeña escala [2][3].

Dentro de este entorno, las nanostores (pulperías o tiendas de barrio) no han sido la excepción, dado que, aunque son identificadas como un componente esencial de la microeconomía, estas unidades de negocio son pequeñas tiendas familiares que facilitan el acceso a productos básicos, y representan un punto crítico para las grandes empresas de distribución de consumo masivo [4], explicando sus rendimientos hasta en un 60%. Pero, hoy se enfrentan al reto de la década, cómo competir con los nuevos modelos de negocios de los supermercados, tiendas de conveniencia, y sus competidores cercanos con el fin de sostenerse y mejorar su rendimiento aprovechando todas las herramientas, técnicas y tecnologías disponibles y a su alcance, entre ellas, la aplicación de la I4.0, el cual paso de ser una tendencia exclusiva para las grandes naciones y corporaciones, a ser considerada una herramienta crucial para todos los negocios dado que la interacción o conectividad con los proveedores y clientes explican el rendimiento de las cadenas de suministro.

La I4.0 emergió abruptamente a todo nivel y sector con la crisis del COVID-19, como un factor clave de continuidad de los negocios, donde la digitalización de los procesos, los niveles de conectividad con proveedores y clientes, así como el uso de herramientas tecnológicas definieron el rendimiento operativo, financiero, logístico, toma de decisiones y la experiencia de los clientes [5][6]. No obstante, la adopción, así como los beneficios de la I4.0 no se distribuyen homogéneamente, particularmente en países emergentes, debido a problemas estructurales en que coexisten. Modelos como TOE: Tecnología-Organización-Ambiente, UTAUT: Teoría unificada de la aceptación y uso de las tecnologías y la teoría de las capacidades dinámicas, han explicado el efecto de la adopción de las tecnologías asociadas a la I4.0 en las

pequeñas y medianas empresas [7][8] evidenciando su limitada aplicabilidad en economías emergentes bajo modelos de negocios informales (Nanostores), sin resultados claros de como inciden directamente en el desempeño.

Con el tiempo, el desempeño de estos negocios se ha visto influenciado por factores como la confianza del consumidor, proximidad geográfica, valor agregado en los niveles de personalización del servicio, incluso por sobre la competencia de las grandes cadenas de supermercado [9], donde a partir de eventos como el COVID19, crearon una nueva forma de estudiar su desempeño y capacidad de resiliencia, adaptabilidad y rendimiento, evidenciando que la incorporación acelerada de las tecnologías permitió mantener activa las operaciones, y en muchos casos una mejora significativa de su rendimiento [10] aunque su adopción fue reactiva (sobrevivir), fragmentada por las diferencias entre negocios, y carente de una integración estratégica por las capacidades de las tiendas. Aunque los avances son significativos en el tiempo, aún continúan presente las brechas o vacíos en la literatura, es limitada la comprensión de como la adopción de la I4.0 en un micronegocio impacta en el rendimiento operativo en economías emergentes, donde prima la informalidad, limitaciones financieras y de infraestructura tecnológica, restricciones técnicas, culturales y organizacionales, y más escasa es la evidencia empírica cuantitativa en contextos latinoamericanos.

Ante ello, existe muchos factores por estudiar y mejorar, entre ellos; el surtido, el acceso a tecnología, la atención personalizada, la planimetría, diseño del espacio, la distribución, y la logística como un elemento estratégico para su competitividad [11]. A la vez, diversos estudios muestran que las nanostores son modelos de negocios altamente adaptativos, resilientes y agiles, por lo que no se pueden encasillar bajo un paradigma o doctrina propia dado que con el tiempo siguen sumando dimensiones [12], esto refiere a que cada día es más evidente la necesidad de rediseñar el modelo y los sistemas orientados a la inclusión de la I4.0 para que operen más eficiente [13]. De manera particular, en el caso de Honduras, los micronegocios y en este caso las nanostores operan en entornos fragmentados, caracterizados por limitaciones de acceso a financiamiento, baja alfabetización digital y digitalización, procesos operativos empíricos, débil integración de las cadenas de suministro, factores que son más agudizados en las zonas rurales que las urbanas. Estas condiciones generan ineficiencias y muestran una desconexión entre el negocio, sus proveedores, clientes y los sistemas modernos de distribución demandando más integración para asegurar su sostenibilidad y competitividad [14].

En este sentido, la investigación busca abordar múltiples vacíos presentes en la literatura desde la teoría de las capacidades: I. Integración limitada de la I4.0, II. Financiamiento: restricciones en el acceso a recursos financieros y a créditos comerciales, que restringe su capacidad de adopción tecnológica. III. Las brechas en capacidades digitales y conocimiento tecnológico. IV. Ausencia de modelos para la implementación de la I4.0 ajustados, V. Falta de marcos analíticos para evaluar empíricamente el impacto de las tecnologías en el rendimiento. VI. Poca exploración de herramientas de analítica y datos (Big Data, IA, sistemas colaborativos). Por lo tanto, se plantea responder: ¿En qué medida la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 influye en el rendimiento operativo de las nanostores en Honduras?

El objetivo se centra en analizar el efecto de la adopción de la I4.0 en el rendimiento operativo de las nanostores. Los objetivos específicos son: OE1) Identificar el nivel de adopción de tecnologías de I4.0 en las nanostores hondureñas. OE2) Evaluar la incidencia de los flujos de demanda diaria y desempeño económico en el rendimiento operativo de las nanostores. OE3) Analizar el efecto de la eficiencia logística y las operaciones en el rendimiento de las nanostores, OE4) Examinar las percepciones de los propietarios sobre los beneficios y desafíos vinculados a la digitalización y automatización derivada de la I4.0, y OE5) Proponer recomendaciones para mejorar el rendimiento operativo mediante la adopción de herramientas de I4.0.

El desarrollo del estudio proporciona evidencia empírica en un contexto poco explorado, fundamentado en la teoría de las capacidades dinámicas, determinando que elementos de la I4.0 se pueden adoptar e incidir significativamente en el rendimiento. Los resultados pueden generar conocimiento aplicable y contextualizado para proveedores, clientes y propietarios conforme la realidad hondureña. Además, pueden servir como base para el estudio del ecosistema, futuras políticas públicas o programas de apoyo que impulsen la modernización tecnológica del comercio local. Por ello, el documento se estructura en la Sección 2, el cual comprende el marco teórico y la formulación de hipótesis; la Sección 3 detalla la metodología; la Sección 4 expone los resultados y discusión; y la Sección 5 concluye con implicaciones, limitaciones y proyecciones futuras.

