



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE METODOLOGÍAS LEAN SIX SIGMA PARA  
LA MEJORA DE LA CADENA DE SUMINISTRO DE UNA EMPRESA  
CONSTRUCTORA UBICADA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniera Industrial

AUTORES:

Genesis Nicole Hurco Caicedo

Jean Pierre Vega Correa

TUTOR: Ing. Angel Eduardo Gonzalez Vasquez, Ph. D

Guayaquil-Ecuador

2026

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Nosotros, Jean Pierre Vega Correa con documento de identificación N° 0951100312 y Genesis Nicole Hurco Caicedo con documento de identificación N° 0931793087; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 20 de enero del año 2026 Atentamente,

*Jean Vega*

\_\_\_\_\_  
Jean Pierre Vega Correa

0951100312

*Genesis Hurco*

\_\_\_\_\_  
Genesis Nicole Hurco Caicedo

0931793087

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jean Pierre Vega Correa con documento de identificación No. 0951100312 y Genesis Nicole Hurco Caicedo con documento de identificación No. 0931793087, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto tecnico: Propuesta de implementación de metodologías Lean Six Sigma para la mejora de la cadena de suministro de una empresa constructora ubicada en la ciudad de Guayaquil, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de enero del año 2026

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Jean Pierre Vega Correa  
0951100312

  
\_\_\_\_\_  
Genesis Nicole Hurco Caicedo  
0931793087

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Angel Eduardo Gonzalez Vasquez con documento de identificación N° 0911019529, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Propuesta de implementación de metodologías Lean Six Sigma para la mejora de la cadena de suministro de una empresa constructora ubicada en la ciudad de Guayaquil, realizado por Jean Pierre Vega Correa con documento de identificación N° 0951100312 y por Genesis Nicole Hurco Caicedo con documento de identificación N° 0931793087, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto tecnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 20 de Enero del año 2026

Atentamente,



---

Angel Eduardo Gonzalez Vasquez  
0911019529

## DEDICATORIA

A Dios, por guiar cada paso de nuestro camino, darnos fortaleza en los momentos difíciles y permitirme alcanzar esta meta tan importante, fuiste testigo de nuestro esfuerzo día tras día para poder llegar a ella. - Jean Pierre Vega Correa y Genesis Nicole Hurco Caicedo.

A nuestros padres, por su amor incondicional, esfuerzo y apoyo siempre; porque, a pesar de las circunstancias, nunca dejaron de creer en nosotros ni de impulsarnos a seguir adelante. - Jean Pierre Vega Correa y Genesis Nicole Hurco Caicedo.

A mi abuelita, por su cariño, sus consejos y su apoyo constante, por ser un pilar fundamental en mi vida y acompañarme siempre con sus oraciones. - Jean Pierre Vega Correa.

A nuestros, hermanos, tíos, y a toda nuestra familia, por su respaldo y motivación durante este largo proceso. - Jean Pierre Vega Correa y Genesis Nicole Hurco Caicedo.

A mis sobrinos, por ser la luz y alegría de mi vida. Esta tesis es para ustedes, para demostrarles que, con esfuerzo, amor y perseverancia, cualquier sueño se puede alcanzar; con la esperanza de que este logro sirva como motivación. Que nunca dejen de estudiar y luchar por tus sueños. - Genesis Nicole Hurco Caicedo.

Y a mi compañera de tesis, quien desde el primer día me dijo: “nos vamos a graduar juntos”, gracias por la amistad, el apoyo y por caminar a mi lado hasta cumplirlo. - Jean Pierre Vega Correa.

Con gratitud y amor, dedico este logro a todos ustedes.

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi fortaleza en cada paso de este camino, por brindarme salud, sabiduría y perseverancia, y por iluminar mi mente en los momentos de dificultad. Gracias por darme la oportunidad de alcanzar esta meta tan importante en mi vida académica y personal.

A mis padres, por su amor incondicional, su apoyo constante y su ejemplo de esfuerzo y responsabilidad. Gracias por cada sacrificio realizado, por sus consejos, paciencia y confianza en mí. Este logro es el reflejo de todo lo que me han enseñado y sembrado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos y sobrinos, por su compañía, apoyo y palabras de aliento, por motivarme a seguir adelante y por estar siempre presentes en cada etapa de este proceso, brindándome ánimo y comprensión.

A mi familia, por su respaldo incondicional, por su cariño, comprensión y apoyo moral durante toda mi formación académica. Gracias por acompañarme y creer en mí incluso en los momentos más desafiantes.

A mi tutor de tesis, por su guía, paciencia, dedicación y valiosos conocimientos compartidos. Gracias por el tiempo brindado, las correcciones oportunas y el apoyo académico que hicieron posible el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación.

A los docentes de la universidad, quienes con su profesionalismo, enseñanzas y orientación contribuyeron de manera significativa a mi formación académica y profesional, brindándome las herramientas necesarias para crecer tanto a nivel personal como intelectual.

Finalmente, agradezco a la universidad por haber sido el espacio donde adquirí conocimientos, valores y experiencias que marcarán mi vida profesional, así como a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a la culminación exitosa de este trabajo.

## RESUMEN

El proyecto tuvo como objetivo proponer la implementación de metodologías Lean Six Sigma para mejorar la cadena de suministro de una empresa constructora ubicada en la ciudad de Guayaquil, con énfasis en los procesos de inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho. La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, descriptivo y explicativo, con predominio cuantitativo, apoyado en observación directa, revisión documental y medición de indicadores operativos como exactitud de inventario, nivel de servicio interno, tiempos de ciclo y frecuencia de compras urgentes. El diagnóstico evidenció registros no estandarizados, variación en los plazos de reposición, recorridos innecesarios en almacén y entregas parciales a obra, lo que generó desperdicios, reprocesos y afectación al cumplimiento de cronogramas. Con base en estos hallazgos se diseñó una propuesta de mejora estructurada bajo el ciclo DMAIC, integrando herramientas Lean y Six Sigma orientadas a la estandarización de solicitudes, codificación de materiales, orden físico mediante 5S, control preventivo en recepción y despacho, reposición por punto de reorden y uso gradual de formatos digitales. La propuesta permitió estimar impactos favorables en eficiencia operativa, reducción de costos por urgencias, disminución de tiempos de preparación y fortalecimiento de la trazabilidad, contribuyendo a una gestión más confiable y competitiva del sistema.

**Palabras claves:** Cadena de suministro; Construcción; Inventarios; Lean Six Sigma.

## ABSTRACT

The project aimed to propose the implementation of Lean Six Sigma methodologies to improve the supply chain of a construction company located in Guayaquil, focusing on inventory control, purchasing, warehousing, logistics, and material dispatch. The study was developed as applied research with a descriptive and explanatory scope, following a predominantly quantitative approach supported by direct observation, document review, and the measurement of operational indicators such as inventory accuracy, internal service level, cycle times, and the frequency of urgent purchases. The diagnosis revealed non-standardized records, variability in replenishment lead times, unnecessary movements within the warehouse, and partial deliveries to job sites, which generated waste, rework, and disruptions to schedule compliance. Based on these findings, a structured improvement proposal was designed under the DMAIC cycle, integrating Lean and Six Sigma tools oriented toward standardized internal requests, consistent material coding, physical organization through 5S, preventive controls in receiving and dispatch, replenishment through reorder points, and the gradual adoption of simple digital formats. The proposal enabled the estimation of positive impacts on operational efficiency, cost reduction linked to urgent procurement, shorter preparation times, and stronger material traceability, contributing to a more reliable and competitive management of the supply chain system.

**Key words:** Supply chain; Construction; Inventory; Lean Six Sigma.

## INDICE GENERAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	I
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
Indice general.....	IX
Indice de figuras.....	X
Indice de tablas.....	XI
Anexos.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.    PROBLEMÁTICA.....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación.....	4
1.3 Grupo objetivo beneficiario.....	5
1.4 Objetivo general.....	7
CAPÍTULO II.....	8
2.    MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Cadena de suministro en empresas constructoras eléctricas de guayaquil.....	8
2.2 Procesos operativos y desempeño en inventarios, compras, almacén y despacho.....	9
2.3 Enfoque lean aplicado a la cadena de suministro en construcción.....	13

2.4	Six sigma y control de variación en procesos logísticos .....	16
2.5	Integración lean six sigma para diseñar propuestas de mejora.....	18
2.6	Gestión de inventarios con enfoque cuantitativo y operativo.....	19
2.7	Evaluación de impactos y competitividad asociada a la mejora.....	20
2.8	Herramientas de diagnóstico alineadas con los objetivos específico.....	20
2.9	Diseño del diagnóstico operativo para identificar brechas y oportunidades de mejora.	22
2.10	Factores y causas de ineficiencias, retrasos y desperdicios en inventario, logística y despacho.....	25
2.11	Herramientas lean six sigma para diseñar estandarización y automatización gradual...	28
2.12	Gestión pull y reposición con kanban en materiales repetitivos .....	30
2.13	Automatización gradual y control de datos maestros .....	32
	CAPÍTULO III.....	34
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	34
3.1.	Investigación científica.....	34
3.2	Tipo de investigación.....	32
3.3	Tipos de investigación implementada .....	33
3.4	Diseño de la investigación.....	34
3.5	Datos de la investigación.....	35
3.6	Población y muestra.....	36
3.7	Técnicas e instrumentos.....	37
3.8	Procesamiento y análisis de datos.....	38
3.9	Desarrollo del diagnóstico y la propuesta de mejora Lean Six Sigma en la cadena de suministro.....	39
	CAPÍTULO IV .....	55
4.1	Resultados del diagnóstico de la situación .....	55
4.2	Resultados de la estandarización Lean Six Sigma en los procesos de la cadena de suministro .....	64

4.3 Evaluación comparativa de desempeño y resultados de control de proceso ..... 67

4.4 Síntesis integradora de resultado y verificación del desempeño del sistema Lean Six  
Sigma..... 69

CONCLUSIONES..... 82

RECOMENDACIONES ..... 85

BIBLIOGRAFÍA..... 87

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Diagrama de Pareto .....	22
Figura 2. Hoja de verificación .....	25
Figura 33. Proceso de la 5S.....	30

