

Modelo de Producción con ERP para su óptima Productividad en las PYMES del Sector Metal Mecánica en Trujillo La Libertad

Production Model with ERP for optimum Productivity in SMEs of the Metal Mechanics Sector in Trujillo La Libertad

Humberto Pedro Jiménez Jara ¹ ; Luis A. Benites-Gutiérrez ² 

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte, calle 31, Urb. San Isidro 2da Etapa, Trujillo, Perú

² Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú

* Autor correspondiente: pelejafer@gmail.com (P. Jiménez)

DOI: [10.17268/scien.inge.2026.02.01](https://doi.org/10.17268/scien.inge.2026.02.01)

RESUMEN

El objetivo de la investigación es proponer una solución tecnológica que contribuya a mejorar la competitividad de las micro y pequeñas empresas del sector metalmecánico de la ciudad de Trujillo, mediante una mayor integración con la cadena de suministro a través del uso de las tecnologías de la información y comunicación. El estudio se enfoca en la implementación de un sistema Enterprise Resource Planning (ERP) como herramienta estratégica para optimizar la productividad, fortalecer las capacidades de innovación, mejorar la gestión de la cadena de valor y apoyar la toma de decisiones empresariales. La metodología empleada se basa en el diseño y desarrollo de un sistema de producción avanzado, estructurado en módulos funcionales del ERP, así como en la validación del código fuente para garantizar su correcto funcionamiento. Como resultado, se logró completar la primera etapa del proyecto PIC-09-2014 de la III Convocatoria CANON, correspondiente al diseño e integración de los módulos del sistema, el cual fue implementado y alojado en el Data Center del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo. La propuesta evidencia un impacto positivo en la productividad, rentabilidad y gestión estratégica de las empresas MYPES del sector estudiado.

Palabras clave: ERP; competitividad; TIC's; cadena de suministro; Mypes.

ABSTRACT

The objective of this research is to propose a technological solution that contributes to improving the competitiveness of micro and small enterprises in the metal-mechanical sector in the city of Trujillo, through greater integration with the supply chain by means of information and communication technologies. The study focuses on the implementation of an Enterprise Resource Planning (ERP) system as a strategic tool to optimize productivity, strengthen innovation capabilities, improve value chain management, and support business decision-making. The methodology is based on the design and development of an advanced production system, structured through functional ERP modules, as well as on the validation of the source code to ensure its proper operation. As a result, the first stage of the project was completed, corresponding to the design and integration of the system modules, which were implemented and hosted in the Data Center of the Department of Industrial Engineering at the National University of Trujillo. The proposed solution demonstrates a positive impact on productivity, profitability, and strategic management of the MSEs in the analyzed sector.

Keywords: ERP; competitiveness; ICT; supply chain; MSEs.

1. INTRODUCCIÓN

En la economía global contemporánea, el incremento de la competitividad empresarial se encuentra intrínsecamente vinculado al nivel de adopción estratégica de tecnologías de la información, especialmente en sectores productivos que enfrentan una presión competitiva elevada y mercados volátiles. La transformación digital constituye un factor determinante para optimizar la eficiencia operativa y la productividad, fortaleciendo la capacidad de respuesta organizacional ante entornos dinámicos (Peretz-Andersson et al., 2024). Históricamente, las revoluciones industriales han surgido como respuestas a las exigencias del mercado; desde la incorporación de maquinaria mecánica para incrementar la producción fabril, hasta la automatización de actividades repetitivas en la tercera revolución. En el escenario actual, la complejidad de las cadenas de suministro



exige una integración eficiente entre los componentes del sistema productivo y las tecnologías de la información para garantizar la flexibilidad operativa (Nakagawa et al., 2021).

En el ámbito industrial, la competitividad trasciende la capacidad instalada, dependiendo fundamentalmente de la gestión eficaz de la información y la integración del flujo de suministros para la toma de decisiones estratégicas. En este sentido, la transformación digital permite integrar procesos clave como planificar en el ámbito de producción, la gestión de inventarios, las compras, las ventas y la logística, lo que contribuye a una visión integral del negocio. Bajo este enfoque, los sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) se han consolidado como herramientas fundamentales para la gestión estratégica y operativa de las organizaciones. (Simetinger et al., 2022)

Ante este panorama, es imperativo que los directivos desarrollen estrategias orientadas a la satisfacción del cliente final mediante la anticipación y la eficiencia del servicio. Las grandes corporaciones invierten sistemáticamente en estas tecnologías no solo para obtener ventajas temporales, sino para asegurar su sostenibilidad en mercados fluctuantes (Secka et al., 2024).

A nivel global, las micro y pequeñas empresas representan un pilar económico fundamental debido a su capacidad para generar empleo y dinamizar sectores productivos. No obstante, la literatura científica señala que este tipo de organizaciones enfrenta mayores dificultades para la adopción de tecnologías avanzadas, principalmente debido a limitaciones de carácter financiero, técnico y organizacional, lo que restringe es saber competir pero eficientemente (Żółtowski, 2021).

En el contexto nacional, las micro y pequeñas empresas industriales desempeñan una función estratégica si hablamos del aspecto económico porque contribuyen al producto interno bruto y generando nuevos puestos de trabajo. No obstante, diversos estudios evidencian que una proporción considerable de estas empresas opera con bajos niveles de digitalización, recurriendo a sistemas de información fragmentados o a procesos predominantemente manuales (CEPAL, 2023).

Con el paso del tiempo, las PYMES en el Perú han ido reorientando su enfoque, reconociendo la necesidad de invertir en tecnología para optimizar sus procesos y mejorar su desempeño organizacional. En este marco, surge la adopción de sistemas más integrales, como los sistemas Enterprise Resource Planning (ERP), los cuales se presentan como una solución orientada a proporcionar mayor flexibilidad en los procesos empresariales y a fortalecer la capacidad de adaptación frente a entornos cambiantes y altamente competitivos (Pérez, 2024).

En la ciudad de Trujillo, las empresas del sector metalmecánico objeto de estudio operan en un entorno complejo que demanda una reducción de costos y una rápida adaptación al mercado. Sin embargo, la limitada adopción de tecnologías integradas y la escasa articulación de la cadena de suministro derivan en ineficiencias operativas, duplicidad de datos y dificultades en la toma de decisiones. Esta problemática se manifiesta en bajos índices de productividad y restricciones para acceder a mercados de mayor rentabilidad (INEI, 2025). Investigaciones previas respaldan que la implementación de un ERP contribuye significativamente al desempeño organizacional mediante la optimización de recursos y la gestión de la cadena de valor, impactando positivamente en la productividad.

Diversos estudios internacionales corroboran estas premisas. Szabó et al. (2024) demostraron en Hungría que, si bien la posición financiera inicial es relevante, la adopción temprana de software de gestión empresarial incrementa el aporte de las PYMES al crecimiento económico. La problemática del estudio se centra en la necesidad de cuantificar, con evidencia empírica, cómo la digitalización —medida a través de la infraestructura tecnológica y el uso de aplicaciones empresariales— influye en variables macroeconómicas como el producto interno bruto. Para ello, los autores emplean la metodología PLS-SEM, aplicada a una muestra constituía por 1 045 PYME con información correspondiente a los años 2010 y 2018. La base de datos combina información financiera detallada con los resultados del índice DESI, que evalúa infraestructuras y niveles de digitalización de los procesos empresariales, incluyendo el uso de sistemas ERP, CRM y comercio electrónico. Los resultados evidencian que la posición financiera inicial de las empresas es el factor más influyente en su contribución futura al PIB; no obstante, la digitalización temprana, especialmente la adopción de software de gestión empresarial incrementa significativamente dicho aporte, reflejándose en mayores niveles salariales, adquisición de insumos y volumen de ventas. Asimismo, se observa que hacia 2018 la adopción aislada de sistemas ERP y CRM resulta insuficiente para sostener ventajas competitivas. Los autores sostienen que la digitalización constituye un motor relevante del crecimiento económico de las PYME, con un impacto incluso superior al de la infraestructura tecnológica por sí sola, y recomiendan replicar el modelo en otros contextos nacionales y periodos temporales para fortalecer la formulación de políticas públicas y estrategias empresariales.