II. Literatura

El fundamento del estudio subyace en la teoría de las capacidades dinámicas (DCT), el cual permite analizar las capacidades internas y externas de la organización para detectar, aprovechar y reconfigurar las operaciones. Es decir, cómo la tecnología no solo permite reconfigurar sino detectar las necesidades del mercado, hasta ajustar las operaciones para que estas alcancen un mejor rendimiento y ventaja competitiva. Lo anterior, soporta la proposición general del estudio, donde, la tecnología o metodologías por si solas no logran el resultado, sino la capacidad de la empresa de integrarlas y emplearlas en beneficio de la organización. Es aquí donde desde la posición teórica, la I4.0 es un factor que al integrarse permite mejorar el rendimiento de las nanostores.

A. Rendimiento operativo de los negocios

El Rendimiento Operativo (RO) se define como la capacidad para emplear de manera eficiente todos los recursos con el objetivo de generar productos y servicios que cumplan

con los estándares de calidad, tiempo, y costo, con niveles adecuados de flexibilidad, agilidad y adaptabilidad [15]. Es una medida de evaluación del funcionamiento de las operaciones referido al nivel de eficiencia y efectividad con el que operan las empresas. El RO emplea dimensiones clave como la logística, tiempos, niveles de servicios, ventas, calidad de servicios, inventarios y satisfacción del cliente. A la vez, el RO es medido por la capacidad de adaptación de los negocios. En una amplia visión del rendimiento, no solo incluye los aspectos económicos, sino la eficiencia de toda la cadena de suministro [16]. El RO incluye diversos factores como: el desempeño económico, la eficiencia de los procesos, la calidad del producto o servicio, los flujos, el nivel de atención a las demandas, el tiempo de ciclo y el costo operativo.

En economías emergentes y particularmente en las nanostores, el rendimiento es evaluado mediante variables más complejas por su estructura y forma de operar. El RO está asociado a la capacidad de venta, adaptación, atención a la demanda fragmentada y al manejo de relaciones funcionales con los proveedores y clientes [17]. Recientemente, se evidencia en la literatura especializada que la adopción de tecnologías digitales contribuye significativamente a la mejora del RO, debido que permite una mayor visibilidad, trazabilidad, digitalización y automatización de los procesos, optimizando la toma de decisiones y reduciendo las ineficiencias de las cadenas de suministros [18], errores, tiempos de espera y mejorando la calidad de los productos y servicios. La medición del RO es potenciada por el uso de tecnologías de la I4.0, y sociedades 5.0-6.0, así como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (AI), entre otros [18],[19], permitiendo, mediante el aprovechamiento de la flexibilidad, mejorar significativamente el desempeño. Una de las formas más efectivas de mejora es a través de la implementación de sistemas ciberfísicos, la robótica avanzada y el uso del análisis de datos en tiempo real, así como una serie de herramientas básicas que conectan y generan información para una toma de decisiones (Integración). La flexibilidad en los servicios o desarrollo de productos responde a ese nivel de automatización inteligente, que ajusta las operaciones según las condiciones del mercado, mejorando la eficiencia, agilidad y el rendimiento [20]. Por otro lado, el solo hecho de la integración de plataformas digitales en la cadena de suministro y las operaciones juega un papel crucial en la mejora RO, dado que las tecnologías de la I4.0 facilitan la colaboración en tiempo real entre proveedores, fabricantes y distribuidores [21]. En este sentido, RO debe entenderse como un constructo multidimensional influenciado por factores operativos tradicionales y por el grado de integración digital de las actividades de las nanostores.

B. Industria 4.0

La industria 4.0 (I4.0) es un paradigma de transformación tecnológica que integra sistemas ciber físicos, el internet de las cosas (IoT), analítica de datos, inteligencia artificial y una marcada automatización en la cadena de valor y suministros [22] para mejorar el rendimiento, la competitividad y la creación de valor. Involucra la transformación de las cadenas de suministro, los procesos empresariales y las operaciones de producción. Se considera un marco que magnifica los retornos potenciales para las empresas [23]. La I4.0 no solo implica la incorporación de tecnologías, sino una transformación de la forma tradicional de operar, abarcando desde los procesos operativos hasta la forma en que se toman las decisiones [24]. Su implementación en los negocios conecta e integra de forma vertical y horizontal las operaciones [22], agilizando la conectividad y comunicación con proveedores, distribuidores, y clientes, impactando en el rendimiento [25].

Entre los componentes de I4.0 están; sistemas ciber-físicos, Internet de las cosas (IoT), análisis de grandes datos, inteligencia artificial, aprendizaje automático y la automatización de procesos análisis de grandes datos (BDA), inteligencia artificial (IA), aprendizaje automático (ML), gemelos digitales, sistemas de control de manufactura (MES) y algoritmos predictivos para mantenimiento y control de calidad [26], donde su integración destaca la necesidad y capacidad de arquitecturas de información para manejar grandes volúmenes de datos [27]. Las aplicaciones de I4.0 incluyen la optimización de la producción en tiempo real, el control de calidad inteligente, la personalización masiva de productos, la mejora de la eficiencia operativa y la reducción de costos operativos. Se utiliza en la integración de sistemas existentes con nuevas tecnologías digitales inteligentes [27].

Sin embargo, aunque la I4.0 esté disponible y abarque los distintos niveles de las organizaciones, su integración presenta desafíos significativos, especialmente en las pequeñas empresas (nanostores) debido a que sus costos de implementación son elevados, ausencia de capacidades de integración digitales, resistencia al cambio y limitaciones de infraestructura, etc. [28]. Su implementación demanda que los negocios reconozcan su capacidad de integración y la necesidad de modernizar sus instalaciones, definir un responsable de la transformación digital y realizar una evaluación de digitalización y estar claros que los tiempos de retorno de las inversiones son variables [27]. Estas barreras son aún más pronunciadas en economías emergentes, por lo que la eficacia de la I4.0 facilitará la reducción de costos y la mejora de la eficiencia operativa en función de su madurez [29]. Finalmente, según las capacidades de integración, la I4.0 contribuye a mejorar el rendimiento operativo.

C. Industria 4.0 Aplicado a micro-retail: nanostores

En el contexto de los micro-retails, la aplicación de la I4.0 debe analizarse desde una perspectiva de capacidades de integración, adaptabilidad, flexibilidad y contexto, a diferencia de las grandes empresas donde la implementación tecnológica se orienta hacia sistemas complejos y altamente automatizados. En las nanostores, la adopción de tecnologías digitales es relativo a la adopción de tecnologías y herramientas tecnológicas accesibles que les permiten mejorar sus operaciones diarias [30], pero no todos tienen la capacidad de implementarlo. La I4.0 en las nanostores abarca diversas

tecnologías emergentes, incluyendo: gestión de inventarios, conexión con proveedores, seguimiento de pedidos, datos en la nube, sistemas de punto de venta (TPV), etiquetado electrónico de precios, análisis de datos en tiempo real, sistemas de pago y aplicaciones móviles para la interacción con el cliente, entre otras. Estas tecnologías permiten a las nanostores optimizar sus operaciones y brindar una experiencia de compra ajustada cómoda y eficiente [31]. La I4.0 estimula la formalización de la operación, mejora la trazabilidad hacia arriba y abajo, optimizando las decisiones en tiempo real. La implementación de la I4.0 puede influir en los procesos de nanostores, y otras permiten lograr mejoras en el desarrollo de productos para la venta y la innovación de servicios [32],[33].

