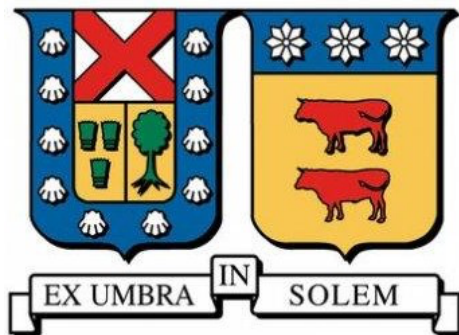




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**PROPUESTA DE REDISEÑO Y DIGITALIZACIÓN DEL PROCESO DE CONTROL
DE ÓRDENES DE PRODUCCIÓN PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR TEXTIL**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

AUTOR

ALVARO SEBASTIÁN ULLOA CUEVAS

TUTOR

LIONEL VALENZUELA

SANTIAGO DE CHILE, 01 DE OCTUBRE, 2026



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ X Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Propuesta de rediseño y digitalización del proceso de control de órdenes de producción para una empresa del sector textil.

Nombre del candidato(a): Alvaro Sebastián Ulloa Cuevas

Carrera / Grado: Ingeniería Civil industrial

Campus: _Vitacura **Departamento:** Industrias

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Lionel Valenzuela , en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente

DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ X El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 01-10-2026.

Firma:

Estudiante o Candidato(a): Alvaro Sebastian Ulloa Cuevas

Fecha: 01-10-2026.

Firma:

Índice

Índice de tablas	4
Índice de gráficos	5
Introducción	6
Objetivos	10
<i>Objetivo General</i>	10
<i>Objetivos Específicos</i>	10
Marco Teórico	11
Fundamentos de la Industria 4.0	11
Lean Manufacturing y el Mapeo del Flujo de Valor (VSM)	12
Reingeniería de Procesos de Negocio	13
Lean Information Management (LIM)	15
Metodología	17
Enfoque, Tipo y Diseño de la Investigación	17
Población y Muestra	17
Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	18
Técnicas de Análisis de Datos	19
Procedimiento Metodológico	19
Limitaciones de la recolección de datos	21

Resultados	22
Diagnóstico de la situación actual (AS-IS) y línea base	22
Estructuración del modelo de flujo de información estandarizado (TO-BE)	28
Definición de requerimientos de la solución digital integrada	32
Costo estimado de la propuesta.....	35
Beneficios y justificación de la inversión	37
Cuantificación económica de beneficios y período de recuperación (Payback).....	37
Conclusiones	39
Limitaciones de la investigación.....	39
Trabajo futuro y recomendaciones.....	39
Referencias Bibliográficas	41
Anexos	45
Anexo 1. Matriz de registro de trazabilidad y discrepancia de datos	45
Anexo 2. Formato de estudio de tiempos.....	46
Anexo 3. Precios referenciales en Mercado Libre Chile 2026	47

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de tiempos de No Valor Agregado (NVA) en el flujo de información.....	23
Tabla 2 Tasa de asimetría y discrepancias por área de producción	25
Tabla 3 Clasificación y frecuencia de errores detectados	26
Tabla 4 Latencia informativa en el proceso de tejido	28
Tabla 5 Presupuesto de inversión inicial para la digitalización	36

Índice de gráficos

Gráfico 1. Distribución de los tiempos por actividad	24
Gráfico 2. Proporción de registros correctos vs. registros con discrepancia	25
Gráfico 3. Diagrama de Pareto de tipos de errores	27
Gráfico 4. Diagrama de flujo contrastando el estado AS-IS vs. el estado TO-BE	31

Introducción

A nivel global, la transformación digital en las pequeñas y medianas empresas (PYME), particularmente en el sector manufacturero, ha dejado de ser una mera opción estratégica para convertirse en una necesidad de supervivencia operativa (Estupiñán et al., 2024). La literatura advierte que las organizaciones que retrasan su proceso de adopción tecnológica corren el riesgo de perder relevancia en el mercado (Zhong y Moon, 2023). Al respecto, investigaciones en entornos de manufactura demuestran que la sustitución de la verificación manual por sistemas digitalizados de análisis de datos mediante CRISP-DM y Lean Six Sigma permite reducir el tiempo de ciclo operacional en un 3,76% e incrementar la productividad diaria en un 4,48% (Adrita et al., 2021).

Por el contrario, la transición hacia entornos digitales permite mitigar estas deficiencias estructurales; de hecho, revisiones sistemáticas de la literatura evidencian que cerca del 40% de las PYME reconoce haber experimentado mejoras directas en su productividad operacional como resultado de la digitalización y la automatización de sus procesos internos (Mayor Ravines et al., 2025). Además, estudios recientes indican que la integración de herramientas digitales básicas en el sector textil incrementa la trazabilidad de los materiales elevando la exactitud de los inventarios a un 97%, disminuyendo mermas al 1% durante el primer año de implementación (Ñañez, 2025) o alcanzando cerca del 95% de precisión en la detección de defectos (Islam et al., 2024). Por consiguiente, la ausencia de sistemas de información integrados que minimicen las duplicidades y agilicen los flujos de información condena a estas empresas a una operatividad rígida (Mayor Ravines et al., 2025).

En este escenario se enmarca la organización en estudio, una PYME del sector de manufactura textil dedicada a la producción de pasto sintético y alfombras (modulares y en rollo),

cuyo proceso productivo está estructurado en tres etapas: tejido, latexado y embalado. La problemática central de esta planta radica en la ineficiencia, desconexión y vulnerabilidad de su flujo de información, específicamente en las etapas de tejido y latexado. Actualmente, la emisión, distribución y seguimiento de las órdenes de producción se realiza a través de soportes físicos y registros manuales en cuadernos. Esto tiende a generar un claro aislamiento entre el área de planta y el área administrativa, donde el software de gestión existente opera como un silo cerrado. La dinámica diaria exige que un asistente administrativo recolecte físicamente los cuadernos, obligando a los operarios a realizar anotaciones temporales informales que luego deben transcribir, creando así un ciclo constante de reproceso y estrés laboral.

La literatura especializada destaca las graves implicaciones de estas prácticas, advirtiendo que el uso de registros manuales introduce un alto potencial de errores, inconsistencias y lagunas de información que entorpecen los procesos analíticos (Hernández Ramos et al., 2025). Además, los soportes físicos son inherentemente susceptibles a daños o pérdidas, y su calidad informativa disminuye drásticamente si los datos no se capturan en tiempo real, al depender exclusivamente de la memoria y la motivación del personal (Almarza Franco & González García, 2019). Desde una perspectiva económica, los métodos basados en papel pueden resultar entre un 25% y un 62% más costosos que las soluciones digitales debido a ineficiencias en la transcripción, proceso que llega a representar el 10% del costo total de recolección de datos (Basir et al., 2024).

Finalmente, la persistencia de mediciones manuales limita la capacidad de respuesta y dificulta la interoperabilidad necesaria para implementar redes de monitoreo adaptativo y desarrollar modelos de gestión avanzados (Petrillo et al., 2024). Por lo tanto, resolver esta desconexión operativa no solo soluciona un problema tangible que detiene la continuidad de la empresa, sino que tiene profundas implicaciones prácticas y organizacionales. Al implementar una

solución tecnológica que elimine la transcripción manual de datos, se agilizan los flujos de información, se mitiga la pérdida de registros y se optimiza la toma de decisiones gerenciales.

Desde una perspectiva social, esta transición hacia un entorno digital beneficia de manera directa a los colaboradores, tanto operativos como administrativos, al liberarlos del trabajo repetitivo y los reprocesos (Organización Internacional del Trabajo, 2024). Esto mejora sustancialmente la calidad del entorno laboral y promueve el desarrollo de competencias digitales en la plantilla. A mayor escala, esta digitalización fortalece la competitividad y la supervivencia de las PYME en el mercado, resguardando fuentes de empleo e impulsando la economía local (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2025).

A nivel teórico, abordar y solucionar esta problemática permite la aplicación empírica de los postulados de la Industria 4.0 y el *Lean Information Management* (LIM) en el contexto específico de las PYME latinoamericanas. Al sustituir controles visuales analógicos por plataformas digitales, es posible observar cómo la integración sistémica y la descentralización de las decisiones impactan la productividad organizativa. Así, la investigación apoyará la teoría de que reducir la latencia informacional y el procesamiento manual repetitivo constituye la nueva frontera para la eliminación de "mudas" (desperdicios) industriales. Para lograr esto de forma estructurada, metodológicamente resulta indispensable la aplicación del Mapeo del Flujo de Valor (VSM) bidimensional, el cual permite visualizar simultáneamente el flujo físico de bienes y el flujo lógico de la información. Al diagnosticar el estado actual (AS-IS) y diseñar un nuevo modelo operativo (TO-BE), se construirá un instrumento de diagnóstico y mejora continua que servirá como un modelo extrapolable a otras PYME del rubro textil y manufacturero que busquen estandarizar sus procedimientos y transitar hacia la fábrica digital.