Por su parte, Mofalasayo et al. (2022) analizan el desafío que enfrentan las pequeñas y medianas empresas manufactureras para integrar los principios de la manufactura blanda, con el objetivo de incrementar la productividad, reducir desperdicios y generar mayor valor para el cliente, considerando las limitaciones de recursos que caracterizan a las PYME frente a las grandes corporaciones. La metodología empleada combina una revisión bibliográfica sobre la convergencia entre Lean e Industria 4.0 con un estudio de caso en una empresa canadiense fabricante de dispositivos electrónicos, donde se aplicaron herramientas Lean como el mapeo del flujo de valor y la mejora continua tipo Kaizen. Los resultados evidencian que la integración progresiva de prácticas Lean con soluciones básicas de digitalización permite identificar cuellos de botella, optimizar el registro de información y mejorar la detección de fallos, contribuyendo a la eliminación de los desperdicios identificados en el modelo TIMWOODS + EP, así como a mejoras en calidad, reducción de tiempos de ciclo y disminución de errores. Los autores sostienen que la adopción gradual de tecnologías digitales, sustentada en los principios Lean, sienta las bases para la implementación futura de soluciones más avanzadas de la Industria 4.0, maximizando los beneficios y minimizando los riesgos para las PYME.

Los investigadores Hietala y Päivärinta (2021) analizan la problemática de la gestión y materialización de los beneficios derivados de los sistemas Enterprise Resource Planning (ERP) durante la fase posterior a su implantación, destacando que la literatura existente se ha concentrado principalmente en la etapa inicial de implementación, dejando escasamente estudiado el desarrollo posterior. El objetivo del estudio es comprender cómo las organizaciones gestionan los beneficios esperados de los sistemas ERP en dicha fase y qué prácticas organizacionales resultan insuficientes para su aprovechamiento efectivo. Para ello, los autores enfocaron su investigación en una empresa finlandesa con un sistema ERP maduro, empleando una metodología cualitativa basada en entrevistas a actores clave de las áreas de TI y negocio, revisión documental y análisis de cinco proyectos de desarrollo post-implantación. Estos resultados evidenciaban que carecían de procedimientos formales de gestión de beneficios, casos de negocio y seguimiento sistemático, lo que generó ampliaciones de alcance, retrasos y uso ineficiente de recursos; en contraste, los proyectos de mayor envergadura que aplicaron prácticas estructuradas de gestión y colaboración entre TI y las áreas de negocio lograron una mejor alineación de objetivos y mayores beneficios. Se aprecia que una falta de buenas prácticas, gestión de beneficios en la fase post-implantación limitan el aprovechamiento del valor de los sistemas ERP, mientras que un enfoque planificado y estructurado permite prevenir desviaciones de tiempo, costos y alcance, y contribuye a una mayor satisfacción organizacional.

En la investigación de Vitti et al. (2025) analizan las dificultades de las empresas en estudio para la adopción de sistemas de planificación en este caso de materiales (MRP) y de recursos empresariales (ERP), pese a los beneficios que estos aportan en términos de eficiencia operativa y capacidad de respuesta al mercado. El objetivo del estudio es proponer una alternativa de bajo costo y fácil implementación que facilite la digitalización progresiva de las PYMEs, superando barreras como los elevados costos iniciales, la complejidad técnica y las limitaciones de infraestructura. Para ello, los autores desarrollan un algoritmo basado en Python que implementa la lógica del MRP mediante cuatro etapas fundamentales: explosión de requerimientos, neteo de demanda, y más indicadores. Los resultados demuestran que la herramienta reproduce con precisión los cálculos manuales de MRP y mejora significativamente la eficiencia de la planificación, permitiendo a las PYMEs optimizar el aprovisionamiento y la producción sin recurrir a software comercial costoso. Los autores sostienen que el uso de soluciones algorítmicas basadas en Python representa una vía viable para iniciar procesos de digitalización en PYMEs, al tiempo que sienta las bases para la adopción futura de sistemas ERP/MRP más avanzados, aunque reconocen la necesidad de ampliar el modelo incorporando restricciones de capacidad y validaciones en contextos empresariales reales.

Por su parte, Haddara et al. (2022) de igual manera su fuente de estudio coincide con la de esta investigación y nos indica que pese a los beneficios que esta modalidad ofrece en términos de reducción de costos iniciales, escalabilidad y flexibilidad. El objetivo del estudio es identificar y clasificar las barreras que no nos dejan tener un éxito al implementar, con el fin de orientar tanto a las organizaciones como a los proveedores de soluciones. Para ello, los autores emplearon una metodología cualitativa basada en un estudio de casos múltiples, analizando tres PYME noruegas mediante entrevistas semiestructuradas a directivos y usuarios clave, cuyos datos fueron examinados a través de codificación temática. Los resultados permitieron agrupar los desafíos en cuatro categorías: tecnológicos, relacionados con la integración y personalización. En conclusión, el estudio evidencia que la adopción de ERP en la nube en PYME constituye un proceso organizacional complejo que requiere preparación interna, gestión del cambio y fortalecimiento de competencias digitales, recomendándose una implementación gradual y el establecimiento de relaciones sólidas con los proveedores para maximizar los beneficios y reducir los riesgos.

El diseño de un modelo ERP accesible y adaptable constituye una estrategia clave para superar las limitaciones de integración y automatización que enfrentan las micro y pequeñas empresas, particularmente aquellas

con restricciones de recursos financieros y capital humano especializado. El desarrollo de soluciones basadas en frameworks web flexibles, como Laravel, facilita la implementación de sistemas escalables e interoperables, alineados con estándares internacionales y clasificaciones productivas como el CIU, lo que contribuye a mejorar la eficiencia operativa y la competitividad empresarial en entornos globalizados (Kumar & Kumar, 2023).

Los profesores Molina et al. (2021) evidencian que la adopción de ERP modifica la relación entre la experimentación del modelo de negocio y el desempeño empresarial, actuando tanto como facilitador como limitante de la innovación. Sus hallazgos muestran que, mientras las PYME sin ERP obtienen mejoras directas en el rendimiento a partir de la experimentación, aquellas que cuentan con ERP solo logran beneficios cuando la innovación se orienta significativamente hacia el cliente o introduce altos niveles de novedad. Esto sugiere que la estandarización propia de los ERP puede restringir la flexibilidad organizacional si no se gestiona estratégicamente. Por tanto, se justifica la necesidad de analizar cómo las PYME pueden implementar y utilizar sistemas ERP de manera que potencien la innovación del modelo de negocio sin comprometer su capacidad de adaptación y creación de valor.

A pesar de la extensa literatura existente de este estudio, persiste un vacío científico relacionado con el diseño y la validación de modelos de producción basados en ERP que se encuentren adaptados a las particularidades y restricciones de las empresas de esta investigación. Este vacío se evidencia los reducidos estudios que analizan de manera integral el impacto de dichos modelos en la productividad empresarial, considerando aspectos clave como la integración de la cadena de suministro y el uso efectivo de toda tecnología.

De esta manera, el objetivo general del presente estudio es diseñar un modelo de producción basado en un sistema Enterprise Resource Planning (ERP) que permita optimizar la productividad de las PYMES del sector metalmecánico en la ciudad de Trujillo. Para alcanzar este propósito, se plantean como objetivos específicos analizar las necesidades tecnológicas actuales del sector metalmecánico en el ámbito local; diseñar e implementar un modelo ERP que integre estándares internacionalizados y buenas prácticas de gestión; evaluar el impacto del modelo propuesto en los indicadores de productividad y competitividad empresarial; identificar las principales barreras y desafíos asociados a la adopción de sistemas ERP en las PYMES del sector; desarrollar estrategias de capacitación y adaptación del personal para asegurar un uso eficiente del sistema; y proponer mejoras en la gestión de recursos y en los procesos productivos mediante la implementación del ERP, orientadas a incrementar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad empresarial.

2. METODOLOGÍA

El estudio se centró en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) del sector metalmecánico de la ciudad de Trujillo, las cuales constituyen un motor estratégico de la economía local al aportar el 15% al Producto Interno Bruto (PIB) regional y generar miles de puestos de trabajo (Cámara de Comercio de La Libertad, 2024). Este sector se caracteriza por una necesidad crítica de adopción tecnológica para optimizar su eficiencia operativa, reducir la duplicidad de información y fortalecer su competitividad en mercados cada vez más exigentes.

2.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo - cuantitativo y de tipo aplicado, debido a que busca resolver una problemática práctica mediante la implementación de una solución tecnológica específica en un entorno real. El alcance del estudio es descriptivo-explicativo, orientado a analizar la relación causal entre la adopción del software ERP (Enterprise Resource Planning) y la mejora en los indicadores de productividad. Metodológicamente, el diseño de investigación corresponde a un estudio de casos múltiples con un enfoque cuasi-experimental de pretest y posttest. Este diseño permitió examinar de manera detallada la implementación del sistema ERP en las unidades de análisis seleccionadas, identificando y cuantificando los cambios en los procesos administrativos y operativos antes y después de su adopción. Este enfoque facilita comprender cómo la incorporación de tecnologías de gestión impacta en la eficiencia de las empresas analizadas. La ejecución de la fase experimental se gestionó mediante el marco de trabajo Scrum, estructurando el desarrollo e implementación del sistema ERP. Este enfoque ágil permitió una construcción iterativa e incremental de los módulos funcionales, asegurando que cada entrega de software respondiera a los requerimientos técnicos y operativos identificados en las PYMES metalmecánicas.