D. Mejora del Rendimiento Operativo de los Micro-retails: Nanostores

El rendimiento operativo de las nanostores está estrechamente relacionado con la adopción de prácticas tecnológicas y operativas que optimizan sus procesos internos y su interacción con su ecosistema. La implementación de herramientas digitales ha demostrado ser un factor clave para mejorar la eficiencia, reducir errores operativos, y aumentar la capacidad de respuesta ante las exigencias del mercado [34]. Al mismo tiempo, el uso de herramientas digitales como sistemas en la nube y análisis de datos permite automatizar actividades y mejorar la toma de decisiones. Las tecnologías de I4.0 generan un impacto mayor, fortaleciendo la capacidad de respuesta de las nanostores [35]. A la vez, los pequeños negocios mejoran su rendimiento operativo mediante la innovación tecnológica y la adopción de tecnologías de I4.0, las cuales ayudan a optimizar procesos, reducir errores y aumentar la eficiencia. La implementación tecnológica depende de factores como la ventaja relativa, compatibilidad y facilidad de uso, que influyen en la disposición del negocio para adoptarla. Según el estudio, una implementación efectiva de I4.0 también impulsa la sostenibilidad económica y operativa, permitiendo que los negocios sean más competitivos y se adapten mejor a entornos digitales [16]. Aunque se establece una relación positiva entre la adopción de la I4.0 y el RO en las pequeñas empresas, sin embargo, esta relación no es directa ni automática, diversos estudios indican que esta relación es mediada por factores como la capacidad de adaptación del negocio, la eficiencia logística, nivel de alfabetización digital y el acceso a recursos financieros [16],[6]. También, dicha relación esta mediada por factores contextuales como: los flujos en las demandas, el desempeño económico, dimensiones de los negocios, eficiencia logística, nivel de alfabetización digital, nivel de aplicación tecnológica, capacidad de analizar los datos generados en el negocio, y una serie de aspectos sobre sus niveles de agilidad, adaptabilidad, capacidad de resiliencia y la disponibilidad de recursos [8], [7]. Adicionalmente, se evidencia que los niveles de resiliencia y adaptabilidad juegan un papel clave en el desempeño de estos negocios, especialmente en contextos de alta incertidumbre como lo fue durante el COVID19, donde la tecnología jugo ese papel moderador que permitió la continuidad y sostenibilidad de los negocios [10]. Como resultado de lo anterior, se establece que la adopción de la I4.0 puede mediar, moderar o incidir significativamente el RO, siempre que esta adopción este acompañada de adecuadas capacidades de las nanostores para tal fin. Por lo tanto, se proponen las siguientes hipótesis: *H1: La adopción de tecnologías de Industria 4.0 en la gestión operativa incide positivamente en el rendimiento operativo de las nanostores. H2: La adopción de tecnologías de Industria 4.0 combinada con la eficiencia logística incrementa el rendimiento operativo de las nanostores. H3: Las nanostores con mayor capacidad de adaptación tecnológica muestran un mejor rendimiento operativo.*

III. METODOLOGÍA

La investigación es cuantitativo, correlacional y diseño no experimental de corte transversal, orientado al análisis de la relación entre la adopción de tecnologías de la I4.0 y Rendimiento operativo (OP) de las nanostores en Honduras. La población objetivo está conformada por aproximadamente 182,000 nanostores localizadas en los 18 departamentos de Honduras (fuente: estimación propia basada en datos del INE y cámaras de comercio 2023). Se construyó un marco muestral mediante la combinación de bases de datos de distribuidores mayoristas de consumo masivo (principalmente industrias de bebidas y alimentos) y listados de municipalidades. Se aplicó un muestreo estratificado probabilístico por conglomerados, estratificando por zona geográfica (urbana/rural) y por departamento. Dentro de cada estrato se seleccionaron aleatoriamente nanostores utilizando números aleatorios generados en SPSS. Se aplicaron 668 encuestas válidas, superando ampliamente el tamaño mínimo calculado (384) para garantizar mayor robustez y permitir análisis comparativos urbano/rural. La distribución final de la muestra fue: 78.4% urbana y 21.6% rural, reflejando la concentración poblacional del país. Los encuestadores fueron estudiantes universitarios debidamente capacitados que aplicaron el instrumento de forma presencial. La recolección de la información se realizó mediante un cuestionario estructurado basado en escalas Likert (5 puntos, 1=totalmente en desacuerdo, y 5=totalmente de acuerdo) considerando con ello, la medición de los constructos principales: adopción de tecnologías de la Industria 4.0 (I4.0) y en rendimiento operativo (RO). La validez de contenido del instrumento fue evaluada mediante juicio de expertos en el área evaluando pertinencia, coherencia y claridad de los ítems evaluados por constructo. Posteriormente, se desarrolló una prueba piloto con 21 nanostores permitiendo ajustar redacción, comprensión y una recolección efectiva de los datos. La confiabilidad se evaluó mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, cuyo valor global fue de α=0.78, considerado como aceptable para estudios de este tipo. La confiabilidad por constructo fue de α=0.81 para I4.0, y α=0.75 para RO [14] [25].

El análisis de los datos fue por etapas. En primer lugar, se analizó la distribución de los datos mediante pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro Wilk) para determinar el tipo de pruebas a emplear. Posteriormente, se estimaron los estadísticos descriptivos para caracterizar la muestra y las variables de estudio. Para los análisis inferenciales se estimaron coeficientes de correlación de Pearson. Se verificaron los supuestos de multicolinealidad mediante el factor de inflación de la varianza (VIF), así como la evaluación de cada aspecto de homocedasticidad y la independencia de los errores. Con el fin de operacionalizar el concepto de I4.0 en el contexto de nanostores, se estructuró un conjunto de tecnologías observables y medibles, incluyendo sistemas POS, pagos digitales, aplicaciones móviles de inventario, uso de redes sociales para ventas, conexión con proveedores y herramientas básicas en la nube. Estas variables permiten capturar de manera empírica el nivel de digitalización en contextos de micro-retail [25]. Para la prueba de hipótesis se estimaron: la distribución de los datos, estadísticos descriptivos, estadísticos inferenciales relativos a; pruebas de correlación de Pearson, análisis de regresión lineal simple para probar H1 y H3, y análisis de regresión lineal múltiple para probar H2.