Frente al escenario descrito y con el fin de garantizar la claridad conceptual de la presente investigación, es necesario definir operacionalmente las variables que estructuran el análisis. En el marco de esta investigación, la eficiencia operativa se entenderá como la optimización de los recursos y la minimización de tiempos muertos derivados de asimetrías de información (tiempos NVA); la fiabilidad del inventario representará la exactitud matemática entre el registro en el sistema y el stock físico real en tiempo continuo; y la latencia informativa medirá el lapso de retraso transcurrido desde la generación física del dato en planta hasta su consolidación en el sistema administrativo. De esta manera, el problema planteado se sintetiza en la siguiente interrogante: ¿De qué manera el rediseño y la digitalización del proceso de control de órdenes de producción impactarán en la eficiencia operativa, la fiabilidad del inventario y la latencia informativa en una PYME del sector manufacturero textil?

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una propuesta de digitalización y optimización del flujo de información en los procesos de control de producción mediante la aplicación de Reingeniería de Procesos de Negocio (BPR) y los principios de Lean Information Management, con el fin de reducir significativamente los tiempos de No Valor Agregado (NVA) asociados al manejo de datos y elevar sustancialmente la fiabilidad y exactitud en la captura inicial de los registros de inventario en planta.

Objetivos Específicos

- Identificar las brechas de eficiencia en el flujo de información actual mediante la cuantificación del tiempo de no valor agregado (NVA) y la tasa de errores por transcripción, con el propósito de establecer una línea base de medición (AS-IS).
- Estructurar un modelo de flujo de información estandarizado (TO-BE) que integre la recolección de datos desde el área de planta, orientado a prescindir de los soportes físicos y asegurar la trazabilidad de las operaciones.
- Definir los requerimientos funcionales y de arquitectura de una solución digital integrada al sistema central, con la finalidad de suprimir las asimetrías de información y asegurar una toma de decisiones gerenciales basada en métricas exactas.
- Determinar la estructura de costos de implementación y los beneficios esperados de la propuesta de digitalización, con el propósito de fundamentar la viabilidad de la inversión y justificar la transformación tecnológica ante la gerencia.

Marco Teórico

El presente marco teórico establece la fundamentación conceptual que sustenta el diagnóstico y el rediseño del flujo de información en la organización. Para abordar esta problemática de manera integral, el capítulo se estructura mediante cuatro ejes temáticos interconectados. En primer lugar, se abordan los fundamentos de la industria 4.0 como el paradigma tecnológico habilitador de la fábrica digital. En segundo lugar, se exploran los principios del Lean Manufacturing y el mapeo del flujo de valor (VSM) como herramientas para visualizar desperdicios. Posteriormente, se describe la reingeniería de procesos de negocio (BPR) como el enfoque metodológico para la transformación radical. Finalmente, se profundiza en el Lean Information Management (LIM), marco teórico específico para la gestión y depuración de flujos documentales. Esta secuencia conceptual permite avanzar desde la macroestructura tecnológica hasta la gestión específica de los datos en planta.

Fundamentos de la Industria 4.0

La Industria 4.0 representa la amalgama de sistemas de producción físicos con plataformas digitales de vanguardia, posibilitada por la proliferación de sistemas ciberfísicos (CPS), el Internet de las Cosas (IoT) y la computación en la nube. A diferencia de la Tercera Revolución Industrial, que se centró predominantemente en la automatización electrónica de máquinas individuales y en la robótica aislada, la Industria 4.0 promulga una virtualización de toda la cadena de valor. Esto implica que toda la información relevante sobre un producto, proceso, operario o activo físico debe estar disponible en tiempo real en una red interconectada, dotando a la planta de manufactura de una capacidad intrínseca de autodiagnóstico, trazabilidad y adaptación remota (Pech et al., 2021).

La fábrica digital, un subconjunto operativo de la Industria 4.0, se fundamenta teóricamente en la descentralización de la toma de decisiones y en la integración sistémica vertical (desde el

taller hasta la gerencia) y horizontal (a lo largo de la cadena de suministro) (Tabim et al., 2021). En entornos industriales, esta digitalización impacta de manera directa la productividad organizativa al sustituir métodos heurísticos, controles visuales analógicos y transcripciones manuales por algoritmos de previsión, análisis de Big Data y herramientas de simulación (Ghosh et al., 2023). En este sentido, la adopción de herramientas de transformación digital y analítica de datos en tiempo real fortalece la efectividad organizacional al automatizar tareas operativas rutinarias, mejorar la comunicación entre áreas y elevar la productividad del personal (OCDE, 2025; Ravindar y Mishra, 2022).

Desde una perspectiva estadística, la literatura demuestra empíricamente el impacto de esta transición; estudios cuantitativos recientes en pymes del sector manufacturero señalan que la integración de tecnologías de automatización en los procesos base permite incrementar la eficiencia operativa hasta en un 30% y elevar la productividad general en un 18%, logrando además reducir los errores asociados a la manipulación manual de datos en un 28% (Abidemi, 2024). Sin embargo, la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 resulta infructuosa si se aplica sobre procesos subyacentes ineficientes. Por ello, antes de proponer cualquier solución digital, resulta metodológicamente imprescindible comprender y diagnosticar el estado actual de los flujos de materiales y datos, aspecto donde las herramientas clásicas de la manufactura esbelta cobran protagonismo.

Lean Manufacturing y el Mapeo del Flujo de Valor (VSM)

Comprendiendo que la tecnología por sí sola no soluciona procesos ineficientes, surge la necesidad de aplicar metodologías de diagnóstico robustas. El Value Stream Mapping (VSM) es la herramienta central, visual y analítica de la filosofía Lean Manufacturing, originada en el Sistema de Producción Toyota (TPS). Su función primordial dentro del diagnóstico de operaciones

es proporcionar una representación holística que abarque desde el proveedor de materia prima hasta la entrega al cliente final (Costa et al., 2024). De manera única entre las herramientas de ingeniería, el VSM visualiza simultáneamente dos dimensiones: el flujo físico de los bienes tangibles y el flujo lógico de la información que desencadena, planifica y controla dicha producción.

El mapa del estado actual (AS-IS) permite observar y cuantificar el sistema tal como se comporta en la realidad, sin las distorsiones idealizadas de los manuales de procedimientos teóricos. Este mapa desglosa operaciones secuenciales y altamente dependientes de la mano de obra, con el fin de discernir, mediante una línea de tiempo (timeline) en la parte inferior del mapa, entre aquellas actividades que agregan valor intrínseco al producto desde la estricta perspectiva del cliente (Value-Added Time), y aquellas que constituyen desperdicios o “mudas” (Non-Value-Added Time) (Rother y Shook, 1999).

Una vez que el VSM permite visibilizar y cuantificar con precisión estas “mudas”, particularmente aquellas asociadas a la transcripción en papel, la duplicidad de funciones y la latencia informativa, se hace evidente que las optimizaciones marginales son insuficientes. Para erradicar estas deficiencias de raíz y dar el salto hacia la fábrica digital, la organización requiere un enfoque disruptivo que no busque mejorar el uso de los registros manuales, sino eliminarlos por completo. Es en este punto de inflexión donde la reingeniería de procesos de negocio se establece como la metodología idónea para guiar la transformación.

Reingeniería de Procesos de Negocio

Para materializar el cambio profundo que demanda el diagnóstico VSM, se implementa la Reingeniería de Procesos de Negocio (BPR - Business Process Reengineering), la cual se diferencia fundamentalmente de otras metodologías al no buscar mejoras evolutivas. De acuerdo

con Fetais et al. (2022), la reingeniería de procesos requiere rediseñar de una manera radical los flujos de operación. Esto se hace con el fin de mejorar las métricas de rendimiento (costos, logística, factor de producción, entre otros). En el ámbito de la administración pública local, se ha demostrado que la reingeniería de procesos (BPR) combinada con herramientas de gestión de proyectos (CPM y PERT) permite reducir las ineficiencias procedimentales y optimizar la asignación de recursos, alcanzando una probabilidad proyectada del 99,25% en el cumplimiento oportuno de los planes de desarrollo (Sayuti et al., 2025).