2.2 Población y selección de casos

Población: La población de estudio está constituida por las PYMES del sector metalmecánico ubicadas en la provincia de Trujillo.

Casos de estudios: Para la ejecución de la fase experimental, se seleccionaron cinco unidades de análisis mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, fundamentado en la disposición de las empresas para la apertura de sus datos operativos y su necesidad crítica de digitalización. Los casos de estudio cumplen con criterios de inclusión específicos siendo una planilla de entre 10 y 50 empleados, niveles de ventas anuales situados en el rango de S/ 0.5 a S/ 2 millones y una gestión de procesos caracterizada por la manualidad. Detalle en la Tabla 1.

Tabla 1. Detalles de las empresas en estudio

Empresa	Funcionarios que participan en la entrevista	RUC	Fuente de identificación
Empresa A: Inversiones Mecánicas S.R.L.	Gerente, administradores, encargados	20481573433	SUNAT
Empresa B: Talleres Unidos Ingeniería Inversiones S.A.C.	Gerente, coordinadores	20601771731	SUNAT
Empresa C: Manufacturas Claudinne S.A.C	Gerente, administradores, encargados	20482775862	SUNAT
Empresa D: Ingenieros en Acción S.R.L	Gerente, administradores, encargados	20211493225	SUNAT
Empresa E: Arenado Y Granallado Metal S.A.C	Gerente, administradores, encargados	20547077467	SUNAT

Nota: Adaptado de registros de la SUNAT (2025) y datos suministrados por los representantes legales de las PYMES participantes. La segunda columna identifica a los actores clave que brindaron información para el diagnóstico de necesidades tecnológicas y la validación del sistema ERP.

2.3 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

En este estudio se emplearon diversas técnicas para la recolección de datos, tanto recolectados por los autores como provenientes de fuentes secundarias, con el fin de analizar la implementación del sistema ERP en las empresas seleccionadas del sector metalmecánico de Trujillo. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

Observación: Se observaron los procesos administrativos y operativos en las empresas seleccionadas. La observación permitió identificar cuellos de botella, redundancias y oportunidades de optimización mediante la implementación del ERP.

Cuestionario estructurado: Se realizaron entrevistas a gerentes, jefes de área y personal operativo clave. El objetivo fue obtener testimonios sobre la percepción de los procesos antes y después del ERP, así como la identificación de problemas y mejoras en la gestión empresarial.

Encuesta: Se aplicaron cuestionarios al personal operativo involucrado en los procesos afectados por el ERP.

La encuesta buscó medir satisfacción, percepción de eficiencia, facilidad de uso del sistema y reducción de errores. Los resultados permitieron complementar la información cualitativa obtenida de las entrevistas y observación.

Revisión de documentos históricos: Se revisaron informes sectoriales, bases de datos nacionales e internacionales y estudios previos sobre ERP y TIC, incluyendo investigaciones como Haro et al. (2021) y Ballesteros (2021). Se recopilaban registros administrativos y reportes internos de las empresas, incluyendo indicadores de producción, inventario, órdenes y errores administrativos.

La combinación de estas técnicas permite la triangulación de la información, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados. Además, la implementación de la metodología Scrum favorece la autoorganización y ciclos iterativos, lo que facilita la adaptación continua del ERP a las necesidades de cada empresa y asegura la recolección de datos consistente antes y después de su implementación.

2.4 Procedimiento de desarrollo e implementación del sistema ERP

Se adoptó un enfoque metodológico mixto: la parte cualitativa permitió comprender los retos del sector mediante entrevistas y análisis temático, considerando que el éxito de nuestro estudio depende de la capacitación continua de los usuarios y de una adecuada gestión del conocimiento. Además, los principios de la Industria 4.0, como interoperabilidad y virtualización, se integraron con el ERP para optimizar procesos y mejorar el rendimiento económico y ambiental. La parte cuantitativa evaluó indicadores de productividad antes y des-

pués de la implementación, como tiempo de ciclo y más. En la Tabla 2, vemos el procedimiento estructurado en cuatro etapas, apoyado en la metodología Scrum, la cual permitió ciclos iterativos de planificación, ejecución, revisión y ajuste, asegurando la adaptación continua a las necesidades de cada empresa.

Tabla 2. Detalle del procedimiento de implementación del ERP en las PYMES del sector metalmecánico de Trujillo

Etapas	Objetivos	Actividades	Resultados
Etapa 1: Diagnóstico	Identificación de problemas y necesidades de las empresas en estudio.	Observación de procesos, revisión de registros administrativos, entrevistas a encargados.	Informe de diagnóstico con áreas críticas y oportunidades de mejora.
		Desarrollo de módulos según necesidades de las empresas.	
Etapa 2: Configuración del ERP	Adaptar el sistema a los procesos de cada empresa.	Capacitación al personal	ERP configurado con los módulos definidos para inicio de pruebas.
Etapa 3: Prueba piloto y capacitación	Garantizar que el personal pueda operar el ERP y validar su funcionamiento	encargado e inicio de pruebas piloto. Ajustes o modificaciones según lo solicitado.	Personal capacitado y ERP validado para implementación general.
		Implementación completa del sistema ERP. Monitoreo de uso de módulos.	
Etapa 4: Puesta en marcha	Implementar ERP en toda la empresa y medir mejoras	Medición de indicadores de un pre y post implementación.	Informe final de implementación con mejoras en productividad y eficiencia.

Nota: Cada etapa del procedimiento se desarrolló siguiendo los principios del marco de trabajo Scrum, adaptados al contexto de las PYMES del sector metalmecánico.

La metodología SCRUM se fundamenta en tres pilares esenciales: pruebas continuas (*testing*), transparencia y capacidad de adaptación (Abellán, 2020). Según Requena Mesa (2018), SCRUM organiza el trabajo mediante ciclos iterativos y la asignación definida de roles, facilitando la coordinación de los equipos. Entre sus principales ventajas, Abellán (2020) resalta su facilidad de aprendizaje, la estructuración clara de roles, la disponibilidad de herramientas de soporte y su estrecha vinculación con las actividades diarias de los proyectos (Anexo 01).

A partir del diagnóstico realizado en las empresas participantes, se identificaron los procesos críticos que requerían digitalización y control integrado. Con base en estas necesidades, se definieron los módulos funcionales del sistema ERP necesarios para optimizar la gestión operativa y administrativa de las PYMES del sector metalmecánico. La Tabla 3 presenta los principales módulos implementados, junto con su función dentro de la organización y las áreas empresariales en las que contribuyen a mejorar la gestión de información, la coordinación de procesos y la toma de decisiones.

Tabla 3. Módulos del Sistema ERP

Módulos	Nombre
Mód. 1	Gestión de Grupos y Familias
Mód. 2	Gestión de Cuentas
Mód. 3	Gestión de Empleados
Mód. 4	Gestión de Productos
Mód. 5	Gestión de Proveedores
Mód. 6	Gestión de Clientes
Mód. 7	Gestión de Ventas

Módulos	Nombre
Mód. 8	Gestión de Planillas

2.5 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables implica traducir los constructos teóricos en indicadores concretos, observables y cuantificables, lo que permite diseñar instrumentos de recolección de datos robustos y garantizar un análisis estadístico riguroso, sustentando así la validez y fiabilidad del estudio. De esta manera, definimos nuestras variables:

V1, Variable Independiente: Modelo de Producción con ERP

V2, Variable Dependiente: Productividad en las PYMES del Sector Metal Mecánica en Trujillo, La Libertad.

Tabla 4. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
V1, Modelo de Producción con ERP	Sistema integrado de gestión que automatiza procesos operativos y administrativos bajo un entorno de datos centralizado.	Gestión operativa Tecnologías que usan	Control de inventarios Órdenes o pedidos Tiempo de respuesta	Cuestionario
V2, Productividad en PYMES del sector metalmecánica de Trujillo	Relación óptima entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos en la fabricación metalmecánica.	Eficiencia Eficacia	Optimización de recursos Reducción de mermas Cumplimiento de pedidos	Cuestionario

2.6 Análisis de la información

Para evaluar el impacto de la implementación del sistema ERP en las PYMES del sector metalmecánico de Trujillo, los datos recolectados fueron organizados y procesados mediante el software SPSS, aplicando procedimientos estadísticos adecuados a la naturaleza de cada indicador.

Análisis cualitativo: Se realizó un análisis temático de entrevistas, cuestionarios abiertos y observaciones, con el fin de identificar mejoras en los procesos, percepciones del personal y retos en la adopción del sistema ERP. Los hallazgos se codificaron y categorizaron para relacionarlos con los objetivos del estudio y las áreas de mejora identificadas en la fase de diagnóstico.