IV. Resultados y Discusión

Los resultados de la investigación se presentan en dos bloques, primero mediante la caracterización de las nanostores y el uso de estadísticos descriptivos, y en el segundo bloque se detalla las pruebas inferenciales.

A. Caracterización de las nanostores

Las nanostores son negocios localizados en los hogares de sus propietarios, atienden por llamado o visita detrás de un mostrador a la población cercana a su vivienda. Su ubicación es la parte frontal de las viviendas, desplazándose internamente para tomar los productos y entregar a clientes. Los clientes son mayoritariamente de la misma comunidad, prestan servicios bancarios, y otorgan créditos a sus más cercanos. Son espacios de reunión o conjunción social e interacción entre la comunidad. Hoy en día, se han convertido en pequeños centros financieros.

Rendimiento. Al evaluar su rendimiento en torno a las ventas, la mayoría de las nanostores registra ventas diarias superiores a L3,000 (41%), mientras que un porcentaje menor alcanza entre L500 y 3,000. Solo un 7% tiene ventas inferiores a L500, lo que refleja la variabilidad. Su tamaño en cuanto a las ventas se concentra en negocios cuyos ingresos se concentran en los L2,000 a L7,000. Desde la perspectiva del rendimiento, los resultados muestran que el rendimiento de ventas es medio, alcanzando un nivel de 3 en una escala de 1 a 5. En cuanto al tamaño del negocio, la mayoría de estos encuestados son pulperías (77.4%), seguidas por mercaditos (14.6%). Los mini mercaditos representan el 4.9%, mientras que las bodegas (1.4%) y abarroterías (1.7%) tienen una presencia mínima. Desde la perspectiva del tamaño del negocio, el rendimiento de las nanostores alcanza un valor de 3.4, son negocios de mediano-baja escala, con espacios que van desde los 4 a 10 metros cuadrados en su mayoría, localizados en las partes frontales de las viviendas, con poco espacio para el manejo o almacenamiento de los inventarios. En cuanto a la antigüedad, la mayoría de las nanostores tiene más de 10 años de funcionamiento (34%), seguido por aquellos con entre 5 y 10 años (22%) y de 3 a 5 años (19%). Un 15% opera desde 1 a 3 años, mientras que los negocios más recientes (menos de un año) representan una proporción menor del total. Esto indica que predominan las nanostores con experiencia robusta en el mercado con un valor de rendimiento de 4 de 5. Su estructura organizativa es vertical y con una o dos líneas de mando, son negocios cuyo liderazgo es dominado por el sexo femenino, dado que en Honduras es considerado un negocio de subsistencia y son las mujeres que comúnmente pernoctan en las casas o hogares. La mayoría de los encuestados son mujeres (54.5%), seguidas por hombres (40.9%), mientras que un 4.5% prefirió no indicar su sexo, esto evidencia las capacidades de administración con conocimientos finanzas básicas, manejan sus ingresos y egresos de forma clara, detallada y con registros, pocos conocen los márgenes de ganancias y el costo que representa cada producto. La evaluación de esta variable demuestra que las nanostores presentan un rendimiento de 3.6 de 5.

Por otro lado, se evaluó el rendimiento del flujo operativo mediante la cantidad de clientes atendidos por día, donde la mayoría (42%) de estos negocios atiende a un máximo de 50 clientes por día, un 36% atiende de 50 a 100 clientes por día, dándoles una operación moderada, con rendimiento medio, alcanzando un valor de 3.4 de 5. Esto derivado de la cantidad promedio de hogares que se localizan a la redonda de estos negocios. La eficiencia operativa se analizó a partir de la gestión de inventarios, en general, este sector evidencia un buen manejo de sus inventarios, saben rotar, generar cambios y devoluciones, en acompañamiento de la gestión del punto de venta que realizan las empresas de distribución de consumo masivo. Durante el levantamiento de datos se encontró que 5 de cada 10 nanostores muestran muy bajo nivel de productos averiados, un 33% tiene un nivel bajo, y solo un 1% tiene un nivel alto de productos averiados, caducados, vencidos o dañados, mostrando niveles de rendimiento de 4.3 en una escala del 1 al 5.

Uno de los factores críticos para el buen funcionamiento y rendimiento de las nanostores es la comunicación con los proveedores dado que le integra a la cadena de suministros, este indicador se estimó a partir del nivel de comunicación de los proveedores, el cual es medio (3 de 5), 5 de cada 10 negocios solo se limitan a ordenar productos, 2 de cada 10 realizan coordinaciones básicas para pedir y recibir inventarios, el resto tiene poca o nada de interacción. Son pocas las nanostores que dan apertura total a los proveedores, la comunicación se ha centrado al proceso de venta y la gestión del punto de venta desde la posición de cada proveedor, y no una participación integral enfocada a las necesidades de la nanostores para mejorar como organización.

Sin embargo, hay esfuerzos de las grandes empresas por conectar a los clientes con sus sistemas de ventas y logísticos.

La eficiencia logística fue evaluada desde el estado actual del justo a tiempo (JIT), considerado como una base para el rendimiento, donde el contar con los productos cuando se necesiten le permite atender su demanda y con ello mejorar sus niveles de venta, cobertura, mercado y niveles de servicio. El 48% de los negocios siempre recibe justo a tiempo y busca tener los productos justo a tiempo, 34% con regularidad reciben justo a tiempo y un 18% de los negocios presenta problemas con sus inventarios dado que no reciben a tiempo sus inventarios. El desempeño del justo a tiempo fue de 3.3 en una escala de 1 a 5. Dado lo anterior, a continuación, se resume el estado del rendimiento operativo de las nanostores (ver Tabla I).

TABLA I
RENDIMIENTO DE LAS NANOSTORES

Medida	Nivel	
Desempeño económico-operativo: Venta diaria	3.0	Medio
Flujo operativo, demanda diaria, Tipo de nanostores	3.4	Medio
Desempeño económico-operativo, Tiempo de operación	4.0	Alto
Desempeño económico-operativo, Propietario	3.6	Medio-alto
Flujo operativo, demanda diaria: Clientes	3.4	Medio
Eficiencia operativa: Gestión de inventario	4.3	Alto
Integración de la cadena de suministros: Comunicación	3.0	Medio
Eficiencia logística: Justo a tiempo	3.3	Medio
Rendimiento	**3.475**	**Moderado**

El rendimiento operativo es moderado, los negocios operan con eficiencia empírica interna aceptable, pero con bajo niveles de sofisticación logística y digital, limitando su capacidad escalar, denotando falta de integración digital en la cadena de suministro, mostrando oportunidades de mejora de adaptabilidad y transformación digital.