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estructura operativa de la cadena de suministro en construcción eléctrica .....	9
Tabla 2. Indicadores técnicos para diagnosticar inventario, compras y despacho.....	12
Tabla 3. Ejemplo técnico de clasificación ABC para materiales típicos de obra eléctrica.....	15
Tabla 4. Conversión técnica entre nivel sigma y defectos por millón de oportunidades.....	17
Tabla 5. Descomposición técnica del lead time de compra en días calendario .....	23
Tabla 6. Plantilla de trabajo estandarizado para picking y despacho .....	29
Tabla 7. Tarjeta de Kanban.....	31
Tabla 8. Estructura mínima de datos maestros para control de materiales .....	32
Tabla 9. Procesos incluidos en el diagnóstico .....	42
Tabla 10. Brechas observadas y efectos operativos.....	43
Tabla 11. Repositorio de evidencias y llaves de relación .....	44
Tabla 12. Indicadores base del diagnóstico .....	46
Tabla 13. Instrumentos utilizados .....	47
Tabla 14. Consolidación de inventario físico vs registro por código, unidad, ubicación y trazabilidad documental.....	49
Tabla 15. Concentración de códigos con mayor recurrencia de diferencias y localización asociada.....	51
Tabla 16. Control de plazo de reposición por orden, recepción y cumplimiento .....	52
Tabla 1. Registro de pedidos a obra, completitud, faltantes, devoluciones y trazabilidad de cierre .....	53
Tabla 17. Confirmación de causa raíz mediante cadena de verificación documental por código .....	54
Tabla 18. Catálogo maestro con estandarización de descripción y unidad única .....	55
Tabla 19. Consolidación de inventario físico y registro por código, unidad, ubicación y trazabilidad documental.....	59

Tabla 20. Concentración de códigos con mayor recurrencia de diferencias y localización asociada.....	61
Tabla 21. Control del plazo de reposición por orden, recepción y cumplimiento .....	63
Tabla 22. Registro de pedidos a obra, completitud, faltantes, devoluciones y trazabilidad de cierre .....	65
Tabla 23. Confirmación de causa raíz mediante cadena de verificación documental por código .....	66
Tabla 24. Consolidado del plazo de reposición por proveedor tras la estandarización del proceso de compras.....	69
Tabla 25. Registro consolidado de preparación y despacho después de la estandarización ....	70
Tabla 26. Comparación de indicadores antes y después de la estandarización .....	71
Tabla 27. Sistema de control del proceso por indicador y evidencia documental.....	71
Tabla 28. Integración de resultados por proceso con evidencia de verificación y efecto operativo .....	73
Tabla 29. Verificación del control del proceso mediante auditoría interna de documentos críticos.....	74
Tabla 30. Resultado global del desempeño del sistema con criterios de estabilidad y confiabilidad .....	75

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas constructoras que operan en Guayaquil enfrentan presiones constantes por cumplir plazos de obra, controlar costos y responder con rapidez a cambios en disponibilidad de materiales, condiciones climáticas y reprogramaciones en campo, por lo que la cadena de suministro deja de ser un área de apoyo y se convierte en un componente que condiciona el avance físico y financiero del proyecto. Cuando el control de inventario, las compras, el almacenamiento, la logística y el despacho funcionan con registros dispersos, criterios poco uniformes y decisiones tomadas con información incompleta, aparecen quiebres de stock, sobreabastecimientos, traslados innecesarios, esperas del personal y reprocesos en obra, lo que eleva el desperdicio y reduce la confiabilidad de la operación.

La cadena de suministro en construcción puede entenderse como el conjunto de actividades que permiten planificar, adquirir, recibir, almacenar, movilizar y entregar materiales y recursos en el momento requerido, con la calidad y cantidad adecuadas y con trazabilidad suficiente para sostener el control administrativo y operativo. Lean se asume como un enfoque de gestión orientado a eliminar actividades que no agregan valor, ordenar el flujo y reducir desperdicios vinculados con esperas, movimientos, transportes y reprocesos, mientras que Six Sigma se orienta a disminuir la variación y los errores mediante análisis de datos, identificación de causas raíz y control de indicadores, de modo que ambas metodologías pueden integrarse para mejorar desempeño, estabilidad y disciplina operativa en procesos clave de abastecimiento y despacho (Barberá, 2024).

Bajo esta línea, el presente proyecto propone la implementación de metodologías Lean Six Sigma para la mejora de la cadena de suministro de una empresa constructora ubicada en la ciudad de Guayaquil, con énfasis en optimizar el control de inventario, el despacho, la logística, las compras y el almacenamiento, a partir de un diagnóstico del funcionamiento actual y la

determinación de factores que generan ineficiencias, retrasos y desperdicios. La propuesta se desarrollará mediante una secuencia ordenada de análisis y mejora, aplicando herramientas de Lean y Six Sigma para diseñar estandarización y opciones de automatización factibles, y se estimarán los impactos esperados en eficiencia operativa, costos, tiempos y competitividad, con indicadores que permitan evaluar el efecto de la mejora y sostener el control en el tiempo (Balanta L, 2023).

## CAPÍTULO I

### 1 PROBLEMÁTICA

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, muchas pequeñas y medianas empresas del sector de la construcción en Guayaquil enfrentan grandes dificultades para mantener el orden y la eficiencia en sus operaciones diarias. A pesar de contar con personal capacitado y experiencia en el campo, la falta de herramientas tecnológicas y metodologías de mejora continua provoca que gran parte de los procesos se sigan realizando de forma manual. En la empresa constructora donde se desarrolla este estudio, las actividades relacionadas con el registro de inventario, las guías de remisión, la logística y el despacho de materiales se llevan a cabo con procedimientos tradicionales, utilizando hojas de cálculo o documentos físicos.

Esta manera de trabajar genera varios inconvenientes, como errores en los registros, pérdida de información, demoras en las entregas y un control limitado sobre los recursos disponibles. Además, al no contar con un sistema automatizado o un flujo de trabajo estandarizado, resulta difícil identificar en qué parte del proceso se producen los retrasos o desperdicios. Otro aspecto importante es la falta de una cultura de mejora continua dentro de la organización. Las decisiones se toman, en muchos casos, basándose en la experiencia de los trabajadores o en la urgencia del momento, sin disponer de datos concretos que permitan evaluar el desempeño real de los procesos.

Esto limita la capacidad de la empresa para anticiparse a los problemas, medir la productividad o tomar decisiones estratégicas orientadas a la eficiencia. Esta situación no solo afecta la productividad y los costos, sino también la satisfacción de los clientes y la imagen de la empresa frente a nuevos proyectos. En un sector tan competitivo como la construcción, no contar con procesos claros y medibles puede representar una gran desventaja frente a empresas que ya han adoptado metodologías más modernas y tecnológicas. Ante esta realidad, la

implementación de metodologías Lean y Six Sigma se presenta como una alternativa viable y necesaria.

Estas herramientas permiten detectar desperdicios, mejorar los tiempos de respuesta, estandarizar procesos y, sobre todo, trabajar con datos reales para tomar decisiones más acertadas. Su aplicación en la cadena de suministro puede transformar la manera en que la empresa gestiona sus materiales, tiempos y recursos, generando un entorno más organizado, eficiente y orientado a resultados.

Este proyecto busca precisamente eso: ofrecer una propuesta práctica para que la empresa constructora logre optimizar su cadena de suministro mediante la implementación de Lean Six Sigma. Con ello, se espera avanzar hacia una gestión más automatizada, reducir los errores y las demoras, y fortalecer la competitividad de la organización, demostrando que una PYME guayaquileña también puede alcanzar altos estándares de calidad y eficiencia.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación encuentra su justificación en la necesidad de mejorar la gestión interna de una empresa constructora de la ciudad de Guayaquil, la cual desarrolla actividades de construcción eléctrica, diseño de instalaciones y mantenimiento. A pesar de su experiencia en el sector, la organización enfrenta diversas dificultades en la administración de su cadena de 5 suministro, especialmente en las áreas de control de inventario, despacho, logística, compras y almacenamiento. Actualmente, todos estos procesos se ejecutan de forma manual, lo que ha generado errores en los registros, demoras en las entregas, sobrecostos operativos y un limitado control sobre los recursos materiales. Esta situación afecta directamente la eficiencia y la productividad, así como la capacidad de la empresa para responder de manera oportuna a los requerimientos de los proyectos en curso. La falta de un sistema estructurado y de herramientas metodológicas que permitan medir, analizar y mejorar los procesos internos ha llevado a la empresa a operar de manera empírica, sin indicadores que

reflejen su verdadero desempeño. La implementación de metodologías Lean y Six Sigma se presenta como una alternativa viable para enfrentar esta problemática, ya que permite identificar y eliminar desperdicios, reducir tiempos improductivos y estandarizar procesos a partir del análisis de datos concretos. A través de estas metodologías, la empresa podría optimizar la trazabilidad de los materiales, automatizar parte de su gestión logística y fortalecer la toma de decisiones basada en resultados medibles. El valor de este proyecto radica en su contribución práctica y científica al campo de la mejora continua en las PYMES del sector de la construcción, donde aún existe escasa aplicación de herramientas de gestión modernas. Además, busca demostrar que la aplicación de Lean Six Sigma no se limita a grandes corporaciones, sino que también puede adaptarse de forma efectiva a empresas locales, generando un impacto positivo en su competitividad, productividad y sostenibilidad. En este sentido, la propuesta no solo beneficiará a la empresa en estudio, sino que también servirá como referencia para otras organizaciones del sector que enfrentan problemas similares y buscan fortalecer su cadena de suministro mediante metodologías estructuradas y eficientes.

### **1.3 GRUPO OBJETIVO BENEFICIARIO**

**Empresa constructora eléctrica (Guayaquil):** La propuesta se orienta a una empresa dedicada a construcción eléctrica, diseño y mantenimiento de sistemas eléctricos, para que optimice su cadena de suministro mediante Lean Six Sigma y logre una operación más ordenada, medible y consistente en la gestión de materiales y recursos.

**Control de inventario:** Este departamento podrá mejorar la precisión del registro, reducir diferencias entre existencias físicas y documentadas, y sostener un control más confiable de entradas, salidas y disponibilidad, disminuyendo pérdidas, faltantes y sobreabastecimientos.