Análisis cuantitativo: Para el cuestionario aplicado después de la implementación (post), se evaluaron asociaciones entre variables relacionadas con satisfacción mediante la prueba de Chi-Cuadrado (χ^2), considerando un nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Este procedimiento permitió establecer si existían relaciones estadísticamente significativas entre las variables medidas, asegurando un respaldo empírico para los hallazgos del estudio.

2.6.1 Planteamiento de hipótesis

Para este estudio, se plantearon las siguientes hipótesis de investigación:

Hipótesis General:

H1: El modelo de producción basado en ERP se relaciona significativamente con la mejora de la productividad en las Pymes del sector metalmecánica de la ciudad de Trujillo.

H0: El modelo de producción basado en ERP no se relaciona significativamente con la mejora de la productividad en las Pymes del sector metalmecánica de la ciudad de Trujillo.

Hipótesis Específicas:

Hipótesis específica 1: El modelo basado en ERP influye significativamente en la eficiencia operativa de las Pymes del sector metalmecánica de la ciudad de Trujillo.

Hipótesis específica 2: El modelo basado en ERP mejora significativamente la eficacia en el cumplimiento de metas de las Pymes del sector metalmecánica de la ciudad de Trujillo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características técnicas del ERP

Tabla 5. Data Center (Hardware)

Cantidad	Descripción	Unidad de Medida
01	UPS - 6KVA	Amperios
01	Consola Multiplexor KVM	KVM
10	Discos duros de 600 GB de 10,000 RPM SAS	Gigabytes
01	Equipo de Control de Acceso Biométrico	ZK Óptica Sensor
01	Equipo para Aire Acondicionado tipo doméstico	BTU
01	Gabinete de Metal de piso 42 RU	Centímetros
01	Permisos legales de administración	Terabytes
01	Permisos legales Solución y Colaboración en la Nube	Terabytes
01	Puerta Cortafuego de Metal 1.00 X 2.10m	Metros
02	Servidor de 2.3GHZ 10	Gigabytes
02	Servidor de 2.3GHZ 8	Gigabytes
01	Sistema de Monitoreo y Control Remoto	GPRS
04	Sistema Operativo para Servidor Incluye Licencia	Gigabytes
04	Switch para Capa 2	Centímetros
01	Switch para 3	Centímetros
02	Distribuidor de energía	Voltaje

Nota. Se detalla el hardware del Data Center utilizado para alojar el ERP, incluyendo servidores, almacenamiento, red y sistemas de seguridad, lo cual garantiza disponibilidad, rendimiento y seguridad de la información.

Tabla 6. Instalación ERP en Linux (Ubuntu Server)

Nombre del Programa	Versión
Apache	2.4.35
PHP	7.4.11
Laravel	8.0.0
Mysql	8.0.0
Composer	2.0.4
Nodejs	12.18.3
Git	-
NPM	6.14.8

Nota. Se detalla los nombres del programa y las versiones correspondientes.

3.2 Módulos del ERP

Se elaboró e implementó el diseño completo del ERP, integrado y validando todos los módulos para mejorar los procesos operacionales y también la comunicación de la información en la empresa. De esta manera, se adaptó a lo que realmente necesitan las PYMES del sector metal mecánica en Trujillo, La Libertad.



Figura 1. Plataforma de acceso al ERP

Nota. Interfaz principal de acceso al ERP, donde los usuarios pueden iniciar sesión y navegar por los diferentes módulos según su rol dentro de la empresa.

3.2.1 Gestión de Grupos y Familias

Se implementó este módulo con la finalidad de organizar los productos y servicios de la empresa en categorías y subcategorías, facilitando la clasificación y el control de inventarios. Además, contribuye a mejorar la planificación de la producción y la toma de decisiones estratégicas al permitir un análisis detallado de la composición de los productos y sus familias. (Anexo 02)

3.2.2 Gestión de Cuentas

Este módulo permitió controlar todas las cuentas financieras de la empresa, incluyendo ingresos, egresos, conciliaciones bancarias y movimientos contables. Este módulo asegura la integridad de la información financiera, permite generar reportes contables confiables y apoya la planificación económica de la organización. (Anexo 03)

3.2.3 Gestión de Empleados

Administra de manera integral la información del personal, incluyendo datos personales, roles dentro de la empresa, historial laboral, desempeño y capacitaciones. Facilita la toma de decisiones sobre asignaciones, promociones y necesidades de capacitación, contribuyendo a la eficiencia en la gestión de recursos humanos. (Anexo 04)

3.2.4 Gestión de Productos

Permite registrar, controlar y actualizar todos los productos fabricados o comercializados por la empresa, incluyendo descripciones, códigos, stock y ubicación en almacén. Este módulo optimiza la administración de inventarios, evita faltantes o sobrantes y mejora la planificación de la producción y distribución. (Anexo 05)

3.2.5 Gestión de Proveedores

Centraliza la información de los proveedores, incluyendo datos de contacto, historial de pedidos y contratos vigentes. Facilita la evaluación y seguimiento del desempeño de los proveedores, optimizando los procesos de abastecimiento y asegurando la disponibilidad de insumos críticos para la producción. (Anexo 06)

3.2.6 Gestión de Clientes

Administra los datos de los clientes y comportamiento de consumo. Este módulo permite fortalecer la relación con los clientes, mejorar la fidelización, personalizar ofertas y generar reportes comerciales que apoyen la toma de decisiones estratégicas en ventas y marketing. (Anexo 07)

3.2.7 Gestión de Ventas

Permite registrar, procesar y controlar las operaciones de venta, integrando facturación, seguimiento de pedidos y reportes comerciales. Este módulo asegura la eficiencia en la gestión de ventas, permite monitorear el desempeño comercial y optimiza la generación de ingresos de la empresa. (Anexo 08)

3.2.8 Gestión de Planillas

Automatiza el cálculo de salarios, beneficios, deducciones y retenciones, además de generar reportes de planillas de manera precisa y confiable. Este módulo garantiza el cumplimiento normativo, reduce errores humanos y facilita la administración del personal, contribuyendo a una gestión eficiente del capital humano. (Anexo 9)

Los investigadores Alaskari et al. (2021) señalan que la implementación exitosa de ERP en PYMES requiere un marco estructurado que minimice riesgos y optimice recursos. Su estudio evidenció que un enfoque secuencial y retroalimentado mejora la integración de la información, reduce errores, estandariza procesos y acorta los tiempos de implantación. Además, resalta la necesidad de alinear los procesos internos con las funcionalidades del sistema y capacitar adecuadamente a los usuarios, garantizando un uso eficiente del ERP y maximizando sus beneficios operativos y estratégicos. Estos hallazgos respaldan la relevancia de la Gestión de Ventas, detallado en el Anexo 08.

Los profesores Saravanan et al. (2021) demostraron que la integración de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT) en procesos de manufactura bajo la Industria 4.0 permite una conectividad avanzada entre máquinas, sistemas y personas, favoreciendo la automatización, la trazabilidad de materiales y productos, y la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. Esta implementación mejora la flexibilidad de la producción, reduce tiempos de inactividad y facilita modelos de mantenimiento predictivo, contribuyendo directamente al incremento de la productividad y la sostenibilidad de los procesos industriales. En nuestra investigación, estos beneficios se reflejan claramente en los módulos del ERP implementado, especialmente en Gestión de Productos y Gestión de Grupos y Familias, que se aprecian también en los Anexos 05 y Anexo 02 respectivamente.

Según la investigación de Mossa et al. (2025) la implementación de sistemas ERP debe evaluarse no solo por su instalación, sino por la coherencia con la estructura organizacional y el nivel de utilización de sus funciones, ya que un ERP completo no garantiza máxima eficiencia si no se alinean procesos y recursos. Su estudio desarrolló un marco de categorización basado en integración, modularidad, interoperabilidad, homogeneización de datos y seguridad, aplicado en un caso formativo de ERP, mostrando mejoras significativas al pasar de sistemas en silos a un ERP integral. En nuestra investigación, estos hallazgos se reflejan en la implementación de los ocho módulos del ERP en las cinco PYMES del sector metalmecánico de Trujillo, donde la correcta integración de módulos como Gestión de Cuentas, Productos y Ventas permitió mejorar la eficiencia operativa, optimizar inventarios y facilitar la toma de decisiones estratégicas, evidenciando que la efectividad del ERP depende de su alineación con las necesidades y estructura de cada empresa. Se pueden apreciar desde el Anexo 02 al 09.