Industria 4.0. Se analizó el nivel de inclusión tecnológica mediante el nivel de digitalización de pagos, donde los 5 de cada 10 negocios estudiados no cuentan con tecnología y métodos distintos al pago en efectivo. Pero se resalta que con el tiempo, más negocios están incursionando en este ámbito por las acciones desarrolladas por la banca, telecomunicaciones y mediante la adopción de tecnologías para la mejora de los métodos de pago, ya existe un nivel más alto de bancarización y aceptación de métodos diversos, principalmente en aquellas nanostores de las zonas urbanas. El nivel de inclusión tecnológica desde esta perspectiva es de 3 en una escala de 1 a 5. Las actividades de innovación tecnológica que desarrollan las nanostores analizadas son mínimas y están orientadas a la gestión de la venta e inventarios. En Honduras, son pocas las aplicaciones libres, es bajo el nivel de alfabetización digital, y el acompañamiento estatal como empresarial para que los negocios aceleren la inclusión tecnológica. Las actividades de innovación se concentran en el manejo de productos, administración de las ventas, conexión con clientes, manejo de créditos, métodos de control de inventario, pero poco o nada se efectúa sobre aspectos que reconfiguran o incluyen nuevas tecnologías en la forma de operar del negocio. La fuerza en los niveles de inclusión tecnológica fueron gracias a la pandemia COVID19 que obligó a los propietarios de las nanostores a incursionar en el ámbito digital. 2 de cada 10 negocios no ha realizado ninguna actividad, y 2 de cada 10 negocios cuenta con acciones y tecnologías en su operación que le permiten diferenciarse del resto, 4 de cada 10 realiza acciones conforme le indican los proveedores o alguna aplicación que recomiendan familiares o vista en redes sociales, mientras que 2 de cada 10 aplican tecnologías e innovación conforme el mercado o clientes lo exigen. El nivel de acciones de innovación alcanza un valor de 3 de 5.

Al evaluar la adopción tecnológica desde el tipo de dispositivos que utilizan las nanostores, los resultados revelan que 4 de cada 10 negocios no tienen ningún dispositivo tecnológico en su negocio. Mientras que 6 de cada 10 cuentan con al menos un dispositivo tecnológico en la operación. El más empleado son los celulares para pagos digitales, seguido de los puntos POS. El nivel de aplicación de dispositivos tecnológicos en la operación es de 3.5 de 5. A la vez, se analizó la infraestructura tecnológica a partir de que cantidad de tecnología tiene en sus negocios las nanostores. Los resultados demuestran que 4 de cada 10 no usan una tecnología en su negocio. 3 de 10 negocios usan 1 tecnología, 2 de cada 10 emplean 2 tecnologías, y una minoría o al menos 1 nanostores de cada 10 emplean más de 3 tecnologías en su operación. El nivel de adopción tecnológica sigue siendo baja, 3.1 de 5.

Los resultados de la evaluación de la aplicación de la Industria 4.0 muestran que existe un nivel de inclusión tecnológica moderado en las zonas urbanas, y bajo en las zonas rurales de Honduras. Es decir, una madurez digital moderada-baja en todos los negocios analizados. También, los resultados revelan que existe una baja alfabetización digital, pocos proveedores de servicios tecnológicos, aplicaciones de acceso solo a otros países, poco financiamiento para tecnificar los negocios, poco o nulo acompañamiento desde la academia, el estado y las empresas, al mismo tiempo que los retornos de las inversiones que demanda la tecnología no son en el corto plazo. (ver Tabla II).

TABLA II
APLICACIÓN DE INDUSTRIA LA 4.O

Medida	Nivel	
Método de pago	3.00	Medio
Actividades de innovación	3.00	Medio
Dispositivos tecnológicos	3.50	Medio-alto
Cantidad de dispositivos tecnológicos	3.10	Medio
Aplicación de la Industria 4.0: Madurez digital	**3.15**	**Medio-bajo**

Como resultado de lo anterior, se denota una brecha importante y significativa entre zonas, los espacios urbanos compiten de mejor manera que las zonas rurales. Existe un

nivel de digitalización básico marcado en las zonas rurales, el cual siguen rezagadas por los problemas de infraestructura, conectividad, recursos y educación. También por el interés de las organizaciones o el resto del ecosistema de llegar a estas zonas más alejadas. Sin embargo, ya existen tecnologías importantes presentes en estos sectores que están potenciando los negocios. Aunque hay esfuerzos se evidencia una limitada capacidad de adopción tecnológica en la zona rural, baja penetración tecnológica y una barrera clave centrada en la infraestructura y seguridad, concentrándose en modelos tradicionales de operación. (ver Tabla III)

TABLA III
TECNOLOGÍAS EMPLEADAS POR LAS NANOSTORES

Tecnología	**Urbano**	**Rural**
No aplican	180	29
Lector de tarjetas	55	13
Pagos digitales	50	8
Sistema POS	281	18
Cámaras de seguridad	80	15
App o Software para controlar inventarios	143	19
Pagos digitales	67	6
Plataformas de e-commerce	6	1
Computadoras y escáneres	11	1
WhatsApp y social media para tomar ordenes	217	31
Adaptabilidad a métodos de pago	**Urbano**	**Rural**
Más alto	51	5
Alto	84	16
Moderado	194	23
Bajo	64	10
Muy bajo	33	6
Adaptabilidad del negocio al cambio técnico y tecnológico	**Urbano**	**Rural**
Más alto	45	4
Alto	76	15
Moderado	184	20
Bajo	91	16
Muy bajo	30	5
Métodos de pago y tecnologías de cobro I4.0 empleadas	**Urbano**	**Rural**
Transferencias bancarias	197	18
Solo efectivo	375	55
Billeteras electrónicas	73	8
Pagos con Tarjetas de crédito y debido	126	10

Se realizaron pruebas t de Student para muestras independientes entre zonas urbana y rural. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en madurez digital, adopción de POS, pagos digitales y adaptabilidad tecnológica, siendo consistentemente superiores en zonas urbanas. Por otro lado, la adaptabilidad alcanzó un nivel medio con limitaciones estructurales, hay cierta disposición al cambio, pero siguen afectando el conocimiento técnico, los costos de implementación y la integración de un ecosistema digital para poder mejorar esa adaptabilidad, el cual es desigual y se acentúa en la zona rural.