Con el fin de asegurar la trazabilidad e idoneidad de la reingeniería de flujos, se debe seguir un diseño basado en las siguientes fases secuenciales:

- **Preparación e Identificación:** Definición clara de la visión ejecutiva, constitución del comité directivo de transformación y asignación formal de los *Process Owners*. Estos son individuos con autoridad transversal, alta tolerancia a la ambigüedad y resistencia a la incertidumbre, encargados de liderar el cambio tectónico en la organización (Choudhary & Riaz, 2023).
- **Visión:** Uso del mapeo avanzado de arquitectura empresarial para comprender los límites del estado actual y definir objetivos de rendimiento radicalmente ambiciosos (Choudhary & Riaz, 2023).
- **Solución y Diseño Técnico (Modelado TO-BE):** Creación simultánea e iterativa del rediseño del flujo de procesos físicos y el flujo de información lógico. En esta etapa teórica se definen los parámetros estrictos para la captura electrónica en planta, los documentos digitales requeridos (eliminando el papel) y las integraciones con el sistema administrativo. Contempla el rediseño organizacional, incluyendo la formulación de nuevas funciones

laborales, políticas, paradigmas empresariales, métricas de éxito y la plataforma tecnológica subyacente (arquitectura de hardware y base de datos) (Choudhary & Riaz, 2023).

- **Transformación e Implementación:** Despliegue empírico escalonado de la solución técnica, reestructuración profunda de la cultura corporativa y evaluación continua de impacto sobre la eficiencia (Choudhary & Riaz, 2023).

Si bien la reingeniería de procesos de negocio proporciona la estructura general (macro) para el rediseño operativo, en proyectos enfocados en la digitalización de reportes de producción, el esfuerzo debe concentrarse a nivel micro en la arquitectura de los datos. Esta especialización del rediseño, orientada exclusivamente a optimizar cómo se crea, transmite y almacena el conocimiento dentro de la planta, encuentra su máxima expresión teórica en la gestión de la información ajustada.

Lean Information Management (LIM)

Una de las facetas teóricas del Lean Management es su extensión y aplicación directa a los procesos administrativos, flujos documentales y arquitectura de datos, conceptualizada académicamente como Lean Information Management (LIM) por Hicks (2007). El paradigma fundamental del LIM postula que, en la economía moderna del conocimiento y la información, el exceso de datos irrelevantes, la falta de estandarización en la captura, la latencia informacional (el retraso entre un evento físico y su registro digital) y el procesamiento manual repetitivo constituyen la nueva frontera de las mudas industriales invisibles.

Cuando un operario o un analista de producción debe recopilar registros mediante metodologías de papel (hojas de tiempo, registros de fallas de calidad, partes de mantenimiento

preventivo, bitácoras de inventario) y posteriormente transcribirlos de forma diferida en un sistema ERP o una hoja de Excel aislada, se generan múltiples ineficiencias interrelacionadas y de alto impacto. En primer lugar, se crea un defecto latente: la propensión inherente al error humano por digitación cruzada, mala caligrafía o fatiga visual. En segundo lugar, se incurre de forma sistémica en un tiempo de espera crítico, ya que los gerentes de producción y ejecutivos basan sus decisiones estratégicas y de asignación de recursos en información desactualizada, lo que imposibilita de facto un control reactivo, predictivo y ágil frente a anomalías en el proceso (Woschank et al., 2024).

En síntesis, la conjunción de estos cuatro ejes conceptuales justifica plenamente el abordaje de la presente investigación. La teoría establece que la eliminación total del procesamiento manual de las órdenes de producción (LIM) a través de un rediseño estructural (BPR), previamente diagnosticado (VSM) y apalancado en arquitecturas tecnológicas modernas (Industria 4.0), constituye una ruta para reducir de manera significativa los tiempos de ciclo y asegurar la fiabilidad de los inventarios. De este modo, la revisión de la literatura respalda de forma directa tanto la problemática identificada en la empresa como la pertinencia de los objetivos trazados.

Metodología

El presente capítulo detalla los lineamientos metodológicos que estructuraron el desarrollo de la investigación. Se definen el enfoque, el tipo y el diseño del estudio, así como la población y las técnicas de recolección de datos. Además, se describe el procedimiento por etapas que permitió dar respuesta a los objetivos específicos establecidos al inicio.

Enfoque, Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, dado que su propósito central fue la medición objetiva de variables operativas (Vizcaíno et al., 2023), tales como el porcentaje de fiabilidad del inventario, los tiempos de ciclo y la tasa de errores de transcripción, buscando establecer magnitudes precisas antes y después de la propuesta.

De acuerdo con su propósito, correspondió a una investigación de tipo aplicada y proyectiva, ya que no solo buscó describir una realidad problemática en la planta de manufactura textil, sino que culminó con el diseño de una propuesta tecnológica e ingenieril (un modelo TO-BE) destinada a resolverla (Vizcaíno et al., 2023). El diseño de la investigación fue no experimental, transversal y de campo; los datos se recolectaron directamente en el entorno de producción (en las áreas de tejido, y latexado) en un momento único del tiempo, sin manipular deliberadamente las variables operativas, observando el fenómeno tal como se presentó en su contexto natural (Vizcaíno et al., 2023).

Población y Muestra

Para efectos de este estudio, la población objeto de análisis estuvo constituida por la totalidad de las órdenes de producción emitidas y procesadas en los 10 telares y líneas de la planta textil durante un periodo operativo de un mes estándar de evaluación, correspondiente al mes de marzo de 2026 (comprendido entre el 1 y el 31 de dicho mes). Debido a la alta concurrencia de

datos y para focalizar el análisis en los cuellos de botella más exigentes, no se extrajo una muestra aleatoria, sino que se aplicó un muestreo no probabilístico de tipo intencional (o dirigido). El criterio de selección se basó en aislar el flujo de información del caso crítico del sistema.

Para el área de tejido, se seleccionó de manera deliberada el telar con el mayor volumen de producción histórico y encargado de manufacturar el artículo de mayor rotación comercial. Evaluar esta línea específica garantizó que las mediciones de tiempos de no valor agregado (NVA) y la tasa de asimetrías reflejaran el escenario de mayor carga administrativa y estrés operativo. De esta forma, la muestra definitiva quedó conformada por un total de 861 órdenes de producción (589 correspondientes al flujo del telar seleccionado y 272 asociadas a la etapa de latexado) registradas durante el periodo de estudio. El análisis de dicha muestra se realizó de manera exhaustiva sobre el 100% de los registros generados en el periodo, garantizando una base empírica sólida y representativa del flujo crítico para justificar el rediseño tecnológico.

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para levantar la información requerida, se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

- **Revisión documental:** Se analizaron los registros físicos actuales (cuadernos de operarios y reportes de planta) y los registros digitales en el sistema administrativo para contrastarlos y detectar las asimetrías de información. El instrumento fue una matriz de registro de datos (ver Anexo 1).
- **Observación directa estructurada y cronometraje:** Se observó el recorrido físico de la información y se midieron los tiempos asociados al procesamiento manual de datos. El instrumento fue el mapa del flujo de valor (VSM) y formatos de toma de tiempos para cuantificar el tiempo de no valor agregado (NVA) (ver Anexo 2).

Técnicas de Análisis de Datos

El procesamiento de los datos recolectados se realizó a través de un abordaje directo empleando estadística descriptiva, lo que permitió una interpretación clara y precisa de la realidad operativa sin necesidad de recurrir a modelos complejos. Se utilizaron medidas de tendencia central, específicamente promedios, para evaluar los tiempos de procesamiento administrativo y la latencia informativa. El análisis visual se apoyó en la generación de gráficos de proporción (sectores), gráficos de barras y diagramas de Pareto para priorizar la clasificación de las discrepancias documentales, proporcionando una base empírica y práctica para fundamentar el rediseño gerencial y operativo.

Procedimiento Metodológico

Para garantizar el cumplimiento sistemático de los objetivos planteados, la investigación se ejecutó siguiendo un plan de trabajo estructurado en cuatro fases secuenciales:

- **Fase 1. Diagnóstico de la situación actual (AS-IS) y establecimiento de la línea base (objetivo específico 1):** Las tareas desarrolladas en esta fase fueron:
 - Levantamiento de los procesos en la planta de producción (tejido y latexado) enfocándose exclusivamente en el flujo de la información.
 - Cronometraje de las actividades administrativas que realizan los operarios y asistentes administrativos (anotaciones en papel, recolección de cuadernos, transcripción al sistema).
 - Cálculo de la tasa actual de errores por transcripción mediante el contraste entre los cuadernos físicos de planta y el software administrativo.