**Despacho:** El área de despacho contará con procesos más estandarizados para preparar y entregar materiales, lo cual reduce errores en pedidos, reprocesos por entregas incompletas y tiempos de espera en obra, fortaleciendo el cumplimiento de requerimientos internos.

**Logística:** La logística podrá coordinar traslados y entregas con mayor previsibilidad, reduciendo movimientos innecesarios y demoras, y logrando tiempos de respuesta más ágiles gracias a una mejor planificación y control del flujo de materiales.

**Compras:** Compras dispondrá de información más clara para programar abastecimientos, priorizar materiales críticos y reducir compras urgentes, mejorando la relación costo–tiempo y disminuyendo el impacto de retrasos por falta de insumos.

**Almacenamiento:** El almacén podrá trabajar con mayor orden y control visual, mejorando la ubicación, identificación y manipulación de materiales, lo que reduce tiempos de búsqueda, deterioro por manejo inadecuado y desorganización operativa.

**Cultura de mejora continua:** La implementación fomenta una cultura organizacional enfocada en la mejora continua, al introducir rutinas de seguimiento, estándares de trabajo y toma de decisiones basada en datos, reduciendo desperdicios operativos y elevando la coordinación interna.

**Clientes:** De manera indirecta, los clientes se beneficiarán por contar con procesos más confiables, menos retrasos asociados a materiales y una atención con tiempos de respuesta más consistentes, lo que mejora la calidad percibida del servicio.

**Proveedores:** Los proveedores también se beneficiarán de una coordinación más clara en solicitudes, entregas y recepción, con menos cambios de última hora y mayor previsibilidad, lo que fortalece la relación comercial y la continuidad del abastecimiento.

**PYMES del sector construcción en Guayaquil:** El proyecto puede servir como referencia práctica para otras PYMES del sector, al mostrar un modelo de mejora replicable que integra estandarización, control por indicadores y reducción de desperdicios en procesos de suministro.

## **1.4 OBJETIVO GENERAL**

Proponer la implementación de metodologías Lean Six Sigma para la mejora de la cadena de suministro en una empresa constructora de la ciudad de Guayaquil, con el fin de optimizar los procesos de control de inventario, despacho, logística, compras y almacenamiento.

### **1.4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar la situación actual de la cadena de suministro de la empresa constructora, identificando las principales deficiencias y oportunidades de mejora en sus procesos operativos.
- Determinar los factores y causas que generan ineficiencias, retrasos y desperdicios dentro de la gestión de inventarios, logística y despacho de materiales.
- Aplicar las herramientas y principios de las metodologías Lean y Six Sigma para diseñar una propuesta de mejora orientada a la estandarización y automatización de los procesos.
- Evaluar los posibles impactos de la propuesta en términos de eficiencia operativa, reducción de costos, optimización de tiempos y fortalecimiento de la competitividad empresarial.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Cadena de suministro en empresas constructoras eléctricas de Guayaquil

La cadena de suministro en una empresa constructora eléctrica se entiende como el sistema de decisiones y actividades que convierte necesidades de obra en materiales disponibles, equipos instalados y entregables verificados, manteniendo continuidad pese a cambios en frentes de trabajo, restricciones de acceso y variaciones del cronograma. En este tipo de organización, el consumo de conductores, tuberías, bandejas portacables, tableros, luminarias, protecciones, conectores, herrajes y consumibles se concentra en picos asociados a hitos de ejecución, inspecciones y entregas parciales, por lo que la demanda interna suele presentar saltos y reprogramaciones (Aguanche Z, 2018).

Esa característica vuelve crítica la coordinación entre inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho, porque la falta de una sola familia de materiales puede detener una cuadrilla completa, generar pérdida de horas hombre y obligar a replanificar tareas con impacto en calidad y seguridad.

Una cadena de suministro eficaz en construcción eléctrica no se limita a comprar con buen precio, también implica garantizar disponibilidad con trazabilidad, minimizar interrupciones, reducir reprocesos y sostener tiempos de respuesta coherentes entre áreas. Cuando los procesos de inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho se manejan con registros dispersos y criterios variables, aparecen tres efectos que se retroalimentan.

- Primero, crece la incertidumbre sobre existencias reales y ubicación, lo que obliga a duplicar verificaciones, pedir de más o detener despachos por falta de certeza.
- Segundo, se normalizan urgencias y despachos reactivos, lo que incrementa transporte, horas extra y errores por presión.
- Tercero, se acumulan desviaciones pequeñas, como códigos duplicados, unidades

inconsistentes o recepciones sin control, hasta convertirlas en fallas visibles para obra, como faltantes, devoluciones y retrasos que afectan el avance físico.

Para analizar la situación actual, conviene representar la cadena de suministro como un flujo que inicia con la planificación de materiales y termina con la confirmación de entrega en obra y el procesamiento de retornos. En empresas constructoras eléctricas, la cadena suele organizarse alrededor de cinco macroprocesos. Planificación de necesidades asociada a planos, metrados y cronograma. Abastecimiento y compras con selección de proveedores, negociación y gestión de órdenes. Recepción y almacenamiento con verificación, registro, ubicación y preservación de materiales. Preparación y despacho con picking, consolidación, control documental y entrega. Logística y retorno con transporte, coordinación de rutas, devoluciones y reingreso al stock (Gómez R, 2020). La comprensión de estos macroprocesos aporta una estructura clara para el primer objetivo específico, porque permite ubicar dónde se generan deficiencias operativas y dónde existen oportunidades de mejora en continuidad, precisión y tiempos de ciclo.

**Tabla 1**

*Estructura operativa de la cadena de suministro en construcción eléctrica*

<b>Macroproceso</b>	<b>Actividades típicas</b>	<b>Entradas principales</b>	<b>Salidas principales</b>	<b>Riesgos frecuentes</b>
<b>Planificación de materiales</b>	cálculo de cantidades, liberación por frente, programación	planos, metrados, cronograma	lista de requerimientos por semana	subestimación, cambios no controlados
<b>Compras y abastecimiento</b>	cotización, orden, seguimiento, coordinación de entrega	requerimientos, catálogo, acuerdos	órdenes emitidas, fechas confirmadas	compras urgentes, quiebres por demora
<b>Recepción y almacenamiento</b>	recepción física, verificación, registro, ubicación	facturas, guías, materiales	stock disponible, registro actualizado	errores de registro, ubicación incorrecta
<b>Preparación y despacho</b>	picking, consolidación,	solicitud interna, stock	entrega a obra, documentación	entregas incompletas,

	embalaje, control y entrega			duplicidad de documentos
<b>Logística y retorno</b>	transporte, reprogramación, retorno, devoluciones	rutas, confirmaciones, sobrantes	cierre de entrega, devolución procesada	pérdidas en transporte, demora en retorno

La cadena de suministro debe mirarse como sistema, porque optimizar un área aislada puede empeorar el desempeño total. Si compras prioriza volumen para bajar precio, puede elevar inventario y saturar almacenamiento. Si almacén reduce personal para bajar costo, puede aumentar tiempo de despacho y generar esperas en obra. Si logística busca consolidar rutas para ahorrar transporte, puede retrasar entregas críticas. Por ello, un marco teórico orientado a Lean Six Sigma exige comprender relaciones entre procesos y reconocer que el objetivo no es solo eficiencia local, sino desempeño global medible. En el proyecto, esta visión sistémica orienta a identificar cuellos de botella, puntos de control y fallas de coordinación que explican retrasos y desperdicios, evitando explicaciones simplistas basadas solo en un área o en una causa aparente (Zulem Vásquez, 2024).

## **2.2 Procesos operativos y desempeño en inventarios, compras, almacén y despacho**

El desempeño de la cadena de suministro se expresa mediante indicadores que conectan operación con resultados, lo cual ayuda a construir una línea base y, después, verificar el impacto de una mejora. En construcción eléctrica, los indicadores más útiles se relacionan con disponibilidad, exactitud, velocidad, estabilidad y costo. Disponibilidad se observa en la capacidad de atender solicitudes internas sin retraso por falta de stock. Exactitud se refleja en la diferencia entre inventario físico y registro en sistema. Velocidad se mide con tiempos de ciclo de compras, recepción y despacho. Estabilidad se identifica cuando esos tiempos varían poco y se vuelven predecibles. Costo se analiza con compras urgentes, pérdidas, devoluciones, reprocesos y capital inmovilizado en inventario. Estos criterios permiten que el diagnóstico sea técnico, porque no se limita a percepciones, sino que establece medidas que se pueden mejorar

y sostener (Barberá, 2024).

Inventario cumple una función de amortiguación frente a la variación de consumo y a la incertidumbre del proveedor, pero inventario sin control se vuelve un costo oculto. Cuando se compra sin criterio, se inmoviliza capital, se saturan bodegas y aumenta el riesgo de obsolescencia, sobre todo en componentes que cambian por norma, por especificación del cliente o por actualización tecnológica. Cuando se compra tarde, se genera urgencia, sobreprecio y riesgo de incumplimiento en obra. El reto consiste en equilibrar disponibilidad y costo, con reglas que respondan al consumo real y a la criticidad del material. En empresas constructoras eléctricas, este equilibrio se complica por la coexistencia de materiales estándar y materiales especiales, por lo que el control debe diferenciar familias repetitivas de ítems de compra por proyecto, evitando aplicar una única regla para todo el portafolio (Mora Carmigniani, 2024).

El ciclo de compras se compone de etapas donde suelen concentrarse retrasos y variabilidad. Emisión de solicitud interna. Validación técnica y presupuestaria. Cotización y comparación. Emisión de orden. Confirmación del proveedor. Entrega física. Recepción y registro. En organizaciones con bajo nivel de estandarización, las demoras aparecen por validaciones repetidas, aclaraciones técnicas, falta de catálogo maestro, ausencia de proveedores alternos y seguimiento informal.

Cuando existe estandarización, se clarifican criterios y se reduce la fricción, porque la solicitud tiene código, unidad, especificación y prioridad definida. Desde la perspectiva del segundo objetivo específico, el análisis de compras permite identificar causas de retrasos y desperdicios, distinguiendo problemas de proceso, problemas de información y problemas de abastecimiento externo, ya que cada uno demanda una respuesta diferente en la propuesta de mejora.