A la vez, existe una alta dependencia al efectivo, el poco acceso a la tecnología y el tradicionalismo hace que ambas zonas, rural como urbano, hace que predomine el efectivo por sobre las tecnologías y sistemas de recaudo de dinero (transferencias, POS, billeteras), esto coincide con la baja inclusión financiera digital que limita la trazabilidad de las transacciones, la eficiencia operativa y la integración con plataformas digitales. En cuanto a la diferencia entre las zonas urbanas y rurales, se destaca que las zonas urbanas muestran mayor capacidad y nivel de adopción tecnológica, mayor diversificación tecnológica y mayor acceso a estas, mientras que la zona rural muestra menor capacidad de adaptación, menor diversificación tecnológica y por ende menor capacidad de conectar y competir.

Todo esto conduce a visualizar un modelo hibrido de las nanostores, donde coexisten las practicas tradicionales con las parcialmente adoptadas por las tecnologías accesibles, pero la limitada integración tecnológica restringe el potencial de evolución que puede tener el sector para competir con los nuevos modelos de negocios de las grandes cadenas de consumo masivo (ver Tabla III).

B. Análisis inferenciales: prueba de hipótesis

Para los análisis inferenciales se efectuó una evaluación de la consistencia interna de los datos, las distancias entre la media y otras medidas que permiten analizar las dispersiones entre los negocios estudiados. Los valores de media y mediana muestran que la adopción tecnológica aún se encuentra en niveles bajos a moderados en la mayoría de las nanostores. La desviación estándar en adopción e infraestructura tecnológica indica alta variabilidad, lo cual significa que existen nanostores muy tecnificadas y otras con niveles muy bajos (ver Tabla IV).

TABLA IV
RESUMEN DE ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES

Variable	Media	Desviación	Varianza
Adopción tecnológica	3.4	0.73	0.533
Infraestructura Tecnológica	3.24	0.755	0.570
Madurez digital	2.88	0.102	0.010
Digitalización de pagos	2.85	0.112	0.013
Innovación tecnológica	2.55	0.66	0.436
Flujo operativo / Demanda diaria	2.01	0.75	0.563
Desempeño económico-operativo	2.44	0.136	0.018
Eficiencia operativa	1.56	0.76	0.578
Eficiencia logística	3.53	0.139	0.019
Integración de cadena de suministro	2.183	0.208	0.043

A su vez, la digitalización de pagos presenta una media de 1.50, evidenciando una implementación todavía incipiente. La media del flujo operativo indica que la mayoría de nanostores atienden entre 50 y 150 clientes diarios, según los rangos

codificados. El desempeño económico muestra valores moderados, con una varianza relativamente alta, lo cual refleja diferencias significativas entre nanostores. Existe una brecha critica de madurez digital y digitalización de pagos, no hay una transformación digital integral, aspecto generalizado en toda la muestra. La innovación tecnológica es limitada, pero con potenciales, las nanostores no transitan actualmente de forma plena hacia esquemas de innovación sistemática o estratégica, predominan enfoques operativos tradicionales con pocas practicas innovadoras.

El desempeño y eficiencia muestran una debilidad estructural, con bajo nivel de dinamismo comercial, rendimiento limitado y sus eficiencias bajas, existen problemas de implementación de las tecnologías que afectan el rendimiento. Existe una desarticulación de las operaciones de las nanostores con sus proveedores, trabajan de manera aislada. Todo esto indica que las nanostores se encuentran en una etapa inicial de transformación digital, conociendo y encontrando la forma de integrar sistémicamente la tecnología a sus procesos. Por otro lado, se evaluación los supuestos de investigación, cuyos resultados se resumen a continuación.

TABLA V
RESUMEN DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

	Método	Coeficiente (β)	p-valor	Veredicto	**Evidencia principal**
H_1	Regresión Lineal	0.835	<0.001	**Aceptada**	Regresión muestra relación positiva débil (r = 0.365)
H_2	Regresión Lineal múltiple	0.678	<0.001	**Aceptada**	Relación débil en regresión múltiple (r = 0.247)
H_3	Correlación/Regresión	0.567 / 0.769	<0.001	**Aceptada**	Modelo significativo (p < 0.0001), efecto positivo medio (r = 0.45497)

Para la prueba de H_1, se consideró las variables: el flujo operativo-demanda diaria, mientras que el rendimiento de las operaciones de las nanostores fue evaluado mediante el Desempeño económico-operativo de las nanostores. Para ello, se aplicó un método de regresión lineal, determinando la dirección, dependencia y valor que alcanzan los coeficientes que determinan el valor de la variable. El modelo fue significativo ($p < 0.0001$), con un valor de R=0.365. Existe evidencia estadística suficiente para afirmar que el Flujo operativo/Demanda diaria se relaciona con el Desempeño económico–operativo. No obstante, el coeficiente de relación ($r \approx 0.365$) muestra que esta relación es débil y positiva, lo que significa que, aunque el aumento en X sí se asocia con un incremento en Y, la magnitud del efecto no es fuerte. La ecuación resultante del modelo empleado fue: Y (desempeño económico operativo) = $0.549798X_1$(Flujo operativo-demanda diaria) + 2.9454.

Para evaluar H_2, se consideró la evaluación de la gestión operativa desde el flujo operativo-demanda diaria, y para la evaluación del rendimiento operativo de las nanostores se contempló el desempeño económico-operativo. Se empleó el método de regresión lineal múltiple, considerando X_1 como Eficiencia logística, X_2 como Flujo operativo y Y_1 como Desempeño económico operativo. Los resultados muestran un R cuadrado de 0.0609, y cuando participa la variable X_2, el R cuadrado fue de 0.0809. Explicando la segunda variable al menos un 2% del rendimiento. El modelo fue significativo, $P<0.0001$. La relación entre las variables analizadas fue de r: 0.247, determinando que la relación es débil. Lo anterior demuestra que una gestión operativa acompañada de una buena gestión logística genera un incremento significativo en el rendimiento operativo de las nanostores. Y= $0.419642X_1$(Eficiencia logística) + $0.318X_2$(Flujo operativo-demanda) +4.70646

Respecto a la H_3: Las nanostores con mayor capacidad de adaptación a cambios tecnológicos muestran un mejor rendimiento operativo, fue evaluado considerando una regresión lineal simple contemplando las variables: Capacidad de adaptación tecnológica y el Rendimiento operativo. Lo anterior fue evaluado desde el nivel de aplicación de tecnologías de I4.0 como sistemas de automatización y análisis de datos desde la perspectiva de adaptación. Se evaluó considerando un método de correlación y regresión lineal simple para determinar sí existe una relación significativa entre ellas. El modelo fue significativo ($p <0.0001$). El valor de r fue de: 0.4549, y R^2: 0.2069. La ecuación de la regresión lineal simple estimada es: Y(Rendimiento-operativo) = 1.844+$0.76907X_1$(Capacidad de adaptación tecnológica).