- Elaboración del Value Stream Mapping (VSM) del estado actual (AS-IS), cuantificando los Tiempos de No Valor Agregado (NVA) para establecer la línea base de eficiencia y fiabilidad de los inventarios.
- **Fase 2. Diseño de la Reingeniería y el modelo de flujo de información (TO-BE)**
(objetivo específico 2): Las tareas ejecutadas fueron:
 - Aplicación de los principios de Lean Information Management (LIM) para identificar y eliminar los nodos del VSM donde se generan desperdicios por transcripción manual y reprocesos.
 - Diseño del nuevo diagrama de flujo de procesos (estado futuro o TO-BE) estableciendo la captura de los datos en el lugar de origen (Gemba) y en tiempo real.
 - Estructuración de los protocolos de operación estandarizados para que el personal de planta interactúe con los nuevos medios de recolección, suprimiendo la dependencia de los soportes físicos.
- **Fase 3. Definición de los requerimientos de la solución digital integrada (objetivo específico 3):** En esta etapa se llevaron a cabo las siguientes tareas:
 - Determinación de las especificaciones de hardware necesarias para el entorno industrial textil.
 - Levantamiento de los requerimientos funcionales del software o plataforma de captura de datos (campos requeridos, validaciones automáticas, alertas de error).
 - Definición de la arquitectura de integración para asegurar que los datos capturados en planta se sincronicen de manera bidireccional y automatizada con

el sistema administrativo central (ERP), eliminando los silos de información y habilitando métricas exactas para la gerencia.

- **Fase 4. Evaluación económica y justificación de la propuesta (objetivo específico**

4): En esta etapa se llevaron a cabo las siguientes tareas:

- Dimensionamiento técnico de la infraestructura requerida para cubrir los diez telares y las dos estaciones de latexado.
- Estimación del presupuesto de inversión inicial considerando valores de mercado en Chile para hardware ruggedizado, adecuación de red Wi-Fi industrial, desarrollo de middleware y capacitación del personal.
- Análisis del impacto de la inversión mediante la consolidación de los beneficios operativos, cualitativos y cuantitativos (eliminación del tiempo NVA, erradicación de errores de transcripción y supresión de la latencia informativa).

Limitaciones de la recolección de datos

Es pertinente señalar que, durante la fase de levantamiento de información en terreno y revisión documental, se identificó una limitante material en el subproceso de latexado referida a la omisión sistemática de registros de hora en los cuadernos por parte de los operadores. En consecuencia, el cálculo exacto de la variable latencia informativa se restringió metodológicamente al área de tejido. No obstante, las mediciones correspondientes a los tiempos de no valor agregado (NVA) y la tasa global de asimetrías (errores) mantuvieron su carácter exhaustivo y representativo para la muestra analizada en el sistema.

Resultados

El presente capítulo expone los hallazgos tras la aplicación de los instrumentos. Con el propósito de mantener una secuencia lógica, los resultados se presentan en correspondencia con las etapas de la metodología aplicada y, a través de ellas, con los objetivos específicos de la investigación. En primera instancia, se detallan las métricas que conforman el diagnóstico operativo actual (estado AS-IS), seguido por el diseño de la propuesta de reingeniería (estado TO-BE) y, finalmente, la definición de los requerimientos de la solución digital integrada.

Diagnóstico de la situación actual (AS-IS) y línea base

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico, orientado a identificar las brechas de eficiencia en el flujo de información actual, se procedió a la cuantificación del tiempo de no valor agregado (NVA) y la tasa de errores de transcripción en los subprocesos de tejido y latexado.

A través de la técnica de observación directa y cronometraje, se evaluaron las tareas estrictamente administrativas ejecutadas por los operadores de planta y los asistentes. El estudio reveló que el ciclo de procesamiento manual de la información consume un promedio de 105,13 minutos (6.307,6 segundos), tiempo que, bajo la filosofía Lean, se clasifica en su totalidad como desperdicio o No Valor Agregado (NVA).

La Tabla 1 consolida los tiempos cronometrados de las actividades manuales, demostrando la carga de trabajo administrativo que no agrega valor al producto final.

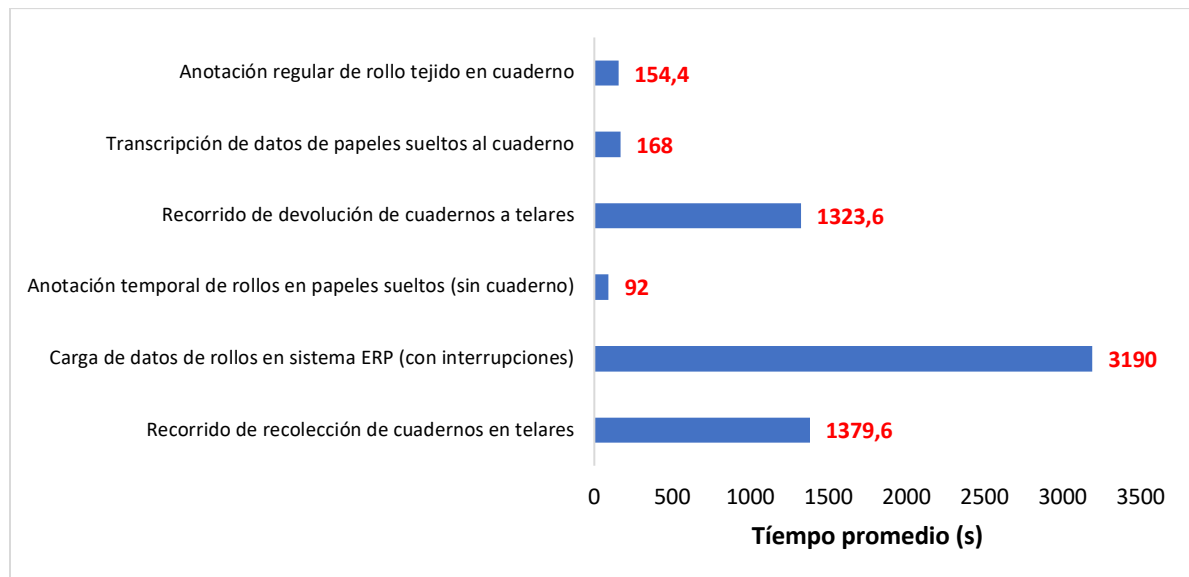
Tabla 1*Resumen de tiempos de No Valor Agregado (NVA) en el flujo de información*

Nº	Descripción de la actividad (flujo de información)	Actor responsable	Tiempo promedio (segundos)	Tiempo promedio (minutos)	Clasificación Lean
1	Carga de datos de rollos en sistema ERP (con interrupciones)	Asistente administrativo	3.190,0	53,17	NVA
2	Recorrido de recolección de cuadernos en telares	Asistente administrativo	1.379,6	22,99	NVA
3	Recorrido de devolución de cuadernos a telares	Asistente administrativo	1.323,6	22,06	NVA
4	Transcripción de datos de papeles sueltos al cuaderno	Operador de telar	168,0	2,80	NVA
5	Anotación regular de rollo tejido en cuaderno	Operador de telar	154,4	2,57	NVA
6	Anotación temporal de rollos en papeles sueltos	Operador de telar	92,0	1,53	NVA
Total	Carga administrativa operativa por ciclo evaluado		6.307,6	105,13	NVA

El Gráfico 1 ilustra la distribución de los tiempos NVA por cada actividad en el flujo de información.

Gráfico 1.

Distribución de los tiempos por actividad



Como se observa en los datos precedentes, el mayor cuello de botella radica en la transcripción de datos al sistema ERP por parte del asistente administrativo, actividad que representa más de 53 minutos del ciclo, seguida por los recorridos físicos de recolección de soportes (cuadernos). Asimismo, se evidencia una clara duplicidad de funciones en el área operativa (anotaciones en papeles sueltos que luego se transcriben a cuadernos), lo cual retrasa el flujo continuo de la información.

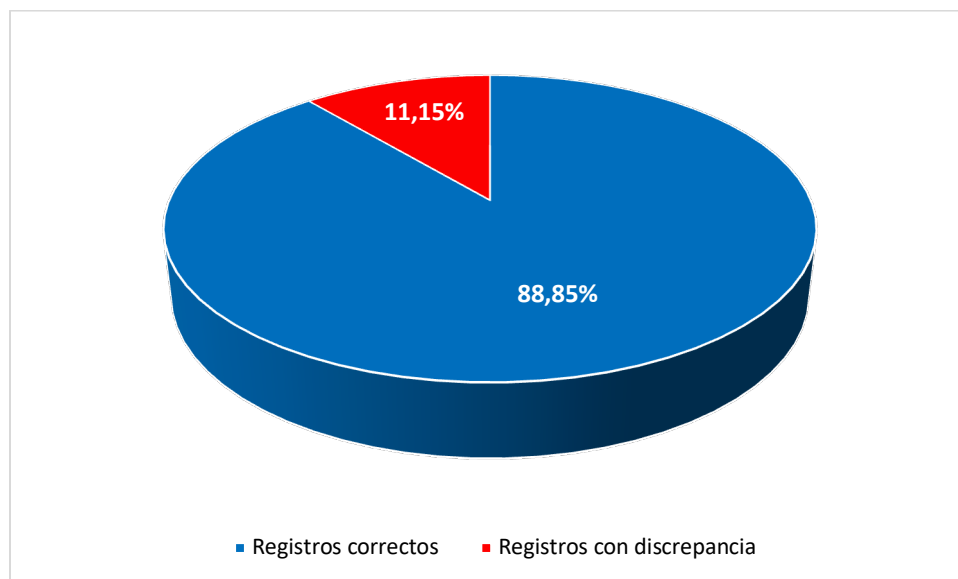
Por otro lado, para cuantificar la fiabilidad del inventario y la precisión de los datos, se analizaron de forma exhaustiva 861 órdenes de producción (589 del área de tejido y 272 del área de latexado) registradas durante el periodo de estudio. El contraste entre los soportes físicos de la planta y el sistema ERP arrojó una tasa de asimetría global del 11,15%. En la Tabla 2 se resume el volumen de las órdenes evaluadas y la tasa de error global.