Almacén es el punto donde se materializa el control operativo y donde se evidencia la disciplina diaria. Su función no es guardar, sino asegurar disponibilidad con rapidez y precisión, cuidando

el estado del material y reduciendo el riesgo de pérdida. Para ello se requiere codificación consistente, ubicación definida, señalización, control de entradas y salidas, conteos cíclicos y registro oportuno. Un almacén que opera con ubicaciones variables aumenta tiempos de búsqueda y errores de picking. Un almacén con códigos duplicados o unidades inconsistentes provoca registros incorrectos incluso cuando el personal trabaja con esfuerzo. En construcción eléctrica, el almacén también debe considerar condiciones de preservación, porque cables, luminarias y equipos pueden deteriorarse por humedad, golpes o exposición, lo que transforma un problema logístico en un problema de calidad y costo por reposición (Naranjo Supo, 2023).

Despacho es la interfaz entre cadena de suministro y ejecución de obra. Un despacho confiable entrega completo, correcto y a tiempo, manteniendo coherencia entre lo solicitado, lo preparado y lo recibido. En construcción eléctrica, los pedidos suelen mezclar materiales de diferentes familias, por lo que el picking depende de la organización del almacén y de la claridad de la solicitud. Si la solicitud interna no incluye código, unidad y descripción coherente, crece el riesgo de interpretación y sustitución no autorizada, lo cual se convierte en desperdicio, porque aparecen devoluciones, correcciones y desplazamientos adicionales. Un despacho confiable también requiere evidencia de entrega y confirmación, ya que la trazabilidad reduce conflictos internos y permite que el inventario refleje la realidad, lo cual impacta en compras y en planificación.

**Tabla 2**

*Indicadores técnicos para diagnosticar inventario, compras y despacho*

<b>Indicador</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Fórmula básica</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango de referencia práctico</b>
<b>Exactitud de inventario</b>	coincidencia entre físico y registro	ítems correctos dividido para ítems auditados	porcentaje	90 a 99
<b>Rotación de inventario</b>	velocidad de consumo del stock	consumo anual dividido para inventario promedio	veces por año	3 a 12
<b>Nivel de servicio</b>	pedidos atendidos	pedidos completos	porcentaje	85 a 98

<b>interno</b>	sin faltantes	dividido para pedidos totales		
<b>Lead time de compra</b>	días desde solicitud a recepción	fecha de recepción menos fecha de solicitud	días	3 a 30
<b>Tiempo de ciclo de despacho</b>	minutos desde liberación a entrega	hora de entrega menos hora de liberación	minutos	30 a 240
<b>Tasa de devoluciones</b>	devoluciones por error o exceso	devoluciones dividido para entregas	porcentaje	0.5 a 5

Los rangos de referencia se interpretan como metas orientativas y se ajustan a la complejidad del proyecto, al tamaño del portafolio de materiales y a la condición del mercado. Una empresa con alto uso de importaciones tendrá lead time mayor y variación más alta, por lo que la planificación y el inventario de seguridad toman mayor relevancia. Una empresa con proveedores locales y entregas frecuentes puede reducir inventario y elevar rotación. La medición es útil cuando se mantiene constante la definición del indicador y se evita cambiar la regla para mostrar resultados. En este proyecto, la medición se integra como requisito para evaluar impactos, porque sin una línea base no es posible atribuir mejoras a la implementación Lean Six Sigma, y se corre el riesgo de basar decisiones en impresiones o en eventos aislados (Barberá, 2024).

### **2.3 Enfoque Lean aplicado a la cadena de suministro en construcción**

Lean es un enfoque de mejora que busca maximizar valor eliminando desperdicio y creando flujo. En una empresa constructora eléctrica, el cliente puede ser externo, como un contratante, y también interno, como el frente de obra que requiere material para continuar. Lean aporta un lenguaje para observar el trabajo real y separar lo que agrega valor de lo que consume recursos sin aportar al objetivo. El desperdicio en cadena de suministro se manifiesta como esperas por aprobación, recorridos innecesarios en bodega, movimientos repetidos, transporte adicional, inventario excesivo, reprocesos por documentación incompleta y defectos en preparación de pedidos. En construcción, una parte importante del desperdicio se oculta tras la urgencia diaria,

por lo que Lean resulta útil porque obliga a mirar el proceso, no solo el resultado inmediato de apagar incendios (Avelino, 2021).

El principio de valor exige definir qué es valioso para el flujo de materiales hacia obra. Valioso suele significar disponibilidad con exactitud, seguridad en el manejo, documentación completa y rapidez de atención. El principio de flujo invita a reducir interrupciones entre actividades, evitando que un requerimiento se estanque entre compras y almacén. El principio de sistema pull propone reponer con base en consumo real y señales simples, en lugar de empujar compras por intuición o por presión de urgencia. El principio de perfección establece que el sistema se mejora de manera continua, mediante ciclos cortos de aprendizaje y estandarización. Para una empresa constructora eléctrica, estos principios permiten replantear hábitos, como comprar por acumulación o despachar sin confirmación, y reemplazarlos por prácticas que reduzcan variación y aumenten confiabilidad (Gutiérrez Andía, 2024).

La aplicación de Lean a inventarios y despachos se apoya en herramientas que responden al tercer objetivo específico, porque permiten diseñar estandarización y automatización gradual. El mapeo de flujo de valor representa el proceso de punta a punta y expone tiempos de proceso y tiempos de espera. La gestión visual facilita que el estado del sistema se entienda sin depender de consultas extensas, por ejemplo, mediante ubicación señalizada, conteo visible y tableros de pedidos.

El trabajo estandarizado define la mejor forma conocida de ejecutar una tarea en condiciones normales, lo cual reduce variación y facilita entrenamiento. 5S ordena el espacio y reduce tiempos de búsqueda, lo cual es especialmente relevante en almacenes con alta diversidad de ítems. La lógica Lean también propone reducir lotes de transferencia cuando la operación lo permite, porque lotes grandes suelen generar acumulación y esconden errores hasta que el daño ya está hecho (Mora Carmigniani, 2024).

### ***2.3.1 Desperdicio en cadena de suministro***

Desperdicio se define como cualquier actividad que consume recursos y no incrementa el valor percibido por el cliente, ya sea por no transformar el producto, no mejorar su disponibilidad o no reducir riesgo. En cadena de suministro, desperdicio incluye inventario que no se usa, doble registro, recorridos innecesarios en bodega, esperas por autorización, corrección de errores en guías y devoluciones por picking incorrecto. Identificar desperdicio no busca culpables, busca evidenciar dónde el proceso obliga al personal a trabajar más de lo necesario para conseguir el mismo resultado (Aucasime G, 2025).

### 2.3.2 Estandarización operativa

Estandarización se define como el conjunto de reglas, métodos y formatos que garantizan que una tarea se ejecute de manera consistente, medible y repetible, con variación controlada y criterios claros de calidad. En inventario y despacho, estandarizar implica códigos únicos, unidades definidas, formatos de solicitud, rutas de picking, puntos de verificación y tiempos objetivo, de modo que el desempeño no dependa de la persona que atiende, sino del sistema que guía el trabajo y facilita el control. La estandarización también incluye criterios de excepción, porque en construcción existen urgencias reales, pero la excepción debe quedar documentada para no convertirse en regla (Mora Carmigniani, 2024).

### Tabla 3.

*Ejemplo técnico de clasificación ABC para materiales típicos de obra eléctrica*

Clase	Porcentaje de ítems	Porcentaje del valor anual	Política sugerida	Frecuencia de conteo
A	10	70	control estricto, reposición por punto y autorización	semanal
B	20	20	control medio, reposición programada	mensual
C	70	10	control simple, reposición periódica	trimestral

La clasificación ABC permite enfocar esfuerzo donde el impacto económico es mayor. En una empresa constructora eléctrica, un conjunto pequeño de ítems concentra gran parte del valor

anual, como conductores de gran sección, tableros, interruptores principales, contactores y equipos de protección. Gestionar esos ítems con conteos frecuentes y reglas de reposición reduce riesgo de quiebres y compras urgentes. Para ítems de bajo valor, como cintas, bridas, tornillería o consumibles, el objetivo principal es simplicidad y disponibilidad, evitando controles costosos que consumen tiempo sin generar beneficio equivalente (Avelino, 2021).

#### **2.4 Six Sigma y control de variación en procesos logísticos**

Six Sigma es una metodología orientada a reducir variación y defectos mediante decisiones apoyadas en datos y análisis de causas. En la cadena de suministro, un defecto puede ser una entrega incompleta, un código mal registrado, una recepción sin verificación, una orden con especificación equivocada o un despacho sin confirmación. La variación se expresa como tiempos de compra que cambian sin patrón, diferencias recurrentes entre inventario físico y registro, o tasas de devoluciones que suben y bajan sin explicación. Para una empresa constructora eléctrica, la variación no solo afecta costo, también afecta planificación, porque un sistema variable obliga a construir cronogramas con holguras y a gestionar urgencias, lo cual deteriora productividad y coordinación entre áreas (Gómez R, 2020).

El enfoque DMAIC organiza el trabajo de mejora en cinco fases. Definir establece el problema, el cliente interno, el alcance y la meta. Medir construye datos confiables y una línea base. Analizar identifica causas raíz y valida hipótesis. Mejorar diseña e implementa soluciones. Controlar sostiene el resultado con monitoreo, estandarización y respuesta a desviaciones. En una empresa constructora eléctrica, DMAIC permite integrar compras, almacén y despacho alrededor de un problema común, evitando que cada área trabaje con objetivos contradictorios. Esta estructura metodológica aporta orden al proyecto, porque alinea el diagnóstico, la selección de herramientas y la evaluación de impacto, lo cual se relaciona con el tercer y cuarto objetivo específico, ya que la mejora no se plantea como una lista de ideas, sino como un conjunto de acciones justificadas por datos y sostenidas por control (Carrillo-Landazabal,

2022).