El modelo de regresión lineal simple mostró un coeficiente $\beta = 0.769$ ($p < 0.001$). Esto indica que por cada unidad de aumento en la capacidad de adaptación tecnológica, el rendimiento operativo mejora en promedio 0.769 unidades, manteniendo constantes las demás variables. El modelo explica el 20.69% de la varianza del rendimiento operativo ($R^2 = 0.2069$). Esto demuestra un efecto positivo de la I4.0 en las operaciones de las nanostores, pero por el nivel o modelo tradicional no impacta significativamente. Los resultados indican que el 20.7% del Rendimiento Operativo es explicado por la Capacidad de adaptabilidad tecnológica de I4.0. Aunque el efecto es moderado, es congruente con estudios reales donde intervienen múltiples factores externos. Esto indica que las nanostores que aplican o están incursionando y adaptándose en el ámbito de las tecnologías de I4.0 pueden atender más clientes por día, aumentar sus volúmenes de venta e incrementar directamente su RO. Por lo tanto, se acepta H_3. (ver Tabla V).

V. CONCLUSIONES, CONTRIBUCIONES Y PROYECCIONES

La investigación tuvo como objetivo analizar cómo la aplicación de tecnologías asociadas a la I4.0 influye en el rendimiento operativo de las nanostores en mercados emergentes. Los resultados evidencian un efecto positivo y estadísticamente significativo de la adopción de tecnologías de I4.0 sobre el rendimiento operativo de las nanostores, aunque

de magnitud moderada, explicando entre el 6% y 20.7% de la varianza, confirmando que la incorporación gradual de herramientas digitales se asocia significativamente con mejoras en el rendimiento. Lo anterior soporta la teoría de las capacidades dinámicas, afirmando que las tecnologías por si solas no generan mejoras sustanciales, sino la capacidades de las empresas por integrarlas hasta transformar sus procesos. Esto es consistente con la literatura en economías emergentes, donde múltiples factores contextuales limitan el impacto de la transformación digital. No obstante, los hallazgos también revelan una brecha significativa entre la adopción y la madurez digital. A pesar del impacto positivo observado, la adopción de tecnologías de la I4.0 sigue siendo limitada debido a las restricciones financieras, técnicas y de conocimiento. La mayoría de las nanostores continúan operando bajo esquemas tradicionales, incorporando tecnologías básicas como POS, redes sociales, pagos digitales o sistemas básicos de control. La literatura sugiere que incluso tecnologías simples como manejar inventario desde el teléfono, usar WhatsApp para recibir pedidos o tener un POS básico pueden mejorar el rendimiento. También se encontró que el rendimiento operativo es afectado por variables contextuales tales como la seguridad, conocimiento, adopción tecnológica, acceso a recursos y la estructura tecnológica, el cual no es igual para todas las tiendas. Los resultados siguieren que las nanostores se encuentran en una etapa intermedia de transformación digital, donde la tecnología comienza a incorporarse en las operaciones, pero aún no se traduce plenamente en ventajas competitivas sostenibles debido a las limitaciones estructurales ya analizadas.

5.1 Limitaciones e Investigación Futura

Los resultados del estudio confirman las hipótesis planteadas, evidenciando que las nanostores que adoptan tecnologías de I4.0 presentan un mejor rendimiento operativo que aquellas que no lo hacen, aunque el nivel actual de adopción sigue siendo medio-bajo. No obstante, la investigación presenta varias limitaciones, el enfoque exclusivo en Honduras limita la generalización de los hallazgos a otros contextos. El diseño transversal impide inferir relaciones causales, mientras que el uso de datos auto-reportados puede introducir sesgos de medición. Aunque la muestra es robusta (n = 668), podría no representar plenamente todas las regiones del país. Futuras investigaciones deberían considerar diseños longitudinales, integrar indicadores objetivos de desempeño, ampliar el modelo mediante variables mediadoras. Asimismo, se recomienda generar estudios comparativos a nivel regional o internacional que permiten fortalecer la validez externa.

5.2 Implicaciones Prácticas y de Política Pública

Los hallazgos generan implicaciones prácticas claras. Para los propietarios de nanostores, se recomienda la adopción progresiva de tecnologías básicas de Industria 4.0 —como pagos digitales y sistemas POS—, dado su impacto positivo en la eficiencia operativa. Para proveedores tecnológicos y fabricantes, resulta clave desarrollar programas de capacitación, financiamiento accesible y acompañamiento técnico adaptado a micronegocios. Desde la perspectiva de política pública, los resultados sugieren la implementación de subsidios para tecnologías accesibles, iniciativas de alfabetización digital y programas de apoyo a la digitalización de microempresas, con el fin de acelerar la modernización del comercio minorista informal y fortalecer la competitividad del sector.

5.3 Implicaciones Sociales, Económicas y Legales

La modernización tecnológica de las nanostores puede contribuir al desarrollo económico inclusivo, la reducción de la brecha digital y el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria. Asimismo, los resultados respaldan la formulación de políticas públicas orientadas a promover la equidad, la formalización progresiva del sector.

5.4 Originalidad y Valor del Estudio

Este estudio aporta evidencia empírica cuantitativa en un contexto poco explorado, validando la relación entre la adopción de tecnologías de la I4.0 y el RO. Su principal contribución radica en el análisis de una muestra amplia y en la demostración de que la transformación digital, incluso en niveles básicos puede generar impactos significativos en el desempeño. Además, ofrece recomendaciones accionables para stakeholders públicos y privados, contribuyendo a la literatura sobre transformación digital en economías emergentes.

AGRADECIMIENTO/RECONOCIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), al Departamento de Mercadotecnia y la Faculta de Ingeniería, por su apoyo institucional. A los estudiantes Sofía Pravia, Ederly Ponce, Mary Torres y Gabriel Martínez por su contribución en la recolección de datos y desarrollo de la investigación. Al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y al proyecto LIFT-LAB por su colaboración y apoyo a lo largo del estudio. Al Grupo de Investigación en Supply Chain and Operations (GICSO), proyecto GI-2021-04, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

REFERENCIAS

[1] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld, and M. Hoffmann, “Industry 4.0,” Business & Information Systems Engineering, vol. 6, no. 4, pp. 239–242, 2014.

[2] A. G. Frank, L. S. Dalenogare, and N. F. Ayala, “Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies,” International Journal of Production Economics, vol. 210, pp. 15–26, 2019.

[3] P. C. Verhoef, T. Broekhuizen, Y. Bart, A. Bhattacharya, J. Qi Dong, N. Fabian, and M. Haenlein, “Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda,” Journal of Business Research, vol. 122, pp. 889–901, 2021.