3.3 Implementación del ERP

Este punto se realizó con el objetivo de estandarizar y optimizar los procesos operativos y administrativos, mejorando la eficiencia, la precisión de la información y la capacidad de respuesta frente a las necesidades del mercado. Dado que cada empresa posee características, estructuras organizacionales y niveles de digitalización distintos, los resultados se presentan de manera individualizada por empresa, considerando los ocho módulos implementados de la Tabla 5. Este enfoque permite identificar mejoras específicas en cada área, analizar los indicadores de desempeño antes y después de la implementación y cuantificar el impacto del ERP en la productividad y competitividad de cada organización. La presentación por empresa y por módulo facilita la interpretación de los resultados, la discusión de los hallazgos y la identificación de buenas prácticas replicables en otras PYMES del sector.

Tabla 7. Módulos e indicadores

Módulo	Indicador
Gestión de Grupos y Familias	Tiempo promedio de búsqueda de productos por categoría (min)
Gestión de Cuentas	Precisión contable (%)
Gestión de Empleados	Tiempo de registros y control de asistencia (días)

Gestión de Productos	Errores de inventario (%)
Gestión de Proveedores	Registro completo y actualizado (%)
Gestión de Clientes	Tiempo de respuesta a pedidos (h)
Gestión de Ventas	Facturación correcta (%)
Gestión de Planillas	Tiempo de cálculo de planilla (h)

Nota. Se detalla los indicadores que se estudian para cada módulo.

La implementación de los ocho módulos del ERP en las cinco empresas estudiadas evidenció mejoras significativas en eficiencia operativa, control administrativo y precisión de la información. Estos resultados se evidencian en la Tabla 8 y Tabla 9. Las tablas mencionadas consideran indicadores por módulo:

Módulo 1: % de exactitud en clasificación

Módulo 2: Reportes contables oportunos

Módulo 3: Satisfacción de empleados

Módulo 4: Control de inventario

Módulo 5: Registro actualizado de proveedores

Módulo 6: Fidelización de cliente

Módulo 7: Cumplimiento de pedidos

Módulo 8: Gestión de planillas correcta

Tabla 8. Diagnóstico de la situación antes de la implementación del sistema ERP

Empresa	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6	Módulo 7	Módulo 8
Empresa A	70%	60%	65%	68%	50%	60%	70%	75%
Empresa B	72%	62%	68%	70%	52%	63%	71%	76%
Empresa C	71%	61%	66%	69%	51%	62%	70%	74%
Empresa D	69%	60%	64%	67%	50%	61%	68%	73%
Empresa E	70%	61%	65%	68%	51%	62%	69%	74%

Nota. Resultados obtenidos de análisis de hojas de cálculo de Excel de la base de datos de las empresas en estudio.

Tabla 9. Diagnóstico de la situación después de la implementación del sistema ERP

Empresa	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4	Módulo 5	Módulo 6	Módulo 7	Módulo 8
Empresa A	95%	90%	88%	92%	95%	85%	93%	95%
Empresa B	96%	91%	90%	94%	96%	86%	94%	96%
Empresa C	95%	90%	88%	93%	95%	85%	93%	95%
Empresa D	94%	89%	87%	92%	94%	84%	92%	95%
Empresa E	95%	90%	88%	93%	95%	85%	93%	95%

Nota. Resultados obtenidos de análisis de hojas de cálculo de Excel de la base de datos de las empresas en estudio.

Los profesores Kalina et al. (2025) en su investigación destacan que integrar herramientas de inteligencia empresarial en PYMES mejora la gestión de proyectos, la toma de decisiones y reduce costos, incluso con recursos limitados. Su estudio mostró que marcos adaptados con bases de datos estandarizadas, Power BI y

chatbots facilitan el seguimiento de KPIs y la eficiencia operativa. En nuestra investigación, estos principios se reflejan en la implementación de los ocho módulos del ERP en las cinco PYMES del sector metalmeccánico de Trujillo, y también los indicadores que se plasmaron en la Tabla 5. Esto permitió la planificación de recursos, controlar costos y mejorar la eficiencia, evidenciando que los sistemas integrados fortalecen la competitividad y operatividad incluso en empresas de menor tamaño.

Las investigaciones de Gupta et al. (2022) analizaron cómo un ERP en la nube puede actuar como una capacidad dinámica que potencia el rendimiento sostenible de las organizaciones, considerando dimensiones económica, ambiental y social. Mediante un estudio empírico con 209 empresas del sector tecnológico en India, se evidenció que el Cloud ERP tiene un efecto positivo y significativo en estas tres dimensiones, especialmente cuando se combina con capacidades organizativas, capital humano cualificado e infraestructura tecnológica sólida. En nuestra investigación, esta evidencia respalda la implementación y sus resultados en la Tabla 6, donde la centralización de la información, el control de recursos y la automatización de procesos contribuyeron a mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad organizacional, demostrando que los sistemas ERP integrados generan ventajas competitivas y fortalecen la gestión empresarial incluso en empresas de menor tamaño.

En general, la implementación integral del ERP permitió estandarizar muchas tareas, reduciendo el tiempo mejorando la gestión administrativa, generando un impacto positivo en dos indicadores que venimos desarrollando en el estudio, productividad y ser competitivos. Estos resultados confirman que la digitalización de los procesos mediante un sistema ERP integral constituye una herramienta estratégica ser eficientes, tomar mejores decisiones basada en datos y fortalecer la capacidad de respuesta frente a cambios en el mercado. Los hallazgos también sugieren que futuras investigaciones podrían explorar la integración de nuevas tecnologías, como IoT o inteligencia artificial, para optimizar aún más la gestión operativa y el análisis predictivo en este sector.

3.4 Prueba estadística mediante uso del Software SPSS – Chi Cuadrado.

Se aplicó la prueba Chi Cuadrado para fundamentar la relación del Modelo de Producción basado en ERP y la productividad de las Pymes del sector metalmeccánica en los casos de estudio.

En nuestro primer análisis, donde cruzamos Modelo ERP y Productividad, tenemos que H1 es el modelo de producción basado en ERP se relaciona significativamente con la mejora de la productividad en las Pymes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo y H0 es el modelo de producción basado en ERP no se relaciona significativamente con la mejora de la productividad en las Pymes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo. Los resultados de la prueba estadística nos indicaron que teniendo conocimiento del valor de significancia $0,006 < 0,05$; se rechaza la hipótesis nula y se toma la alternativa. Estas evidencias se muestran en el Anexo 13.

En nuestro segundo análisis, donde cruzamos Modelo ERP y Eficiencia, tenemos que H1 es el modelo basado en ERP influye significativamente en la eficiencia operativa de las Pymes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo y H0 es El modelo basado en ERP no influye significativamente en la eficiencia operativa de las Pymes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo. Los resultados de la prueba estadística nos indicaron que teniendo conocimiento del valor de significancia $0,008 < 0,05$; se rechaza la hipótesis nula y se toma la alternativa. Estas evidencias se muestran en el Anexo 14.

Por último, nuestro tercer análisis, donde cruzamos Modelo ERP y Eficacia, tenemos que H1 es el modelo basado en ERP mejora significativamente la eficacia en el cumplimiento de metas de las Py-mes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo y H0 es el modelo basado en ERP no mejora significativamente la eficacia en el cumplimiento de metas de las Py-mes del sector metalmeccánica de la ciudad de Trujillo. Los resultados de la prueba estadística nos indicaron que teniendo conocimiento del valor de significancia $0,001 < 0,05$; se rechaza la hipótesis nula y se toma la alternativa. Estas evidencias se muestran en el Anexo 15.

4. CONCLUSIONES

La implementación del ERP desarrollado para las PYMES del sector metalmeccánico en Trujillo ha generado mejoras significativas, gracias a poder automatizar diferentes procesos y acceder en tiempo real. El modelo desarrollado en el estudio representa un avance tecnológico relevante, al permitir una personalización adaptable a lo que realmente necesitan las empresas en estudio, permitiendo que tomen decisiones de manera estratégica y fortaleciendo la competitividad en mercados nacionales e internacionales. La integración de módulos especializados para la gestión de grupos y familias, cuentas, empleados, productos, proveedores, clientes, ventas y planillas ha permitido un control más eficiente de los procesos internos y una mayor productividad de los recursos disponibles. Además, el uso de la metodología SCRUM durante el desarrollo del ERP demostró ser una herramienta eficaz para la organización del equipo, la mejora continua y la entrega oportuna.

na del producto, asegurando resultados alineados con los objetivos empresariales. Nuestra investigación destaca en sus resultados por mostrar que la digitalización y la adopción de soluciones tecnológicas adaptadas a las PYMES como un motor, incrementan su eficiencia y competitividad. Finalmente, se sugiere que investigaciones futuras puedan explorar la integración de tecnologías emergentes, como analítica avanzada, inteligencia artificial o Internet de las Cosas (IoT), para optimizar aún más los procesos empresariales y evaluar el impacto de estas soluciones en distintos sectores productivos, consolidando así un enfoque sostenible y escalable para la transformación digital de las pequeñas y medianas empresas.