Tabla 2
Tasa de asimetría y discrepancias por área de producción

Área de proceso	Total de rollos evaluados	Registros sin discrepancia	Registros con discrepancia (errores)	Tasa de error (%)
Tejido	589	530	59	10,02%
Latexado	272	235	37	13,60%
Total global	861	765	96	11,15%

El Gráfico 2 ilustra la proporción global de registros con discrepancia vs. los registros correctos.

Gráfico 2.
Proporción de registros correctos vs. registros con discrepancia



Al desglosar la naturaleza de las discrepancias detectadas, se evidenció que la desconexión entre los soportes manuales y el sistema digital es la principal fuente de fallas. Más del 60% de los errores totales se generan en la interfaz de digitalización diferida, específicamente en la carga

errónea del metraje, tipo de artículo o número de rollo en el ERP. La Tabla 3 desglosa la naturaleza de las 96 discrepancias encontradas en ambas áreas.

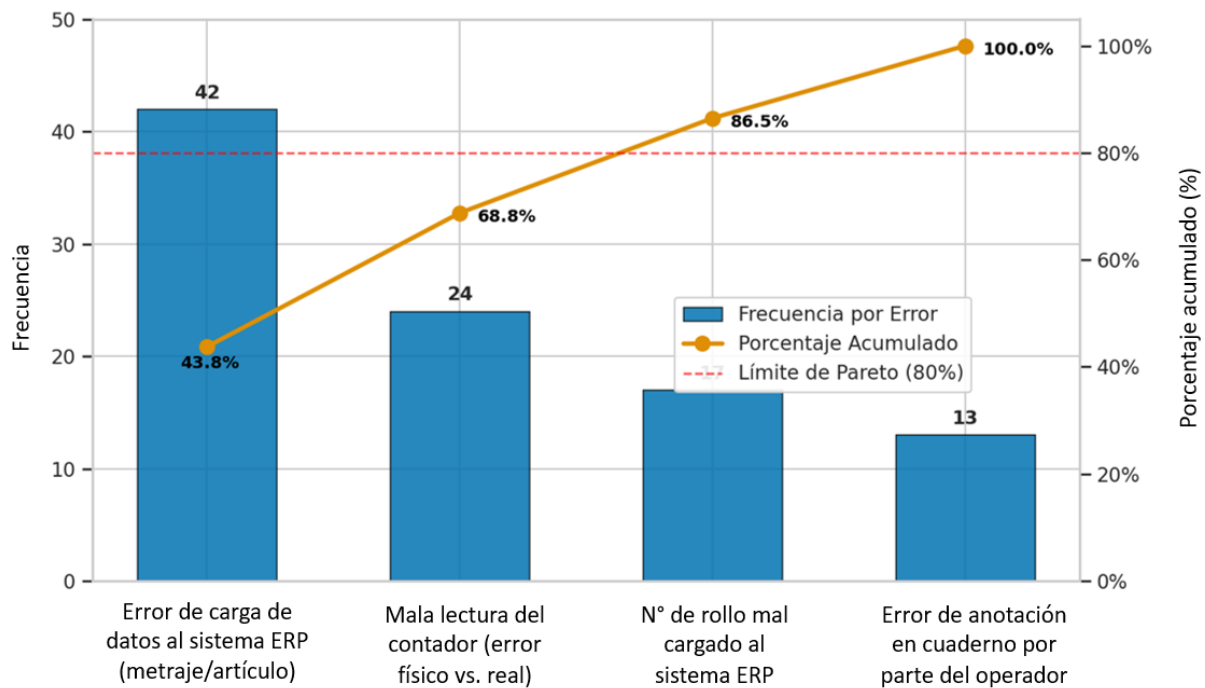
Tabla 3
Clasificación y frecuencia de errores detectados

Tipo de error / Discrepancia detectada	Frecuencia (Tejido)	Frecuencia (Latexado)	Frecuencia Total	Porcentaje del total de errores
Error de carga de datos al sistema ERP (metraje/artículo)	18	24	42	43,75%
Mala lectura del contador (error físico vs. real)	24	0	24	25,00%
N° de rollo mal cargado al sistema ERP	17	0	17	17,71%
Error de anotación en cuaderno por parte del operador	0	13	13	13,54%
Total de discrepancias	59	37	96	100,00%

El Gráfico 3 ilustra mediante un diagrama de Pareto de los tipos de errores detectados, el cual permitirá realizar un análisis de la regla 80/20 (principio de Pareto).

Gráfico 3.

Diagrama de Pareto de tipos de errores



Del Gráfico 3 se desprende que la zona de máximo impacto se concentra en los dos primeros errores (error de carga de datos al ERP y mala lectura del contador), los cuales suman un total de 66 discrepancias. Esto significa que el 68,75% de todos los fallos se resolvería implementando únicamente dos acciones correctivas enfocadas en estos aspectos. Asimismo, el límite del 80% de la regla de Pareto se encuentra entre la segunda y la tercera causa. Si se decide ampliar el plan de acción para incluir la tercera causa (N° de rollo mal cargado al sistema ERP), se estaría atacando el 86,46% del total de las fallas (83 de las 96 discrepancias registradas). Finalmente, el error de anotación en cuaderno es el que menos impacto tiene en el total, representando solo el 13,54% de los errores, por lo que debe quedar en la última prioridad de atención de la gerencia.

En cuanto a la latencia de información, entendida como el retraso temporal entre la ejecución física del proceso y su disponibilidad digital para la toma de decisiones, este indicador

mostró niveles alarmantes de rezago en el proceso de tejido (Tabla 4). En el área de Latexado no fue posible calcular esta métrica debido a la ausencia sistemática de registros de hora en los cuadernos de planta, lo que agrava la desconexión informativa.

Tabla 4
Latencia informativa en el proceso de tejido

Métrica de latencia	Tiempo de retraso (minutos)	Tiempo equivalente (horas)
Latencia mínima detectada	60	1,00
Latencia promedio (media)	351,2	5,85
Latencia máxima detectada	900	15,00

Los datos reflejan una latencia promedio de 5,85 horas en el área de tejido, con picos que alcanzan hasta 15 horas de desactualización. Es necesario reiterar que en el área de latexado no fue posible calcular este indicador, debido a la omisión total de registros horarios en los cuadernos de los operadores. Esta ausencia de información cronológica confirma que el sistema opera como un silo cerrado, imposibilitando cualquier control reactivo o predictivo por parte de la gerencia de operaciones.

En síntesis, la cuantificación de estas brechas operativas, un NVA superior a 100 minutos por ciclo, una tasa de error del 11,15% y una latencia crítica, consolida el diagnóstico AS-IS. Estos indicadores justifican de manera empírica la necesidad de erradicar los soportes físicos mediante un rediseño de los flujos de información.

Estructuración del modelo de flujo de información estandarizado (TO-BE)

Una vez establecida la línea base (AS-IS), la cual evidenció que las prácticas de registro manual y la latencia informativa generan significativas mudas administrativas, se procedió a

estructurar un modelo de flujo de información estandarizado (TO-BE). Este rediseño fue concebido bajo el marco de la Reingeniería de Procesos de Negocio (BPR) y los principios del Lean Information Management (LIM), con la premisa fundamental de prescindir de los soportes físicos y asegurar la captura de datos en el lugar de origen (Gemba).