La medición en Six Sigma requiere definir oportunidades de defecto. En un pedido con diez ítems, cada ítem representa una oportunidad de entregar incorrecto. Si se despachan cien pedidos al mes con diez ítems promedio, existen mil oportunidades de defecto. Si se detectan quince errores, el desempeño se calcula como defectos por millón de oportunidades. Esta lógica permite comparar periodos y evaluar mejoras, porque estandariza la medición, aunque cambie el número de pedidos. El análisis puede complementarse con herramientas de control estadístico, como gráficas de control para tiempos de ciclo o para tasas de devoluciones, diferenciando variación normal de eventos especiales que requieren acción inmediata. Cuando el sistema aprende a distinguir estas variaciones, se vuelve más estable y predecible, lo cual reduce urgencias y fortalece la coordinación entre áreas (Gómez R, 2020).

**Tabla 4.**

*Conversión técnica entre nivel sigma y defectos por millón de oportunidades*

<b>Nivel sigma</b>	<b>DPMO aproximado</b>	<b>Rendimiento aproximado</b>	<b>Interpretación operativa</b>
<b>2</b>	308537	69.15%	desempeño inestable, alto reproceso
<b>3</b>	66807	93.32%	desempeño aceptable con errores visibles
<b>4</b>	6210	99.38%	desempeño robusto para operaciones repetitivas
<b>5</b>	233	99.98 %	errores raros, control disciplinado
<b>6</b>	3.4	99.9997%	desempeño de clase mundial

El aporte de Six Sigma al segundo objetivo específico se evidencia cuando se busca determinar factores y causas de ineficiencias, retrasos y desperdicios. Un retraso no es solo un número de días, también es una señal de variación. Si una compra tarda cinco días en promedio, pero a veces tarda quince, la operación no puede planificar con confianza. La metodología plantea identificar variables que explican esa dispersión, por ejemplo aprobaciones tardías, falta de stock del proveedor, errores en la especificación, cambios de alcance, retrasos en transporte o

fallas en recepción. Una vez identificadas, se seleccionan acciones que ataquen causas raíz, no síntomas. En cadena de suministro, eso suele significar estandarizar solicitudes, definir catálogos, acordar niveles de servicio con proveedores, introducir verificación en recepción y establecer control de despachos con evidencia, medidas que pueden reducir defectos y estabilizar tiempos (García Arévalo, 2024).

## **2.5 Integración Lean Six Sigma para diseñar propuestas de mejora**

Lean y Six Sigma se complementan cuando el proyecto exige velocidad y precisión a la vez. Lean reduce desperdicio y simplifica el flujo, haciendo visible dónde el proceso se detiene. Six Sigma reduce variación y defectos, garantizando que el método sea estable y que el resultado se sostenga. En cadena de suministro, la integración se observa en un diseño donde se estandariza la solicitud interna, se organiza el almacén con 5S, se introduce señal pull para reposición de materiales críticos y se define un sistema de control con indicadores y límites aceptables (Aucasime G, 2025).

La integración también mejora la comunicación interna, porque las áreas comparten definiciones, metas y datos, en lugar de trabajar con versiones distintas de la realidad. Esta lógica es coherente con el objetivo general del proyecto, ya que la optimización no se limita a un solo proceso, sino que busca mejorar control de inventario, despacho, logística, compras y almacenamiento como un conjunto coordinado (Llamas Fernández, 2018).

Para analizar la situación actual, el marco teórico sugiere partir de la voz del cliente interno y traducirla en requerimientos críticos para la calidad. Entrega completa, disponibilidad, rapidez y trazabilidad suelen aparecer como prioridades. Luego se construye un mapa del proceso real y se mide desempeño con indicadores. Para determinar factores y causas, se combinan herramientas de causa efecto, Pareto y análisis de variación, distinguiendo causas comunes de causas especiales. Para aplicar herramientas y principios en el diseño, se seleccionan soluciones que ataquen causas raíz y que sean viables en el contexto de la empresa, evitando propuestas

que dependan de cambios imposibles o de inversiones que no responden al problema principal. Para evaluar impactos, se definen metas, se estiman beneficios y se diseñan controles que sostengan la mejora, porque sin control se regresa al método anterior por presión diaria (Perez Arevalo, 2024).

## **2.6 Gestión de inventarios con enfoque cuantitativo y operativo**

La teoría de inventarios aporta criterios para decidir cuánto pedir, cuándo pedir y qué nivel de seguridad mantener. En construcción eléctrica, la demanda no es completamente estable, por lo que el inventario de seguridad se vuelve relevante para materiales críticos y repetitivos. Un enfoque práctico consiste en definir materiales repetitivos con consumo frecuente y asignarles punto de reorden, mientras que materiales especiales se compran por proyecto con seguimiento específico. El punto de reorden se entiende como el nivel de existencia que, al alcanzarse, activa reposición para cubrir demanda durante el tiempo de abastecimiento y un margen de seguridad. Esta regla reduce urgencias, porque reemplaza decisiones reactivas por una señal controlada, y se complementa con una disciplina de registro que mantenga el nivel de existencia real, no estimado (Balanta L, 2023).

Un modelo común para decidir cantidad es el lote económico de compra, que equilibra costo de ordenar y costo de mantener. Aunque la obra no siempre permite aplicar el modelo de forma estricta, sirve como referencia para evitar extremos, como comprar muy poco y pagar transporte repetido, o comprar demasiado y saturar bodega. En el plano operativo, la prioridad es que los materiales de clase A tengan control estricto y que exista disciplina de conteo cíclico. El conteo cíclico no pretende contar todo cada vez, pretende aumentar confiabilidad de datos con pequeñas verificaciones frecuentes, priorizando ítems críticos y ubicaciones de mayor movimiento. Un inventario confiable alimenta compras y despacho con información consistente, lo cual reduce reprogramaciones y acelera decisiones, preparando la base para automatización, ya que un sistema automatizado depende de datos confiables y reglas claras

(Gutiérrez Andía, 2024).

## **2.7 Evaluación de impactos y competitividad asociada a la mejora**

La evaluación de impactos se vincula con el cuarto objetivo específico y requiere traducir mejoras operativas a resultados relevantes. Eficiencia operativa se observa en reducción de tiempos de ciclo y en aumento de productividad, porque se invierte menos tiempo en búsqueda, corrección y traslado. Reducción de costos se identifica en menor compra urgente, menor desperdicio por daño, menor costo por reproceso y menor inventario inmovilizado. Optimización de tiempos se mide con lead time de compras y con tiempos de despacho hacia obra. Competitividad se relaciona con capacidad de cumplir plazos, responder a cambios y sostener calidad del servicio, porque un flujo de materiales estable reduce interrupciones y mejora desempeño frente al cliente. En empresas constructoras eléctricas, un aumento pequeño en confiabilidad de abastecimiento puede traducirse en mayor cumplimiento de cronogramas y menor presión sobre supervisión y cuadrillas.

Un enfoque sólido para evaluar impactos es definir una línea base antes de intervenir, establecer metas realistas y medir después con la misma regla. Si la exactitud de inventario sube, se espera disminución de compras urgentes y de sustituciones no planificadas. Si el tiempo de ciclo de despacho baja, se espera menos espera en obra y menor presión por urgencias. Si la tasa de devoluciones baja, se espera menos reproceso y mejor trazabilidad. Estas relaciones deben verificarse con datos, porque el entorno de construcción introduce factores externos, como cambios de alcance, restricciones de ingreso o disponibilidad de personal. Por esa razón, el marco teórico reconoce que la evaluación no debe depender de un solo indicador, sino de un conjunto coherente que refleje costo, tiempo y calidad del flujo, permitiendo interpretar resultados de manera equilibrada y tomar decisiones sobre estandarización definitiva y expansión a otros procesos.

## **2.8 Herramientas de diagnóstico alineadas con los objetivos específicos**

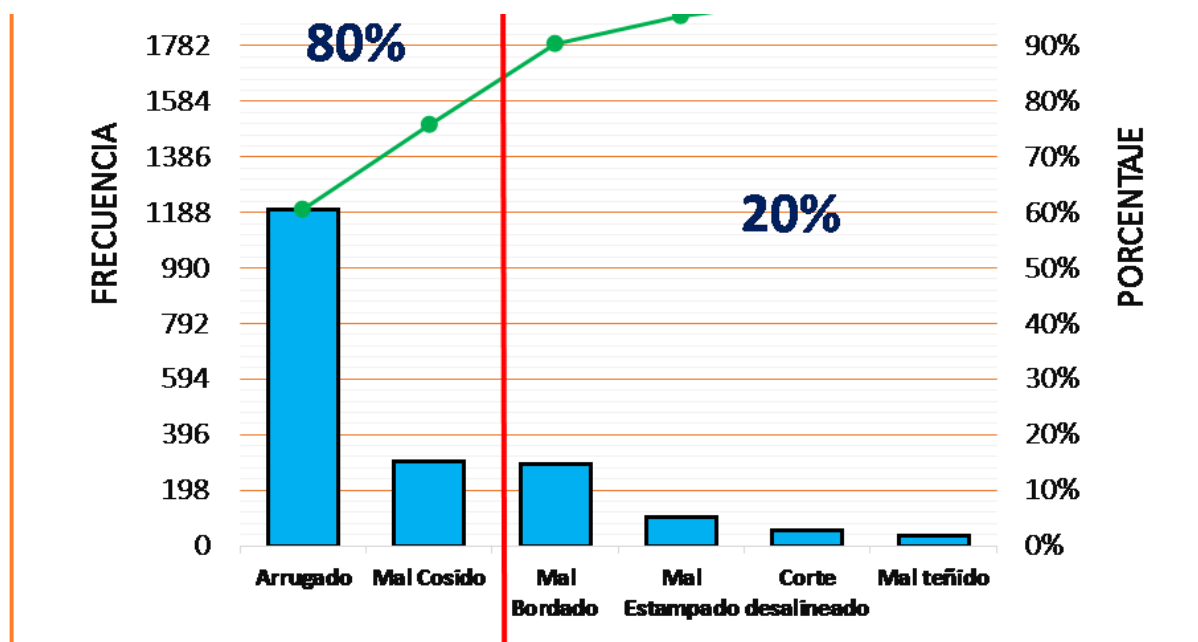
El diagnóstico técnico de la cadena de suministro necesita instrumentos que permitan describir el proceso tal como ocurre y, al mismo tiempo, cuantificar sus resultados. Un recurso inicial es SIPOC, que resume proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes internos, útil para delimitar alcance y evitar que el análisis se disperse hacia temas secundarios. Para capturar variación, se emplean hojas de verificación que registran tiempos de recepción, tiempos de aprobación, tiempos de preparación de pedidos y causas de espera, con lo cual se construye evidencia para comparar semanas, frentes y tipos de materiales (Naranjo Supo, 2023).