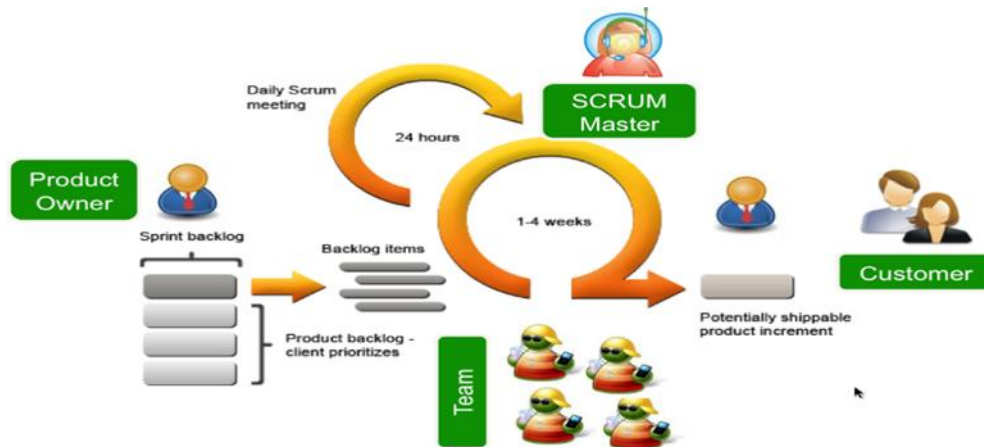
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaskari, O., Pinedo-Cuenca, R., & Ahmad, M. (2021). Marco para la implementación de sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP) en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES): Un estudio de caso. *Procedia Manufacturing*, 424–430. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.058>
- Ballesteros, L. (2021). SCRUM implementation and practice in the subject “formulation and evaluation of projects” in the Faculty of Economic and Administrative Sciences of Universidad El Bosque. *Artículos de investigación científica y tecnológica*, 15(2), 29. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v15i29.2538>
- Cámara de Comercio de La Libertad. (2024). *De la adversidad a la innovación: El renacer del sector calzado en Trujillo*. <https://camaralalibertad.org.pe/de-la-adversidad-a-la-innovacion-el-renacer-del-sector-calzado-en-trujillo/>
- CEPAL. (2023). *Cepal*. <https://www.cepal.org/es>
- Gupta, S., Prathipati, B., Sharan, G., Nageswara, P., & Jagtap, S. (2022). Development of a Structural Model for the Adoption of Industry 4.0 Enabled Sustainable Operations for Operational Excellence. *Sustainability*, 14(17), 11103. <https://doi.org/10.3390/su141711103>
- Haddara, M., Gøthesen, S., & Langseth, M. (2022). Retos de la adopción de ERP en la nube en las PYME. *Procedia Computer Science*, 196(973-981). <http://www.sciencedirect.com/>
- Haro, A., Martínez, E., Chango, T., Zambrano, T., & Zambrano, M. (2021). Enterprise resource planning (ERP) procesos para una implementación óptima y eficiente. *Prometeo Conocimiento Científico*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.55204/pcc.v3i1.e21>
- Hietala, H., & Päiväranta, T. (2021). Realización de beneficios en el desarrollo posterior a la implantación de sistemas ERP: Un estudio de caso. *Procedia Computer Science*, 181, 419-426. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921002283>
- Hron, M., & Obwegeser, N. (s. f.). Why and how is Scrum being adapted in practice: A systematic review. *Journal Of Systems And Software*, 183, 111110. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111110>
- INEI. (2025). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas-indice-tematico/>
- Kalina, V., Lhota, J., & Kalender, Z. T. (2025). Gestión eficaz de la cartera de proyectos para pymes: un marco conceptual que utiliza herramientas de inteligencia empresarial. *Procedia Computer Science*, 253, 745-756. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925001449>
- Kumar, R., & Kumar, P. (2023). Challenges and opportunities of ERP implementation in Indian SMEs: A case study of Jharkhand. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.150>
- Mofalasayo, A; Young, S; Martinez, P; Ahmad, R;. (2022). How to adapt lean practices in SMEs to support Industry 4.0 in manufacturing. *Procedia Computer Science*, 200, 934-943. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.291>
- Molina Castillo, F., Rodríguez, R., López Nicolas, C., & Bouwman, H. (2021). El papel del ERP en la innovación del modelo de negocio: Impulso o impedimento. *Digital Business*, 1-51. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100024>
- Mossa, Y., Smith, P., & Bland, K. (2025). Reconceptualización de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) desde una perspectiva de arquitectura de software utilizando un marco basado en las características de los sistemas ERP. *Procedia Computer Science*, 174–189. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.110>

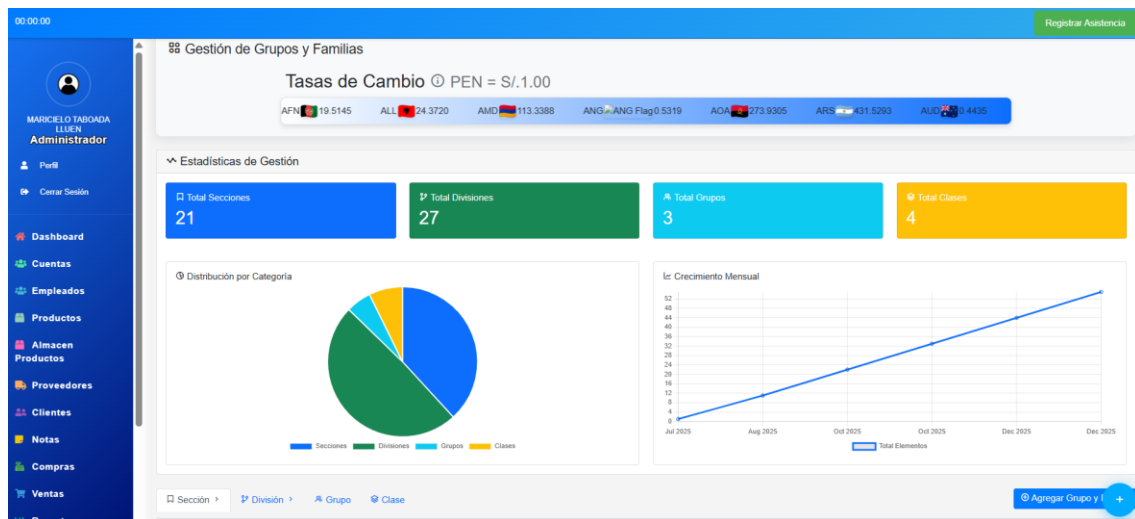
- Nakagawa, E., Antonino, P., Schnicke, F., & Capilla, R. (2021). Industry 4.0 reference architectures: State of the art and future trends. *Computers & Industrial Engineering*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107241>
- Peretz-Andersson, E., Tabares, S., Mikalef, P., & Parida, V. (2024). Implementación de inteligencia artificial en pymes manufactureras: un enfoque de orquestación de recursos. *International Journal of Information Management*, 77(102781). <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2024.102781>
- Pérez, R. (2024). An Approach to Sustainable Enterprise Resource Planning. *Administrative Sciences*, 14(91). <https://doi.org/10.3390/admsci14050091>
- SAk, S. A. A., & Tjakrawala, F. X. K. (2022). Analysis of the Use of the Scrum Method in ERP Information System development (Case Study PT XYZ). *International Journal Of Scientific And Research Publications*, 12(5), 394. <https://doi.org/10.29322/ijsrp.12.05.2022.p12550>
- Saravanan, G., Parkhe, S., Thakar, C., Kulkarni, V., & Mishra, H. (2021). Implementación de IoT en producción y fabricación: Un enfoque de Industria 4.0. *Procedia CIRP*, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.015>
- Secka, J; Szopik-Depcynska, K;. (2024). Analyzing digital innovation in SMEs: Methodological frameworks and review of research approaches. *Procedia Computer Science*, 246, 4204–4213. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.260>
- Simetingier, F; Basl, J;. (2022). A pilot study: An assessment of manufacturing SMEs using a new Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing Small- and Middle-sized Enterprises (I4MMSME). *Procedia Informatica*, 200, 1068–1077. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.306>
- Szabó, I; Ternaia, K; Prosser, A; Kovács, T;. (2024). The impact of digitalization on SMEs GDP contribution. *Procedia Computer Science*, 239, 1807–1814. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.361>
- Vitti, M., Coletta, R., Reis, J., Pinto, F., & Facchini, F. (2025). Mejora de la adopción de MRP en las PYMEs: un enfoque algorítmico basado en Python. *Procedia Computer Science*, 253(3088-3097). <http://www.sciencedirect.com/>
- Żółtowski, D. (2021). Factores determinantes de la decisión de los microempresarios de empezar a trabajar. *Procedia Computer Science*, 192, 4478-4485. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.225>