El rediseño no buscó optimizar el uso de los cuadernos de planta, sino erradicar su existencia mediante una transformación radical del flujo lógico. Para ello, el nuevo modelo TO-BE se fundamentó en las siguientes directrices operativas:

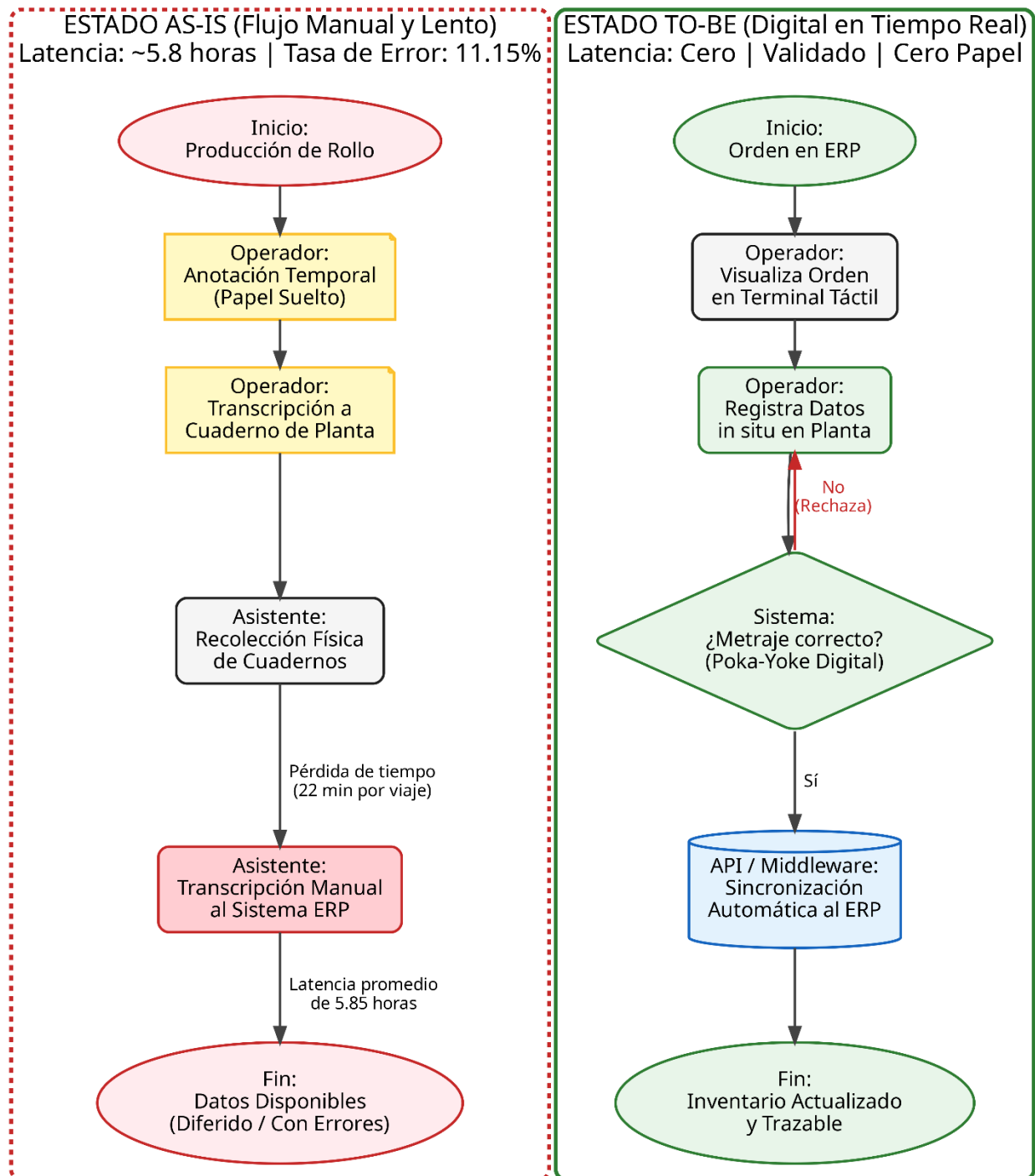
- **Captura en la fuente:** Los datos deben ser ingresados al sistema una única vez, directamente por el operador que ejecuta la acción en la máquina (tejido o latexado), eliminando las etapas de anotación temporal y las transcripciones diferidas.
- **Sincronización en tiempo real:** La latencia informativa debe reducirse. La validación y actualización del inventario en el sistema ERP debe ocurrir de manera simultánea a la finalización física del rollo en la planta.
- **Descentralización operativa:** Otorgar autonomía al personal de planta mediante interfaces digitales, eliminando la dependencia de la recolección física de datos por parte del asistente administrativo.

Al aplicar estos principios, el diagrama de flujo de la información experimenta una simplificación estructural profunda. A continuación, se detallan los protocolos de operación estandarizados del nuevo modelo por etapas:

- **Fase de inicio (emisión de orden):**
 - *Estado futuro:* La jefatura de producción genera la orden directamente en el ERP. La orden se visibiliza de inmediato en las terminales digitales dispuestas en las estaciones de tejido y latexado, suprimiendo la necesidad de imprimir y distribuir hojas de ruta físicas.
- **Fase de ejecución y registro (planta):**
 - *Estado futuro:* Al finalizar un rollo, el operador de telar o de máquina de latexado ingresa a la terminal táctil en su estación. Selecciona la orden activa y digita únicamente las variables críticas (metraje y número de rollo validado), ya que los datos de la orden (artículo, especificaciones) ya están pre-cargados.
 - *Impacto Lean:* Se eliminan las seis actividades que generaban los 105,13 minutos de NVA por ciclo. Las anotaciones en papel suelto, la transcripción a cuadernos, los recorridos del asistente y la re-digitación al ERP desaparecen del flujo.
- **Fase de validación y cierre:**
 - *Estado Futuro:* El sistema realiza una validación algorítmica inmediata (por ejemplo, alertando si el metraje ingresado difiere más de un 5% del estándar). Si la validación es correcta, el inventario se actualiza automáticamente y el rollo queda habilitado para la siguiente etapa productiva o despacho.

Gráfico 4.

Diagrama de flujo contrastando el estado AS-IS vs. el estado TO-BE



La estructuración de este modelo estandarizado garantiza la trazabilidad. Al eliminar la intervención manual de terceros en el traspaso de la información, se erradica la principal causa raíz

de las asimetrías detectadas en el diagnóstico inicial (los errores de transcripción al sistema ERP, que representaban el 43,75% de las fallas). Asimismo, al digitalizar el proceso en la planta, la latencia promedio de 5,85 horas identificada en el subproceso de tejido se reduce virtualmente a la inmediatez del procesamiento de red. Por su parte, para el subproceso de latexado, donde la omisión histórica de registros impedía establecer una línea base, este nuevo modelo instauro por primera vez una trazabilidad cronológica exacta, integrando la planta operativa con las capas gerenciales sin interferencias físicas y cumpliendo con los postulados de la fábrica digital.

Definición de requerimientos de la solución digital integrada

Para materializar el modelo TO-BE estructurado y asegurar la eliminación de las asimetrías de información, se procedió a definir los parámetros técnicos de la solución tecnológica. En alineación con el tercer objetivo específico, estos requerimientos se dividen en tres ejes: especificaciones de hardware para la planta, requerimientos funcionales de la interfaz de usuario (software) y la arquitectura de integración con el sistema ERP existente.

- **Requerimientos de hardware:** Considerando las condiciones operativas de la planta (polución por pelusa textil en el área de tejido y manejo de químicos/humedad en el área de latexado), la recolección de datos en el lugar de origen (Gemba) exige infraestructura robusta, descartando equipos de ofimática tradicional. A continuación, se listan los requerimientos:
 - **Terminales de captura de datos:** Se requiere la instalación de terminales industriales tipo *Tablet Ruggedizada* (grado de protección mínimo IP65, resistente a polvo denso y salpicaduras), montadas en atriles fijos al pie de las líneas de producción (telares y tren de latexado).

- **Interfaz de interacción:** Pantallas táctiles de grado industrial capacitivas, configuradas para responder al uso con guantes de protección (Equipos de Protección Personal).
- **Conectividad:** Antenas Wi-Fi industriales integradas para garantizar una conexión estable a la red local (LAN) de la empresa, asegurando la transmisión sin pérdida de paquetes de datos desde la zona productiva.
- **Requerimientos funcionales del software de planta:** La interfaz digital debe ser intuitiva, minimizando la curva de aprendizaje para el personal operativo y aplicando los principios de *Lean Information Management* para evitar la sobrecarga de datos. Estos requerimientos son:
 - **Autenticación sencilla:** Ingreso mediante un PIN personal o lectura de credencial RFID por operador, para garantizar la trazabilidad de quién registra la producción.
 - **Campos de ingreso restringidos:** Para mitigar la tasa de errores de transcripción detectada (que alcanzó un 11,15% en el diagnóstico), el sistema debe limitar la digitación manual. El operador solo debe visualizar las órdenes de producción activas (pre-cargadas desde gerencia) y seleccionar la correspondiente mediante un menú desplegable.
 - **Validación automática (Poka-Yoke digital):** El software incluye validaciones de formato y contención de errores en tiempo real antes de la sincronización con el ERP:

- **Control de duplicidad:** Impide el registro de un número de rollo que ya se encuentre ingresado en el sistema, evitando registros duplicados en el inventario.
- **Mecanismo Poka-Yoke para control de mala lectura del metraje:** Para mitigar específicamente la discrepancia por mala lectura del contador analógico, el software incorpora una validación de rango tolerado. Al seleccionar la orden de producción activa, el sistema calcula automáticamente el metraje teórico esperado por rollo. Si el operario digita un valor que se desvía en más de un $\pm 5\%$ respecto a dicho estándar, la interfaz bloquea el envío inmediato, despliega una alerta visual (pantalla de advertencia) y exige la reconfirmación visual del contador antes de guardar. Esto elimina las equivocaciones de digitación e interpretación por fatiga o distracción visual.
 - **Confirmación de envío:** Una vez ingresados los metros producidos y el número de rollo, el sistema debe solicitar una confirmación en pantalla antes de sincronizar, reduciendo errores involuntarios.
- **Arquitectura de integración (sincronización ERP):** El componente crítico para eliminar el silo de información y reducir la latencia (promedio de 5,85 horas) es la arquitectura que conectará la planta con el sistema administrativo. Para esto se requiere el desarrollo de una API (*Application Programming Interface*) o el uso de *Web Services* que actúen como puente entre las terminales de planta y la base de datos del ERP. El ERP envía el maestro de artículos y las órdenes de producción

pendientes a las terminales en tiempo real (flujo descendente) y las terminales envían los registros de producción (rollo, metraje, operador, timestamp) directamente a los módulos de inventario del ERP (flujo ascendente). El software debe registrar internamente, y sin intervención humana, la fecha y hora exacta del envío de cada registro. Esto solucionará directamente la problemática hallada en el área de latexado (ausencia de registros horarios) y proporcionará métricas exactas para el control de los tiempos de ciclo.

La implementación de estos requerimientos técnicos consolida la transición hacia la Industria 4.0 en la PYME textil evaluada. Al dotar a la planta de herramientas para el registro in situ, validado algorítmicamente e integrado de manera nativa al ERP, se asegura la fiabilidad del inventario y se provee a la gerencia de un panel de métricas exactas e inmediatas para la toma de decisiones estratégicas.

Costo estimado de la propuesta

Para materializar el modelo operativo digitalizado (TO-BE) y asegurar la recolección de datos directamente en el origen, se requiere una inversión inicial orientada a la adquisición de hardware industrial, adecuación de conectividad en planta y desarrollo del software de integración. El presupuesto estimado se ha calculado considerando los costos promedio de tecnología y desarrollo en el mercado chileno para el año 2026, estructurado de forma directa sin incluir proyecciones financieras complejas.

El dimensionamiento técnico contempla un total de 12 terminales táctiles. Esto asegura la cobertura individualizada de los 10 telares operativos de la planta y la instalación de 2 dispositivos adicionales en el tren de latexado, destinados específicamente a registrar los hitos críticos de

entrada y salida del proceso. En la Tabla 5 se detalla el presupuesto estimado para esta inversión inicial.

Tabla 5
Presupuesto de inversión inicial para la digitalización

Componente / Ítem	Descripción técnica	Cant.	Costo unitario (CLP)	Costo total (CLP)
Terminales rugerizadas	Tablets industriales con pantalla táctil capacitiva apta para guantes, grado de protección IP65 (resistentes a polvo denso y pelusa textil).	12	\$500.000	\$6.000.000
Soportes fijos	Estructuras de acero para el anclaje seguro al pie de cada máquina y canalización de energía protegida.	12	\$50.000	\$600.000
Red Wi-Fi industrial	Access Points de alta densidad para asegurar la transmisión de datos sin pérdida de paquetes en el entorno de la planta.	2	\$400.000	\$800.000
Desarrollo API/Middleware	Programación del canal de comunicación bidireccional entre las terminales táctiles y la base de datos central del ERP.	Global	—	\$3.500.000
Capacitación y marcha blanca	Talleres de inducción para operarios de planta y personal de administración.	Global	—	\$500.000
TOTAL INVERSIÓN				\$11.400.000

Nota. Elaboración propia basada en valores de referencia de mercado nacional (ver Anexo 3).

Beneficios y justificación de la inversión

Aprobar un presupuesto de \$11.400.000 CLP representa una decisión estratégica que impactará de manera inmediata sobre la productividad y la calidad de la información de la compañía. Desde una perspectiva operativa, esta inversión permitirá eliminar por completo los 105,13 minutos de No Valor Agregado (NVA) que actualmente consume la recolección física, devolución de cuadernos y digitación manual en cada ciclo administrativo. Asimismo, al incorporar validaciones automáticas de tipo *Poka-Yoke* directamente en la pantalla del operario, se busca minimizar la tasa de error de transcripción del 11,15% (causante de 96 discrepancias mensuales en el ERP), y suprimir la latencia informativa de 5,85 horas en el área de tejido para operar en tiempo real.

En términos humanos y organizacionales, la sustitución de registros manuales y papeles sueltos reducirá drásticamente el reproceso y el estrés laboral, liberando al personal operativo y administrativo para concentrarse en actividades de verdadero valor agregado. Esta transformación no solo moderniza la infraestructura técnica bajo el paradigma de la Industria 4.0, sino que viabiliza la continuidad operacional y la toma de decisiones gerenciales con datos exactos y confiables.

Cuantificación económica de beneficios y período de recuperación (Payback)

Para fundamentar la viabilidad de la inversión requerida, se valorizó cuantitativamente el ahorro directo derivado de la eliminación del tiempo de NVA y la reducción de reprocesos por errores de transcripción.

Valorización del ahorro de tiempos NVA (Horas-Hombre)

El diagnóstico determinó que cada ciclo administrativo consume 105,13 minutos (1,75 horas) en tareas de nulo valor agregado entre asistentes y operarios. Considerando una carga

operativa promedio mensual de 300 ciclos de registro/turnos en la planta evaluada, la eliminación total del papel ahorra un equivalente de 525,6 Horas-Hombre (HH) mensuales. Asumiendo un costo medio ponderado de \$5.500 CLP por Hora-Hombre (incluyendo costo de remuneración y cargas sociales de operarios y asistentes en el sector manufacturero chileno), el ahorro directo por productividad laboral asciende a:

$$\text{Ahorro mensual por HH} = 525,6 \frac{\text{HH}}{\text{mes}} \times \$5.500 \frac{\text{CLP}}{\text{HH}} = \$2.890.800 \frac{\text{CLP}}{\text{mes}}$$

Valorización por reducción de errores de inventario y reprocesos

La erradicación del 43,75% de errores de carga al ERP y 17,71% de números de rollo mal digitados elimina estimativamente un costo de reproceso administrativo y descuadres de stock valorado de forma conservadora en \$500.000 CLP/mes.

Cálculo del período de recuperación de la inversión (Payback)

Sumando ambos conceptos, el beneficio económico total proyectado alcanza \$3.390.800 CLP/mes (\$40.689.600 CLP/año). Al contrastar este flujo con la inversión inicial de la propuesta, se obtiene el período de retorno:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversión inicial total}}{\text{Ahorro mensual total}} = \frac{\$11.400.000 \text{ CLP}}{\$3.390.800 \frac{\text{CLP}}{\text{mes}}} = 3,36 \text{ meses}$$

Como se observa, la inversión inicial se recupera en menos de 3,5 meses de operación, lo que demuestra una sólida viabilidad económica e impacto financiero para la gerencia de la empresa.

Conclusiones

La presente investigación demostró que la dependencia de soportes físicos y registros manuales en la planta textil representa una barrera estructural que degrada la eficiencia y la fiabilidad de los datos.

El diagnóstico del flujo AS-IS permitió establecer que el ciclo administrativo manual consume 105,13 minutos (6.307,6 segundos) de NVA por ciclo, genera una tasa de error e inconsistencias del 11,15% en los registros de inventario del ERP (96 discrepancias en 861 órdenes), y provoca una latencia informativa promedio de 5,85 horas en el área de tejido.

La propuesta de rediseño basada en BPR y Lean Information Management, mediante la implementación de 12 terminales ruggedizadas IP65 e interfaces con validación Poka-Yoke, permite erradicar el 100% de las tareas de transcripción manual.

Con una inversión inicial estimada de \$11.400.000 CLP, la propuesta genera un ahorro mensual de \$3.390.800 CLP por concepto de horas-hombre y mitigación de errores, logrando un período de recuperación de la inversión (Payback) de solo 3,36 meses.

Limitaciones de la investigación

Como limitación principal del levantamiento en terreno, se identificó la omisión sistemática de registros horarios en los cuadernos del área de latexado, lo que impidió calcular la latencia informativa específica en dicho subproceso. No obstante, las mediciones de tiempos NVA y tasa de errores mantuvieron su carácter exhaustivo sobre la muestra analizada.