Estas hojas permiten detectar si los retrasos se concentran en aprobaciones, en entrega del proveedor o en recepción, y facilitan seleccionar acciones específicas como estandarización de solicitud, acuerdos de entrega o verificación de ingreso. En la priorización de problemas, el diagrama de Pareto ayuda a diferenciar lo frecuente de lo anecdótico, ordenando causas por su contribución a errores de despacho, diferencias de inventario o retrasos de compras. El diagrama de causa efecto organiza hipótesis en categorías operativas como método, personas, materiales, medición, entorno y equipos, y facilita que el equipo discuta con base en evidencia observable. La técnica de los cinco porqués permite profundizar hasta llegar a una causa controlable, evitando quedarse en explicaciones superficiales como falta de tiempo o urgencia. Cuando estas herramientas se aplican con datos, se reduce el riesgo de diseñar soluciones que atacan síntomas, y aumenta la probabilidad de proponer cambios estandarizables, medibles y sostenibles, que es el núcleo del enfoque Lean Six Sigma (Avelino, 2021).

Un análisis complementario en almacén es el diagrama de recorrido, también conocido como diagrama espagueti, que visualiza desplazamientos del personal durante picking, reposición y recepción. Cuando el recorrido es largo y repetitivo, suele existir oportunidad de rediseñar ubicaciones, separar materiales por rotación y definir rutas estándar. En despachos, una lista de verificación previa a la entrega actúa como control preventivo, reduciendo defectos sin requerir inspecciones posteriores y reforzando la responsabilidad compartida entre almacén y obra.

Figura 1

Diagrama de Pareto



## 2.9 Diseño del diagnóstico operativo para identificar brechas y oportunidades de mejora

El diagnóstico de la cadena de suministro debe describir el trabajo real tal como ocurre en campo y bodega, debido a que la operación combina cambios de frente, reprogramaciones, restricciones de acceso y variaciones de consumo que alteran la secuencia ideal del cronograma. Un diagnóstico bien planteado permite cumplir el primer objetivo específico porque explica la situación actual con evidencia, y al mismo tiempo construye una base para que la propuesta de mejora no se apoye en percepciones aisladas sino en patrones repetibles que se puedan medir y controlar. La prioridad del diagnóstico no es recopilar mucha información, sino capturar la información correcta que explique fallas recurrentes en inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho (Panamá Perugachi, 2023).

El punto de partida consiste en delimitar el flujo crítico transversal que conecta solicitud interna, liberación de stock o compra, recepción, ubicación, picking, despacho, confirmación de entrega y tratamiento de devoluciones. Ese flujo se recomienda segmentarlo por criticidad

y comportamiento de consumo para evitar reglas únicas que producen errores. Un grupo incluye materiales repetitivos de alta rotación como conductores, canalizaciones, conectores y consumibles. Un grupo incluye materiales de rotación media definidos por especificación de proyecto como luminarias particulares, canaletas específicas o accesorios con marca determinada. Un grupo incluye materiales críticos o de largo plazo como tableros principales, equipos de protección, transformadores o equipos importados. Esta segmentación permite observar dónde faltan señales de reposición, dónde se producen errores por codificación o manipulación, y dónde la planificación debe anticiparse por tiempos de compra y disponibilidad del mercado (Llamas Fernández, 2018).

El diagnóstico se ejecuta con cuatro frentes coordinados.

- El primer frente describe el flujo de información y documentos desde la solicitud hasta la salida, verificando si existen formatos únicos, códigos oficiales, reglas de aprobación, trazabilidad de cambios y consistencia de unidad.
- El segundo frente describe el flujo físico en bodega desde recepción hasta ubicación y despacho, observando recorridos, esperas, reubicaciones y puntos de control.
- El tercer frente mide desempeño con indicadores como exactitud de inventario, pedidos completos, devoluciones, compras urgentes y tiempos de ciclo de despacho.
- El cuarto frente identifica restricciones como saturación de espacio, ausencia de señalización, baja disciplina de registro y variación en criterios de aprobación, ya que esas restricciones explican por qué ciertas fallas se repiten incluso cuando el personal intenta resolverlas con esfuerzo.

### **Tabla 5.**

*Descomposición técnica del lead time de compra en días calendario*

<b>Etapa</b>	<b>Actividad principal</b>	<b>Tiempo mínimo</b>	<b>Tiempo máximo</b>	<b>Señal de alerta</b>
<b>Solicitud interna</b>	elaboración y validación básica	1	2	solicitud incompleta

<b>Aprobación</b>	revisión técnica y presupuestaria	1	5	cola de firmas
<b>Cotización</b>	recepción y comparación de ofertas	1	7	especificación ambigua
<b>Orden y confirmación</b>	emisión de orden y fecha confirmada	1	2	confirmación no registrada
<b>Abastecimiento</b>	preparación del proveedor	1	10	quiebre en proveedor
<b>Transporte</b>	traslado a bodega u obra	1	3	ruta improvisada
<b>Recepción y registro</b>	verificación y actualización del stock	1	2	recepción sin control

La descomposición permite separar tiempo de proceso y tiempo de espera. Cuando aprobación y cotización concentran la mayor parte del tiempo, el problema suele ser estandarización de información y criterios, más que capacidad logística. Cuando abastecimiento concentra el mayor tiempo, el problema suele estar en selección de proveedores, inventario de seguridad, acuerdos de servicio o seguimiento de entregas. Cuando recepción se vuelve lenta, la causa suele ser método, orden, espacio y disciplina de verificación. Esta lectura evita conclusiones rápidas porque muestra que un retraso visible en obra puede provenir de una decisión administrativa lenta, de una especificación incompleta o de un control deficiente que genera retrabajo (Auccapuella Mallqui, 2023).

La medición del diagnóstico no debe limitarse al promedio. Dos procesos con el mismo promedio pueden tener comportamientos opuestos. Un despacho que promedia sesenta minutos puede ser estable si casi siempre está cerca de ese valor, o puede ser caótico si algunos días toma veinte minutos y otros toma ciento ochenta. La variación aparece por interrupciones, búsqueda, cambios de prioridad, faltantes, reubicaciones y falta de confirmación. Por ello conviene usar hojas de verificación por turnos con tiempos parciales, tiempo de búsqueda, tiempo de consolidación y tiempo de salida, además de causas de interrupción. Con esa evidencia se identifica qué parte del tiempo agrega valor y qué parte es desperdicio, lo cual

orienta dónde intervenir con Lean Six Sigma.

Figura 2

Hoja de verificación

		<b>CHECKLIST</b>				Código:	6.20-PAP-FOR-020	
		<b>VERIFICACIÓN DE ARRANQUE DE TURNO</b>				Revisión:	001	
						Fecha:	3/16/2020	

GM Complejo Ramos Arizpe Coahuila México

AREA: \_\_\_\_\_ COMPAÑÍA: \_\_\_\_\_ SUPERVISOR: \_\_\_\_\_

SEMANA NO.-	DEL	AL	DEL	DEL	HORARIO DE TRABAJO	ENTRADA	SALIDA	TIEMPO EXTRA HORAS	
			20		-				
No.	PUNTOS A VERIFICAR ANTES DEL ARRANQUE DE LOS TRABAJOS	DIAS DE VERIFICACION							OBSERVACIONES DETECTADAS
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	
1.	REVISIÓN DE LA IMPARTICIÓN DE LA PLÁTICA DE SEGURIDAD DE 5 MINUTOS MEDIANTE LA LISTA DE ASISTENCIA								
2.	LECTURA DE PRE-TASK, DE LAS TAREAS A REALIZAR Y REVISIÓN DE LLENADO DE LA PARTE 8 OBSERVANDO QUE ESTE DEBIDAMENTE FIRMADA Y AUTORIZADA POR TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS								
3.	REVISAR QUE EL PERSONAL CUENTE CON LAS LICENCIAS DE HABILIDADES PARA LAS DISTINTAS DISCIPLINAS PARA REALIZAR LOS TRABAJOS								
4.	REVISAR QUE EL PERSONAL CUENTE CON SU EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL (CASCO, GUANTES, ZAPATOS, GUANTES, CHALECO Y ADICIONALES SEGUN LO REQUIERA LA ACTIVIDAD Y LO PORTEN EN TODO MOMENTO)								
5.	REVISAR LAS CONDICIONES OPTIMAS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA CAIDAS (ARNES DE SEG. Y ACCESORIOS) MEDIANTE CHECK LIST								
6.	SE SOLICITO PERMISO DE AUTORIZACION PARA TRABAJOS EN ALTURAS, ESTA EN SITIO Y DEBIDAMENTE FIRMADO								
7.	SE SOLICITO PERMISO DE CHEPA, CORTE O SOLDADURA Y SE ENCUENTRA EN SITIO								
8.	SE REVISO EL EQUIPO INDIVIDUANDO EL CHECK-LIST CORRESPONDIENTE Y SE VERIFICO QUE CUENTE CON SU PLACA DEBIDAMENTE PEGADA Y VISIBLE								
9.	SE REVISARON LOS ACCESORIOS Y DISPOSITIVOS DE DAJE USANDO EL CHECK-LIST (ESLINAS, GRILLATES O ESTROBOS ETC.)								
10.	EL EQUIPO INDIVIDUENTE CON SUS CALZAS AL ESTAR ESTACIONADO Y CUENTA CON CONOS PARA DELIMITAR EL AREA DONDE SE UBICARÁ.								
11.	SE REVISO QUE LAS AREAS DE TRABAJO SE ENCUENTREN DELIMITADAS O ADECUADAS USANDO BALLAS METALICAS O CADENA DE PLASTICO SEGUN CORRESPONDA								
12.	SE CUENTA EN EL AREA CON TABLERO DE INFORMACION DE SEGURIDAD Y ESTA ACTUALIZADO								
13.	REVISIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE BLOQUEO (CANDADOS, TUBERAS Y TARJETAS CANDADO)								
FIRMA DIARIA DEL SUPERVISOR DE SEGURIDAD O SUPERVISOR DE OBRA									