[4] T. Reardon, R. Tschirley, B. Minten, S. Haggblade, S. Liverpool-Tasie, D. Dolislager, and C. Snyder, “Transformation of African agrifood systems in the new era of rapid urbanization and the emergence of a middle class,” Global Food Security, vol. 20, pp. 1–8, 2019.

[5] D. Ivanov and A. Dolgui, “A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0,” Production Planning & Control, vol. 32, no. 9, pp. 775–788, 2020.
[6] M. M. Queiroz, S. Fosso Wamba, C. Machado, and R. Telles, “Smart production systems drivers for business process management improvement: An integrative framework,” Business Process Management Journal, vol. 26, no. 5, pp. 1075–1092, 2020.
[7] L. Tornatzky and M. Fleischer, The Processes of Technological Innovation. Lexington, MA, USA: Lexington Books, 1990.
[8] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis, “User acceptance of information technology: Toward a unified view,” MIS Quarterly, vol. 27, no. 3, pp. 425–478, 2003.
[9] W. Reinartz, M. Wiegand, and M. Imschloss, “The impact of digital transformation on the retailing value chain,” International Journal of Research in Marketing, vol. 36, no. 3, pp. 350–366, 2019.
[10] N. Donthu and A. Gustafsson, “Effects of COVID-19 on business and research,” Journal of Business Research, vol. 117, pp. 284–289, 2020.
[11] J. A. C. Salamín, “La intención de compra en la logística de la cadena de suministro de nanostore.,” FAECO SAPIENS, vol. 6, no. 1, pp. 315-329, 2023.
[12] E. V. P. y. C. M. A. David Ernesto Salinas Navarro, “Beyond the Counter: A Systemic Mapping of Nanostore Identities in Traditional, Informal Retail Through Multi-Dimensional Archetypes,” MDPI, vol. 13, no. 546, 2025.
[13] Y. Boulaksil, Fransoo, B. J., E. E. y S. Koubida, “Understanding the fragmented demand for transportation–Small traditional retailers in emerging markets,” Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 130, pp. 65-81, 2019.
[14] M.R. A Amaya, C. H. Ortega-Jimenez, “Caracterización de las nanostore durante el período 2020-2022,” Universidad y Sociedad, vol. 15, no. 1, pp. 571-587, 2023.
[15] N. Slack, S. Chambers, and R. Johnston, Operations Management, 6th ed. Harlow, UK: Pearson Education, 2010.
[16] A. Tashkinov, “The application of industry 4.0 into the company’s production activities through effective decision-making,” Scientific Reports , vol. 15, p. 34202, 2025 .
[17] R. Escamilla, J. C. Fransoo, and C. S. Tang, “Improving the efficiency of traditional retail supply chains in emerging markets,” Production and Operations Management, vol. 30, no. 3, pp. 676–688, 2021.
[18] M. Sarbu, “The impact of Industry 4.0 on innovation performance,” Technological Forecasting and Social Change, vol. 173, 2022.
[19] C. H. Ortega-Jiménez, A. M. Amador-Matute, J.S. Parada-López, N. A. Melgar-Martínez, J. D. Cruz-Amaya, “Entorno competitivo de nanostores durante covid-19: adaptabilidad para mayor rendimiento en Honduras,” Revista Universidad y Sociedad, vol. 14, nº 6, pp. 473-483, 2022.
[20] M.R Acevedo-Amaya, & C. H. Ortega-Jimenez, “Revolutionizing Supply Chains: Unleashing Reconfigurability and Flexibility through Industry 4.0 Integration”, LACCEI, pp. 1-12, 2025.
[21] M. M. H. E. Tahsina Khan, “Supply chain performance in the age of Industry 4.0,” Brazilian Journal of Operations & Production Management, vol. 22, nº 1, p. 2434, 2025
[22] H. D. C. Gómez, “Tienda de barrio en Colombia: una revisión sistemática de la literatura,” Venezolana de Gerencia, vol. 29, nº 12, pp. 1364-1378, 2024.
[23] S. M. L. e. al., “Impact of Industry 4.0 on Corporate Financial Performance: A Moderated Mediation Model,” Sustainability, vol. 13 , nº 11, p. 6069, 2021.
[24] M.R. Acevedo-Amaya, C. H. Ortega-Jimenez, “Optimizing Nanostores Business Model: Managing Supply Chains with Industry 4.0 Innovations”, LACCEI, pp. 1-12, 2024.
[25] M.R. Acevedo-Amaya, C. H. Ortega-Jimenez, & R. E. Alvarado-Rivera, “Reconfigurable Supply Chains and Industry 4.0: Drivers of Enhanced Performance”, LACCEI, pp. 1-12, 2025.
[26] T. e. al., “Industry 4.0 adoption as a moderator of the impact of lean production practices on operational performance improvemen,” Int. Journal of Operations & Production Management, 2019
[27] A. C. M. e. al., “Industry 4.0 and Smart Systems in Manufacturing Applied Systems & Innovation, 7(2),” Applied Systems & Innovation,, vol. 7, No. 2, 2024
[28] D. A. L. O. S. R. Karla C. Meneses Bucheli, “Pequeñas tiendas de barrio. Determinantes de ventas que orientan el apoyo y su asesoramiento,” Teuken Bidikay, vol. 9, nº 11, pp. 120-140, 2018.
[29] P. D. S. e. al., “The Role of Industry 4.0 in the Context of Economic Performance of Enterprises: A Literature Review,” Economics and Culture, vol. 21 , No. 2 , 2024
[30] M. R. Acevedo-Amaya, & C. H. Ortega-Jimenez, “Technology Adoption and Nanostore Performance Enhancement in Honduras: A Humanitarian Engineering Perspective”, LACCEI, Vol. 1, No. 12, pp. 1-12, 2025.
[31] E. R. Y. R. José Lárez, “Nanotiendas: estrategias de sostenibilidad y resilencia en el contexto de pandemia COVID-19,” Venezolana de Gerencia, vol. 27, nº 98, pp. 549-56, 2022.
[32] M.R. Acevedo-Amaya, C. H. Ortega-Jimenez, “Reconfigurability for higher supply chain performance”, LACCEI, pp. 1-12, 2023.
[33] T. Abbasi and H. Weigand, “The impact of digital financial services on firm’s performance: A literature review,” Procedia Computer Science, vol. 100, pp. 84–92, 2016.
[34] C. H. Ortega-Jiménez et al., “Unlocking retail success: ICT operations practices in nanostores,” in Proc. LACCEI Int. Multi-Conf. Engineering, Education and Technology, 2024.