Trabajo futuro y recomendaciones

Como líneas de desarrollo futuro para la organización se sugiere evaluar la integración de sensores/encoders digitales conectados directamente desde el eje del telar a las terminales tablet

para automatizar la captura del metraje sin intervención del operador, eliminando el 25,00% de errores de lectura física. Asimismo, se recomienda extender el modelo TO-BE hacia la recepción de hilados y control de insumos químicos en latexado mediante lectura de código de barras QR.

Referencias Bibliográficas

- Abidemi, A. (2024). The role of technology and automation in streamlining business processes and productivity for SMEs. *International Journal of Entrepreneurship*, 7(3), 25–42. <https://doi.org/10.47672/ije.2510>
- Adrita, M., Brem, A., O'Sullivan, D., Allen, E., y Bruton, K. (2021). Methodology for data-informed process improvement to enable automated manufacturing in current manual processes. *Applied Sciences*, 11(9), 3889. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/9/3889>
- Almarza Franco, Y., & González García, V. (2019). *Conservación y preservación en soportes físicos y digitales*. Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI); Universidad de La Salle. <https://tinyurl.com/bp87txw4>
- Basir, M., Buckmaster, D., Raturi, A., y Zhang, Y. (2024). From pen and paper to digital precision: A comprehensive review of on-farm recordkeeping. *Precision Agriculture*, 25(5), 2643-2682. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10172-7>
- Costa, B., Varejão, J., y Gaspar, P. (2024). Development of a value stream map to optimize the production process in a luxury metal piece manufacturing company. *Processes*, 12(8), 1612. <https://doi.org/10.3390/pr12081612>
- Choudhary, R., & Riaz, N. (2023). A business process re-engineering approach to transform business process simulation to BPMN model. *PloS one*, 18(3), e0277217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277217>
- Estupiñán, A., Quiñónez, A., Benites, L., y Estupiñán, K. (2024). La Transformación Digital y su Impacto en la Competitividad de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs). *Polo del*

<https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/8265/pdf>

Fetais, A., Abdella, G., Al-Khalifa, K., y Hamouda, A. (2022). Business process re-engineering: A literature review-based analysis of implementation measures. *Information*, 13(4), 185.

<https://doi.org/10.3390/info13040185>

Ghosh, A., Fattahi, S., y Ura, S. (2023). Towards developing Big Data analytics for machining decision-making. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(5), 159.

<https://doi.org/10.3390/jmmp7050159>

Hernández Ramos, J., Dávila Rodríguez, D., Velázquez Chantaca, S., Ochoa Cantú, J., Castillo Méndez, A., & Solís Peña, C. (2025). Errores humanos en el registro de inventario: Problemas en los conteos manuales y su repercusión. *Revista Ingeniería Y Gestión Industrial*, 1(5). <https://doi.org/10.29105/revig1.5-49>

Hicks, B. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233-249.

<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>

Islam, M., Mintoo, A., y Saimon, A. (2024). Enhancing textile quality control with IoT sensors: A case study of automated defect detection. *International Journal of Management Information Systems and Data Science*, 1(1), 19–30.

<https://globalmainstreamjournal.com/index.php/IJMISDS/article/view/113>

Mayor Ravines, M. G., Mayor Gamero, J. G., Velásquez Vásquez, J. A., & Mayuri Barrón, J. V. (2025). Transformación digital en PYMEs: revisión sistemática de factores, barreras y

- resultados. *Revista de Investigación Científica*, 6(3), e603094.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17656442>
- Rother, M., y Shook, J. (1999). *Aprender a ver: Mapeo del flujo de valor para crear valor y eliminar el desperdicio* (Versión 1.2). The Lean Enterprise Institute.
- Ñañez, S. (2025). *Implementación de un sistema de digital para el control de inventarios que optimice la eficiencia operativa en la microempresa textil Inversiones y Negocios Cerna SAC, Lima- Perú, 2024* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/94334e43-83c6-4139-8f50-b26a9c9014f0/content>
- Organización Internacional del Trabajo. (2024, 13 de febrero). *Desafíos y oportunidades que plantea la digitalización* (Documento GB.350/HL/1).
<https://www.ilo.org/es/media/478616/download>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2025). *SME digitalisation for competitiveness The 2025 OECD D4SME Survey*.
https://www.oecd.org/en/publications/sme-digitalisation-for-competitiveness_197e3077-en.html
- Pech, M., Vrchota, J., y Bednář, J. (2021). Predictive Maintenance and Intelligent Sensors in Smart Factory: Review. *Sensors*, 21(4), 1470. <https://doi.org/10.3390/s21041470>
- Petrillo, A., Rehman, M., y Baffo, I. (2024). Digital and sustainable transition in textile industry through internet of things technologies: A pakistani case study. *Applied Sciences*, 14(13), 5380. <https://doi.org/10.3390/app14135380>

- Ravindar, B., y Mishra, V. (2022). The impact of digital transformation on employee productivity and organizational success. *International Journal for Advanced Research in Science & Technology*, 12(11). <https://www.ijarst.in/public/uploads/paper/913461724946767.pdf>
- Sayuti, M., Syairudin, B., y Gunarta, I. (2025). Enhancement of business processes through re-engineering to optimize the performance of local government in Central Sulawesi province. *Cogent Social Sciences*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2025.2542922>
- Tabim, V., Ayala, N., y Frank, A. (2021). Implementing Vertical Integration in the Industry 4.0 Journey: Which Factors Influence the Process of Information Systems Adoption? *Information systems frontiers: a journal of research and innovation*, 26(5), 1615–1632. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10220-x>
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., y Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4). <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/7658/11619/>
- Woschank, M., Dallasega, P., König, A., y Hoffelner, M. (2024). Potentials of using real-time data to increase the update frequency of production planning and control strategies in MTO: a discrete event simulation study. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 36, 760–779. <https://doi.org/10.1007/s10696-024-09550-0>
- Zhong, Y., y Moon, H. (2023). Investigating the Impact of Industry 4.0 Technology through a TOE-Based Innovation Model. *Systems*, 11(6), 277. <https://doi.org/10.3390/systems11060277>

Anexos

Anexo 1. Matriz de registro de trazabilidad y discrepancia de datos

Objetivo del instrumento: Cuantificar la tasa de errores de transcripción, la fiabilidad del inventario y medir la latencia informativa (retraso) entre la ocurrencia del evento en planta y su reflejo en el sistema ERP.												
Instrucciones de llenado: El observador tomará una muestra de las órdenes de producción (OP) ya cerradas. Deberá contrastar lo que el operario anotó en su cuaderno/hoja de ruta en la planta frente a lo que el asistente administrativo ingresó finalmente al sistema computacional.												
Fecha Eval.	Turno	Área de proceso	Nº (OP)	Hora anotación (Cuaderno)	Hora ingreso (Sistema ERP)	Latencia (Minutos)	Variable medida	Valor físico (Cuaderno)	Valor digital (Sistema)	¿Existe discrepancia? (Sí/No)	Tipo de error detectado	Observaciones / Impacto en inventario

Anexo 2. Formato de estudio de tiempos

Objetivo del instrumento: Cronometrar las tareas netamente administrativas y de gestión de datos que realizan los operarios de planta y los asistentes administrativos, con el fin de calcular el Tiempo de No Valor Agregado (NVA) para la construcción del <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).									
Instrucciones de llenado: Utilizar cronómetro centesimal o sexagesimal. Registrar el tiempo que toma ejecutar las actividades relacionadas con el manejo del papel. Se recomienda tomar al menos 5 ciclos u observaciones por tarea para obtener un tiempo promedio representativo.									
Datos del estudio: • Fecha: _____ • Área observada: ☐ Tejido ☐ Latexado • Analista/Observador: _____									
Nº	Descripción de la actividad (flujo de información)	Actor (quién lo hace)	Ciclo 1 (s)	Ciclo 2 (s)	Ciclo 3 (s)	Ciclo 4 (s)	Ciclo 5 (s)	Tiempo promedio (s)	Clasificación Lean (NVA / VA)

Anexo 3. Precios referenciales en Mercado Libre Chile 2026

	Hotwav R9 Pro - Tablet Resistente 4g Rugged Ip68 Con Batería De 20.080mah Y Pantalla 10,1 2k / Resiste Caídas, Polvo Y Agua 🔥 ÚLTIMAS 4 UNIDADES \$ 399.990 6 cuotas de \$ 66.665 sin interés Ver los medios de pago Color: Negro 
	Soporte Resistente Para Tabletas De Coche, Ajustable, Indust \$ 41.857 6 cuotas de \$ 6.976 sin interés Ver los medios de pago Opciones de compra: 5 productos nuevos desde \$ 41.857
	Punto de acceso Ubiquiti WIFI U6- Enterprise blanco 4,6 ★★★★★ (12) \$ 385.750 6 cuotas de \$ 64.292 sin interés Ver los medios de pago Color: Blanco 