METODO DE LLENADO CORRECTO  SI NO LE APLICA A LA TAREA QUE SE REALIZA  N/A

SE VERIFICO Y ESTA OK  SE VERIFICO Y EXISTEN OBSERVACIONES  SE VERIFICO Y NO CUMPLE

REALIZO LA VERIFICACION \_\_\_\_\_ SUPERVISOR DE OBRA DE LA COMPAÑÍA: \_\_\_\_\_ Vo.Bo. SEGURIDAD PROYECTO \_\_\_\_\_

NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR DE OBA \_\_\_\_\_ NOMBRE Y FIRMA SUPERVISOR O CONTRATISTA \_\_\_\_\_ NOMBRE Y FIRMA \_\_\_\_\_

## 2.10 Factores y causas de ineficiencias, retrasos y desperdicios en inventario, logística y despacho

Determinar factores y causas requiere separar síntomas de causas raíz. Un síntoma es despacho tardío, pero la causa puede estar en un pedido sin código, en ubicaciones variables, en inventario desactualizado o en compras que no liberó un material crítico por falta de claridad

técnica. Un síntoma es compra urgente, pero la causa puede ser ausencia de punto de reorden, consumos no registrados, seguimiento insuficiente a proveedores o planificación de obra sin coordinación con inventario. Para cumplir el segundo objetivo específico se deben describir causas con lógica operacional, mostrando cómo un error de codificación o un registro incompleto se convierte en retraso, sobre costo o reproceso (Balanta L, 2023).

En inventarios, las causas suelen agruparse en cuatro bloques.

- 3 El primer bloque es codificación y unidad, con códigos duplicados, descripciones inconsistentes y unidades incompatibles, por ejemplo metros, rollos y bobinas sin conversión definida.
- 4 El segundo bloque es disciplina de registro, donde se realizan salidas sin comprobante o se registran después, creando diferencias acumuladas.
- 5 El tercer bloque es política de reposición, donde se compra por presión y no por señal, generando urgencias, recargos y dependencia.
- 6 El cuarto bloque es control de devoluciones, donde materiales retornan sin evaluación de estado, sin registro y sin ubicación definida, provocando inventario fantasma y reclamos cuando el material se necesita de nuevo.

Estos bloques suelen coexistir y por eso la mejora requiere reglas, estándares y hábitos de control.

En almacenamiento, el desperdicio se manifiesta en recorridos largos, búsqueda, reubicaciones repetidas, uso de espacios de paso como almacenamiento temporal y daño por manipulación.

La causa raíz suele ser ausencia de layout por rotación, falta de señalización, saturación de pasillos, mezcla de familias con rotaciones muy distintas y recepción sin criterio de ubicación.

También aparece una causa cultural cuando se tolera el desorden por creer que la prioridad es despachar rápido, aunque el desorden alarga el picking, incrementa errores y aumenta desgaste del personal. En logística, el desperdicio aparece en viajes adicionales, entregas parciales no

planificadas, rutas improvisadas y retornos sin control. La causa raíz suele ser falta de consolidación de pedidos, ausencia de ventanas de entrega por frente y coordinación insuficiente entre obra y bodega (García Arévalo, 2024).

En despacho, la variación crece cuando el picking depende de memoria o cuando el pedido no está estandarizado. Si el pedido se describe con palabras distintas cada vez, el personal interpreta, pregunta, corrige y vuelve a interpretar. Esa fricción se traduce en minutos perdidos que, multiplicados por cientos de líneas, se convierten en horas improductivas. Otra causa recurrente es la falta de control preventivo que detecte errores antes de salir. Cuando la verificación se hace en campo, el costo ya ocurrió porque se pierde tiempo en obra, se generan viajes adicionales y aparece reproceso. Por ello el diagnóstico debe identificar dónde se produce el error, quién lo detecta y en qué momento se corrige, porque corregir tarde siempre es más costoso que prevenir.

#### ***2.10.1. Trazabilidad de materiales***

Trazabilidad se define como la capacidad de reconstruir la historia de un material desde la adquisición hasta la entrega interna, identificando origen, documento asociado, ubicación, responsable del movimiento y destino. La trazabilidad combina códigos únicos, reglas de registro, formatos consistentes y confirmación de entradas y salidas. Este control reduce disputas internas, mejora el costo por proyecto y disminuye pérdidas por extravío.

#### ***2.10.2 Punto de reorden***

Punto de reorden se define como el nivel de inventario que activa una reposición para cubrir la demanda durante el tiempo de reposición, incorporando una reserva de seguridad que absorbe variación. La definición se vuelve operativa cuando se establece por material o familia con unidad oficial, consumo promedio medido y tiempo de reposición actualizado. Esta regla reduce compras urgentes y estabiliza el flujo porque transforma la reposición en una decisión anticipada basada en consumo y plazos reales, no en presiones del día.

## **2.11 Herramientas Lean Six Sigma para diseñar estandarización y automatización gradual**

Diseñar una propuesta orientada a estandarización y automatización implica seleccionar herramientas que ataquen causas raíz y que sean viables para una empresa de tamaño medio. La estandarización funciona como base de la automatización. Si el flujo no tiene reglas claras, la digitalización solo acelera la generación de datos inconsistentes. Por ello la propuesta se recomienda construir por capas. Una primera capa se enfoca en orden, señalización y visibilidad en bodega. Una segunda capa incorpora trabajo estandarizado, control preventivo y reposición por señal. Una tercera capa incorpora automatización gradual y control de datos maestros, aplicando tecnología cuando el proceso ya es coherente y repetible (Benalcázar, 2024).

La herramienta 5S estructura el orden físico. Se separa lo necesario, se define ubicación y señalización, se limpia para detectar anomalías, se estandariza el orden y se sostiene con disciplina. En bodega, 5S reduce tiempos de búsqueda, disminuye daño por manipulación y mejora seguridad. La gestión visual complementa con etiquetas legibles, zonas por familia, señalización de pasillos, límites de apilamiento y tableros simples de pedidos pendientes. En recepción, una lista de verificación asegura que el material se revise, se identifique, se registre y se ubique, evitando que quede en espacios temporales que luego se vuelven permanentes. Este orden impacta inventario, almacenamiento y despacho porque reduce variación y elimina movimientos que no agregan valor (Nope Gómez, 2022).

El mapeo de flujo de valor permite medir tiempos de proceso y tiempos de espera en el flujo completo, mientras que el diagrama de recorrido evidencia desplazamientos reales durante picking, reposición y recepción. Con ambos insumos se ajusta el layout, separando familias de alta rotación cerca de la zona de despacho y asignando ubicaciones fijas. La clasificación ABC guía dónde ubicar y cómo auditar. A y B se ubican en zonas accesibles, C en zonas menos

prioritarias. Esta lógica reduce recorridos, acorta tiempos de picking y mejora conteo cíclico porque se puede verificar inventario crítico con mayor frecuencia sin interrumpir la operación.

**Tabla 6**

*Plantilla de trabajo estandarizado para picking y despacho*

<b>Elemento</b>	<b>Contenido recomendado</b>	<b>Ejemplo operativo</b>
<b>Disparador</b>	pedido liberado	solicitud aprobada
<b>Secuencia</b>	ruta por zonas	zona A luego B luego C
<b>Verificación</b>	código unidad cantidad	revisión cruzada o escaneo
<b>Tiempo objetivo</b>	límite por línea	2 a 5 minutos por ítem
<b>Evidencia</b>	registro de salida	firma y actualización de stock
<b>Excepciones</b>	faltante sustitución retorno	registro obligatorio

*Autor:* Elaboración propia, 2026.

Desde Six Sigma, la estandarización se refuerza con definiciones de defectos y control de variación. Un defecto de despacho puede definirse como línea entregada con cantidad distinta, material distinto o sin confirmación. Un defecto de recepción puede definirse como ingreso sin verificación o registro con unidad incorrecta. Al definir defectos se mide su tasa y se analiza causa con Pareto, diferenciando fallas frecuentes de fallas raras. Luego se diseña un plan de control con límites aceptables y respuestas definidas. Si la tasa de error sube, se revisa el estándar, se observa el trabajo real y se corrigen condiciones que inducen error, como etiquetas confusas, falta de iluminación, ubicaciones temporales o pedidos incompletos. La mejora se sostiene cuando el sistema detecta y corrige, no cuando depende de recordar (Panamá Perugachi, 2023).

**Figura 3***Proceso de la 5S*

*Nota.* Datos tomados de leanconstructionmexico, 2026

## 2.12 Gestión pull y reposición con Kanban en materiales repetitivos

La reposición pull busca reponer en función del consumo real y señales simples, evitando compras reactivas y acumulación. En materiales repetitivos, Kanban puede funcionar como una señal visual y cuantitativa para activar reposición. El diseño de Kanban exige variables básicas. Consumo promedio diario, tiempo de reposición, stock de seguridad y tamaño de contenedor o lote de reposición. Con esas variables se define número de tarjetas. La lógica puede implementarse sin un software complejo, siempre que exista disciplina para actualizar consumos y para respetar el flujo de señal. Cuando se integra con inventario confiable y ubicaciones fijas, Kanban reduce urgencias, mejora disponibilidad y estabiliza compras, conectándose con el tercer objetivo específico porque la herramienta apoya estandarización y prepara automatización (Balanta L, 2023).

**Tabla 7**

*Cálculo operativo de tarjetas Kanban para reposición de un material repetitivo*

Variable	Símbolo	Ejemplo	Unidad
Consumo promedio diario	D	120	unidades por día
Tiempo de reposición	L	5	días
Stock de seguridad	S	180	unidades
Cantidad por contenedor	C	150	unidades
Demanda durante reposición	D por L	600	unidades
Requerimiento total	D por L más S	780	unidades
Número de tarjetas	N	6	tarjetas

*Nota.* Datos tomados de Balanta (2023).