ANEXOS

Anexo 01. Metodología SCRUM



Anexo 02. Gestión de Grupos y Familias



Anexo 03. Gestión de Cuentas

Gestión de Cuentas

Total de Cuentas: 9 | Cuentas Activas: 9 | Cuentas Inactivas: 0 | Cuentas Afiliadas: 8 | Cuentas Sin Afiliar: 1

ID	Nombre Usuario	Correo Empresa	Contraseña	Estado de Cuenta	Afiliación	Opciones	Restablecer Contraseña
1	SuperAdministrador	test@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	No Afiliado	[Iconos]	[Icono]
10	MARICIELO TABOADA LLUEN	mtaboadal@unitru.edu.pe	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
3	anto rod ram	test2@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
4	Humberto Pedro Jiménez Jara	humberto12@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
5	LUIS ALBERTO SALAVERRY GONZALES	alberto@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
6	MARIELLA ANGELA QUISPE QUISPE	angela@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
7	ROXI TEOBALDO SILVA FANARRAGA	roxi@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
8	DEYSI ALICIA FLORES TOLEDO	deysi@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
9	JOE ALEXIS GONZALEZ VASQUEZ	joe@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]

Anexo 04. Gestión de Empleados

Gestión de Cuentas

Total de Cuentas: 9 | Cuentas Activas: 9 | Cuentas Inactivas: 0 | Cuentas Afiliadas: 8 | Cuentas Sin Afiliar: 1

ID	Nombre Usuario	Correo Empresa	Contraseña	Estado de Cuenta	Afiliación	Opciones	Restablecer Contraseña
1	SuperAdministrador	test@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	No Afiliado	[Iconos]	[Icono]
10	MARICIELO TABOADA LLUEN	mtaboadal@unitru.edu.pe	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
3	anto rod ram	test2@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
4	Humberto Pedro Jiménez Jara	humberto12@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
5	LUIS ALBERTO SALAVERRY GONZALES	alberto@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
6	MARIELLA ANGELA QUISPE QUISPE	angela@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
7	ROXI TEOBALDO SILVA FANARRAGA	roxi@hotmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
8	DEYSI ALICIA FLORES TOLEDO	deysi@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]
9	JOE ALEXIS GONZALEZ VASQUEZ	joe@gmail.com	Contraseña encriptada	Activo	Afiliado	[Iconos]	[Icono]

Anexo 05. Gestión de Productos

Gestión de Productos

ID	Producto	Fecha de Elaboración	Fecha de Vencimiento	Descripción	Precio de Compra	Precio de Venta	Marca	Estado	Tipo de Producto	Tipo de Clase	Acciones	Comprar
4	Destornillador	2024-12-09		Destornillador	S/ 2.00	S/ 2.20	Stanley	Activo	Duraderos	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	[Iconos]	[Botón]
6	Preparación superficial y aplicación de base			Preparación superficial y aplicación de base	S/ 0.00	S/ 180.00	Stanley	Activo	Servicios	Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.	[Iconos]	[Botón]
7	Acero A36			Acero A36 venta por unidades	S/ 6.00	S/ 15.00	Sin Marca	Activo	Duraderos	Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.	[Iconos]	[Botón]
1	Destornillador2	2024-11-09	2025-11-11	Los destornilladores CushionGrip™ son fabricados para trabajos profesionales	S/ 2.00	S/ 2.50	Stanley	Activo	Duraderos	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	[Iconos]	[Botón]
8	Boquilla Nylon 1"			Boquilla Nylon 1"	S/ 0.00	S/ 200.00	MARCO	Activo	Duraderos	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	[Iconos]	[Botón]
9	Mascara respirador			Mascara respirador	S/ 2.00	S/ 2.50	3M	Activo	Duraderos	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	[Iconos]	[Botón]
10	Filtro Particulas Mascara respirador			Filtro Particulas Mascara respirador	S/ 3.00	S/ 5.00	3M	Activo	Duraderos	Fabricación de artículos de cuchillería, herramientas de mano y artículos de ferretería	[Iconos]	[Botón]

Anexo 06. Gestión de Proveedores

Gestión de Proveedores

Buscar proveedor...

Nuevo Proveedor

Nombre Proveedor	RUC	Email	Dirección	Estado	Teléfono	Acciones
PIYU PERÚ S.A.C.	20451770501	test6@hotmail.com	AV. DOS DE MAYO NRO 534 DEP. 407	Activo	979434386	[Iconos]
JIMENEZ JARA HUMBERTO PEDRO	10425857342	test3@hotmail.com	-	Activo	979434386	[Iconos]
RODAS RAMIREZ RICHERO ANTONY	10744662996	test2@hotmail.com	-	Activo	979434386	[Iconos]
TRANSPORTES CORPORATIVOS SAC	20481423032	transcorp@gmail.com	AV. MANSICHE NRO 331 MANSICHE	Activo	124565443	[Iconos]

Anexo 07. Gestión de Clientes

Gestión de Clientes

Total Clientes: 9

Clientes Activos: 9 (100.0%)

Distribución por Género: Masculino (2), Femenino (0)

Tipo de Documento: DNI (2), RUC (7)

Buscar cliente por DNI, RUC, nombre o apellido paterno...

Nuevo Cliente

ID	Nombre	Apellido Paterno	Apellido Materno	Email	Teléfono	Documento	Dirección	Estado	Sexo	Tipo Doc.	Ubigeo	Acciones
1	antony	rodas	ram	ram@gmail.com	979434386	24513875	av.larco	Activo	Masculino	DNI	130101	[Iconos]
9	BRUNO MANUEL ALBERTO	ECHENDIA	MORAN	BRUNOMANUELALBERTO@hotmail.com	979434386	21561191	-	Activo	Masculino	DNI	130101	[Iconos]
10	SERVICIOS GENERALES MELGAR S.A.C. - SEGE M S.A.C.			Melgar@hotmail.com	934791984	20543408345	CAL. PARAISO MZA. G LOTE 5 URB. EL DORADO	Activo	-	RUC	130101	[Iconos]
11	IFLUTECH S.A.C.			test4@hotmail.com	979434386	20508425091	AV. EL DERBY NRO 254 INT. 1401 URB. EL DERBY	Activo	-	RUC	130101	[Iconos]
12	Q & M CONSULTORES E				979434386	20508425091	JR. EL BOSQUE NRO 172 LIND. LA COTA SANTA	Activo	-	RUC	130101	[Iconos]

Anexo 08. Gestión de Ventas

Gestión de Ventas

Buscar venta...

Descargar PDF

Nueva Venta

# ID	Fecha de Venta	Monto Total	A. Cliente	Empleado	Estado	Tipo de Comprobante	Tipo de Pago	Acciones	Cambiar Estado
3	2025-01-20 13:17:28	S/ 10.67	Q & M CONSULTORES E INGENIEROS S.A.C.	anto	Finalizado	Boleta	Debito	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
4	2025-01-20 13:22:19	S/ 30.03	Q & M CONSULTORES E INGENIEROS S.A.C.	anto	Finalizado	Boleta	Efectivo	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
5	2025-01-23 16:23:21	S/ 11.00	SERVICIOS GENERALES MELGAR S.A.C. - SEGE M S.A.C.	anto	Finalizado	Boleta	Efectivo	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
6	2025-02-10 14:58:00	S/ 22.00	antony	anto	Finalizado	Boleta	Debito	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
7	2025-02-11 21:49:17	S/ 22.50	IFLUTECH S.A.C.	DEYSI ALICIA	Finalizado	Boleta	Debito	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
8	2025-05-30 13:50:22	S/ 400.00	antony	HUMBERTO PEDRO	Finalizado	Boleta	Efectivo	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	
9	2025-05-30 20:43:20	S/ 10.00	BRUNO MANUEL ALBERTO	JOE ALEXIS	Finalizado	Boleta	Debito	[Ver Detalles] [Editar] [Eliminar]	

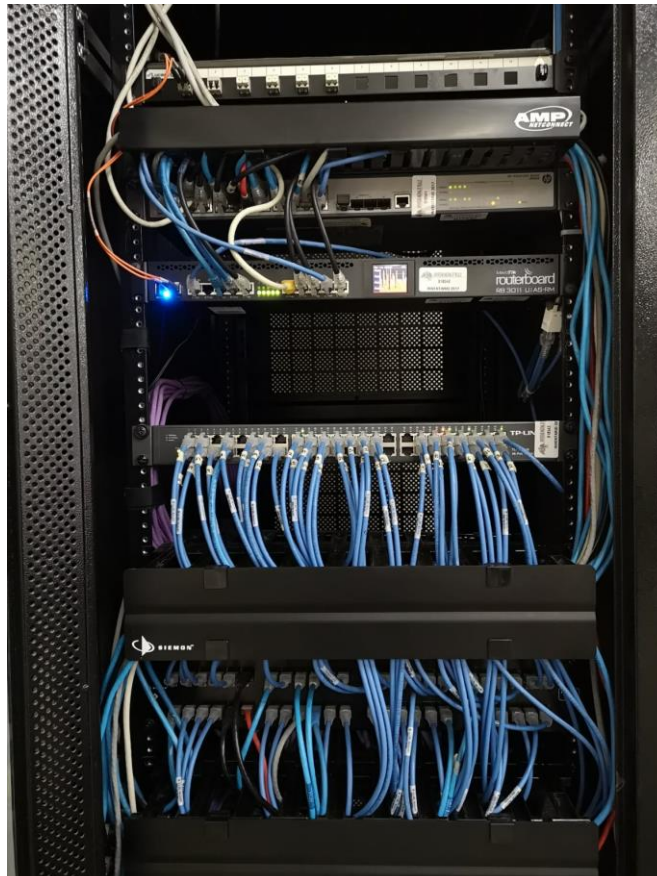
Anexo 09. Gestión de Planillas

00:00:00 Registrar Asistencia

Gestión de Planillas Periodo: Todos los periodos Nueva Planilla

#	Ingresos	Descuentos	Info. Adicional
#3 01/2025-01	Ingresos Sueldo Base: S/ 100.00 Grat. Trunca: S/ 0.00 Mora. Sup: S/ 0.00 Total Ingresos: S/ 100.00	Descuentos Desc. Fondo: S/ 1.00 Desc. Corriente: S/ 1.00 Desc. OROP: S/ 0.00 Desc. AGORAT: S/ 0.00	Info. Adicional AFP: AFP Integra Tipo Cuenta: planilla Vacaciones: S/ 0.00 Saldo a Pagar: S/ 128.00
#4 01/2025-01	Ingresos Sueldo Base: S/ 1,300.00 Grat. Trunca: S/ 0.00 Mora. Sup: S/ 0.00 Total Ingresos: S/ 1,300.00	Descuentos Desc. Fondo: S/ 10.00 Desc. Corriente: S/ 10.00 Desc. OROP: S/ 0.00 Desc. AGORAT: S/ 0.00	Info. Adicional AFP: AFP Integra Tipo Cuenta: planilla Vacaciones: S/ 0.00 Saldo a Pagar: S/ 1,280.00

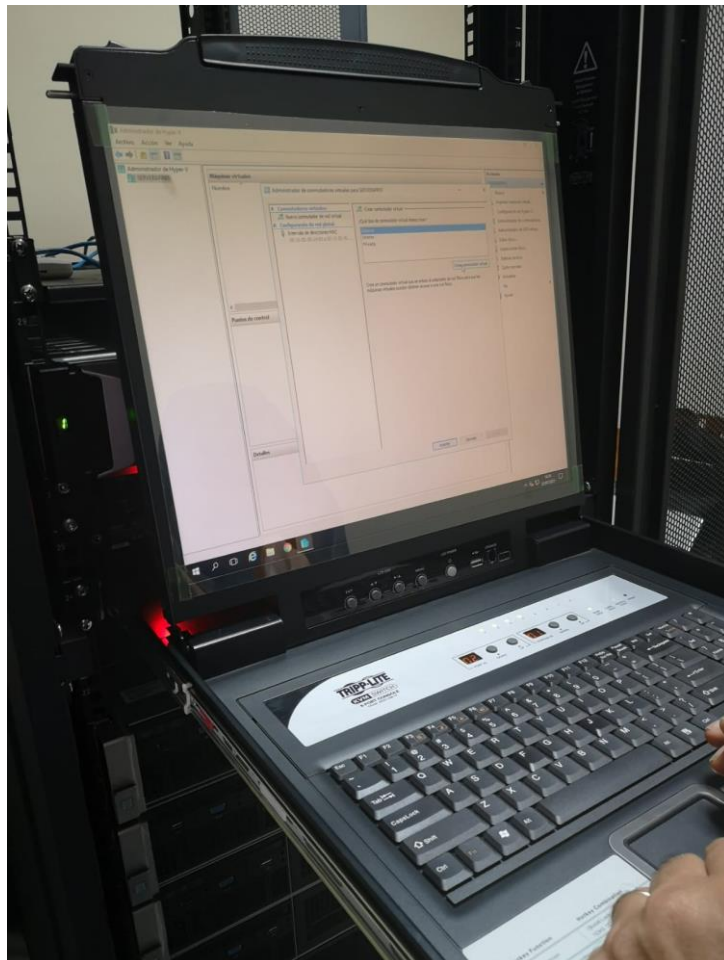
Anexo 10. Gabinete de Metal



Anexo 11. Servidor



Anexo 12. Consola Multiplexor KVM



Anexo 13. Resultados del Software estadístico SPSS – Prueba de Chi Cuadrado para el primer análisis V1 x V2

Resumen de procesamiento de casos

	Casos Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Modelo de Producción con ERP * Productividad Pymes	50	100.0%	0	0.0%	50	100.0%

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Productividad Pymes

		Productividad Pymes			
		4	5	Total	
Modelo de Producción con4 ERP	Recuento	26	9	35	
	Recuento esperado	21,7	13,3	35,0	
	% del total	52,0%	18,0%	70,0%	
	5	Recuento	5	10	15
	Recuento esperado	9,3	5,7	15,0	
	% del total	10,0%	20,0%	30,0%	
Total	Recuento	31	19	50	
	Recuento esperado	31,0	19,0	50,0	
	% del total	62,0%	38,0%	100,0%	

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Productividad Pymes

		Productividad Pymes			
		4	5	Total	
Modelo de Producción con ERP	4	Recuento	26	9	35
		Recuento esperado	21,7	13,3	35,0
		% del total	52,0%	18,0%	70,0%
	5	Recuento	5	10	15
		Recuento esperado	9,3	5,7	15,0
		% del total	10,0%	20,0%	30,0%
Total	Recuento	31	19	50	
	Recuento esperado	31,0	19,0	50,0	
	% del total	62,0%	38,0%	100,0%	

Anexo 14. Resultados del Software estadístico SPSS – Prueba de Chi Cuadrado para el primer análisis V1 x D1

Resumen de procesamiento de casos

	Casos Válido		Perdido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Modelo de Producción con ERP * Eficiencia	50	100,0%	0	0,0%	50	100,0%

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Eficiencia

		Eficiencia		Total
		3	4	
Modelo de Producción con ERP	4	Recuento	3	32
		Recuento esperado	6,3	28,7
		% del total	6,0%	64,0%
	5	Recuento	6	9
		Recuento esperado	2,7	12,3
		% del total	12,0%	18,0%
Total		Recuento	9	41
		Recuento esperado	9,0	41,0
		% del total	18,0%	82,0%

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Eficiencia

		Eficiencia		Total
		3	4	
Modelo de Producción con ERP	4	Recuento	3	32
		Recuento esperado	6,3	28,7
		% del total	6,0%	64,0%
	5	Recuento	6	9
		Recuento esperado	2,7	12,3
		% del total	12,0%	18,0%
Total		Recuento	9	41
		Recuento esperado	9,0	41,0
		% del total	18,0%	82,0%

Anexo 15. Resultados del Software estadístico SPSS – Prueba de Chi Cuadrado para el primer análisis V1 x D2

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Eficiencia

		Eficiencia			
		3	4	Total	
Modelo de Producción con4 ERP		Recuento	3	32	35
		Recuento esperado	6,3	28,7	35,0
		% del total	6,0%	64,0%	70,0%
	5	Recuento	6	9	15
		Recuento esperado	2,7	12,3	15,0
		% del total	12,0%	18,0%	30,0%
	Total	Recuento	9	41	50
		Recuento esperado	9,0	41,0	50,0
		% del total	18,0%	82,0%	100,0%

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Eficiencia

		Eficiencia			
		3	4	Total	
Modelo de Producción con4 ERP		Recuento	3	32	35
		Recuento esperado	6,3	28,7	35,0
		% del total	6,0%	64,0%	70,0%
	5	Recuento	6	9	15
		Recuento esperado	2,7	12,3	15,0
		% del total	12,0%	18,0%	30,0%
	Total	Recuento	9	41	50
		Recuento esperado	9,0	41,0	50,0
		% del total	18,0%	82,0%	100,0%

Tabla cruzada Modelo de Producción con ERP*Eficiencia

		Eficiencia			
		3	4	Total	
Modelo de Producción con4 ERP		Recuento	3	32	35
		Recuento esperado	6,3	28,7	35,0
		% del total	6,0%	64,0%	70,0%
	5	Recuento	6	9	15
		Recuento esperado	2,7	12,3	15,0
		% del total	12,0%	18,0%	30,0%
	Total	Recuento	9	41	50
		Recuento esperado	9,0	41,0	50,0
		% del total	18,0%	82,0%	100,0%