En el ejemplo, se obtienen seis tarjetas porque el requerimiento total dividido para la cantidad por contenedor da 5.2 y se redondea hacia arriba. En la práctica, el resultado se ajusta con observación y control de faltantes, porque la meta no es perfección matemática, sino estabilidad y reducción de urgencias. Si el material presenta picos por liberación de frentes, se puede aumentar stock de seguridad o definir un Kanban adicional por proyecto. Si el proveedor tiene variación alta en entrega, conviene negociar entregas parciales más frecuentes o activar alternativas de suministro. Esta herramienta crea disciplina en compras y reduce variación, lo cual aporta a Six Sigma al disminuir defectos por falta de material.

**Figura 4**

*Tarjeta de Kanban*

Descripción de producto				ID de producto	
<b>Tarjeta Kanban</b>				<b>1/3</b>	
Cantidad	250	Lead time	6 días	Fecha de pedido	
Proveedor	Soluciones Industriales SA			Fecha de entrega	
Solicitado por	J. Pérez		Tarjeta 2 de 3		
			Ubicación	Estantería R8	

*Nota.* Datos tomados de Balanta L. (2023).

### 2.13 Automatización gradual y control de datos maestros

La automatización debe ser gradual y debe enfocarse en los puntos donde el error manual genera mayor costo o mayor variación. Una automatización mínima viable en cadena de suministro suele iniciar con un catálogo maestro de materiales, reglas de codificación, unidades oficiales y equivalencias. Sin datos maestros consistentes, cualquier sistema produce errores porque registra lo que recibe, aunque esté mal definido. Por ello, una parte esencial de la propuesta es definir estructura de datos, campos obligatorios y reglas de validación. Código único, descripción estandarizada, unidad base, familia, criticidad, proveedor preferente, tiempo de reposición y ubicación primaria son campos que facilitan control y medición (Benalcázar, 2024).

La automatización también puede incorporar formatos digitales simples para solicitud interna, recepción y despacho, sin requerir un ERP completo en una primera etapa. Formularios con listas desplegables reducen errores de escritura, obligan a elegir códigos correctos y mejoran trazabilidad. El registro de evidencias mediante confirmación de entrega reduce inventario fantasma y acelera conciliación. Para materiales de alto valor, se puede introducir lectura de códigos de barras o QR como práctica operativa, porque reduce errores de captura y mejora rapidez en movimientos. La automatización, entendida como reducir pasos manuales y aumentar consistencia de datos, conecta con estandarización. Cuando el proceso está claro, el sistema digital se vuelve un medio para sostener la mejora, no un fin.

**Tabla 8**

*Estructura mínima de datos maestros para control de materiales*

<b>Campo</b>	<b>Propósito</b>	<b>Regla operativa</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Código</b>	identificación única	no se repite	CAB 12AWG 100M 01
<b>Descripción</b>	comprensión uniforme	sin abreviaturas ambiguas	Cable cobre 12 AWG rollo 100 m
<b>Unidad base</b>	medición oficial	una sola unidad	metro
<b>Factor de conversión</b>	equivalencias	definido y fijo	1 rollo igual 100 metros
<b>Familia</b>	agrupación	por tipo	conductor

<b>Criticidad</b>	prioridad	A B C	A
<b>Proveedor preferente</b>	abastecimiento	al menos uno	Proveedor X
<b>Tiempo de reposición</b>	de planificación	en días	5
<b>Ubicación primaria</b>	control físico	código de estantería	A 02 03

*Nota.* Datos tomados de Benalcázar (2024).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

La investigación científica se comprendió como un proceso ordenado, verificable y orientado a generar conocimiento útil mediante la observación y el análisis de un fenómeno real, con el propósito de describirlo con precisión, explicar sus causas y proponer soluciones fundamentadas. Dentro de contextos empresariales, la investigación científica no se limitó a laboratorios ni a experimentos complejos, debido a que también se aplicó al estudio de procesos operativos, donde existieron actividades repetitivas, variación en tiempos y resultados, errores recurrentes y desperdicios que afectaron la productividad. En este proyecto, el fenómeno de estudio se situó en la cadena de suministro de una empresa constructora de la ciudad de Guayaquil, donde el control de inventario, la gestión de compras, el almacenamiento, la logística y el despacho determinaron el abastecimiento oportuno de materiales, influyendo en el cumplimiento de plazos, la eficiencia del trabajo en obra y el uso racional de recursos.

La investigación científica permitió convertir problemas cotidianos, como diferencias entre inventario físico y registrado, retrasos en compras, entregas incompletas o devoluciones por errores, en preguntas investigables que se respondieron mediante medición, comparación e interpretación de evidencias. Para lograrlo, se recurrió a técnicas de recolección de datos en el lugar de operación, como la observación directa y la revisión de registros internos, debido a que estas fuentes reflejaron el desempeño real del proceso y ofrecieron trazabilidad sobre tiempos, cantidades, movimientos y decisiones operativas registradas. El aporte principal de la investigación científica en este proyecto se relacionó con su capacidad para reducir subjetividad, ya que priorizó definiciones claras, instrumentos de recolección consistentes, análisis de indicadores y criterios técnicos que facilitaron reproducir el diagnóstico y evaluar los resultados de una propuesta de mejora.

En términos prácticos, el proceso científico aplicado al presente proyecto se resumió en una secuencia lógica que integró levantamiento de información, delimitación del problema y análisis técnico de evidencias. Primero se identificó qué se conoció del problema a partir de documentos y de la observación del flujo de materiales, estableciendo un panorama inicial sobre cómo se ejecutaron inventarios, compras, almacenamiento, logística y despacho, con énfasis en puntos de control, responsables y registros disponibles. Luego se precisó qué se requirió conocer con exactitud, formulando interrogantes enfocadas en dónde se generaron pérdidas de tiempo, qué actividades no agregaron valor, por qué aparecieron faltantes o excesos y cuáles fueron los puntos donde se produjo mayor variación. Después se recopilaron datos de manera sistemática, asegurando coherencia en códigos, unidades, periodos y criterios de registro. Finalmente, se analizaron resultados para describir la situación inicial, identificar causas raíz y diseñar una propuesta Lean Six Sigma viable, medible y sostenible, alineada con los objetivos específicos del estudio.

### **3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN**

Los tipos de investigación se clasifican según su finalidad, profundidad, enfoque de datos y nivel de control sobre variables. Esta clasificación permite seleccionar el enfoque metodológico más coherente con el problema operativo a resolver.

#### **Según su finalidad**

- **Investigación teórica:** busca ampliar conocimiento conceptual y explicar modelos, sin necesidad de aplicarlos de inmediato en un caso real.
- **Investigación aplicada:** se orienta a resolver un problema específico en una organización o contexto real, proponiendo mejoras prácticas y verificables.

#### **Según la profundidad**

- **Exploratoria:** se utiliza cuando existe información limitada y se requiere un acercamiento inicial para reconocer variables relevantes, procesos asociados y

magnitud del problema.

- **Descriptiva:** busca detallar el fenómeno tal como se presenta, identificando sus características, comportamiento y componentes, sin centrarse exclusivamente en probar relaciones causales.
- **Explicativa:** profundiza en relaciones de causalidad, intentando determinar por qué ocurre el problema y cuáles factores lo generan o lo sostienen.

### Según el tipo de datos

- **Cuantitativa:** trabaja con mediciones numéricas, como tiempos, frecuencias, porcentajes y ratios, útiles para comparar periodos y evaluar impactos.
- **Cualitativa:** se enfoca en comprender prácticas reales, criterios de decisión, percepciones y barreras operativas mediante observación.
- **Mixta:** combina información cuantitativa y cualitativa para fortalecer el diagnóstico y evitar conclusiones parciales.

### Según la manipulación de variables

- **Experimental:** manipula variables para observar efectos en condiciones controladas, lo cual requiere diseño de grupos y control de factores externos.
- **No experimental:** analiza situaciones tal como suceden, sin intervención directa del investigador sobre las variables durante la recolección.

### 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN IMPLEMENTADA

El proyecto se desarrolla como una investigación aplicada, debido a que se ejecuta dentro de una empresa real y busca mejorar un problema operativo concreto mediante una propuesta Lean Six Sigma. A nivel de profundidad, el estudio se caracteriza como descriptivo y explicativo, ya que describe el funcionamiento actual de la cadena de suministro y, posteriormente, determina factores y causas que generan ineficiencias, retrasos y desperdicios en inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho.

Respecto al enfoque, se adopta una investigación mixta con predominio cuantitativo, porque el proyecto requiere una línea base medible y comparable, con indicadores que permitan evaluar impactos esperados. La parte cuantitativa se centra en medir exactitud de inventario, nivel de servicio interno, lead time de compra, tiempos de ciclo de despacho, frecuencia de devoluciones y proporción de compras urgentes. La parte cualitativa se enfoca en comprender cómo se realizan las tareas realmente, qué criterios se aplican en la priorización, por qué ocurren errores repetidos y qué condiciones del entorno laboral influyen en la variación. La integración de ambos enfoques fortalece la toma de decisiones, ya que los números muestran la magnitud del problema y la evidencia cualitativa explica el origen y la dinámica operativa que lo mantiene.

#### **3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño del estudio es no experimental, debido a que se analiza la cadena de suministro sin manipular variables durante el diagnóstico. También se considera un estudio de campo, porque la información principal se recoge en el lugar donde se ejecutan las actividades, observando el flujo físico de materiales y el flujo de información, con revisión de documentos internos. Este enfoque es coherente con procesos logísticos, donde los errores o demoras no se explican solo por un dato, sino por cómo interactúan múltiples actividades a lo largo del día, desde la solicitud interna hasta el cierre de una entrega.

Para ordenar el trabajo se adopta una secuencia compatible con Lean Six Sigma mediante el marco DMAIC, aplicado como guía metodológica para pasar del diagnóstico a la propuesta y a la evaluación de impactos.

- **Definir:** delimitar el problema, el alcance, las áreas involucradas y las métricas clave, especificando qué procesos se priorizan y qué se entiende por desempeño aceptable.
- **Medir:** recolectar datos y construir la línea base de indicadores, cuidando consistencia de unidad y definición, para evitar comparaciones erróneas.

- **Analizar:** identificar causas raíz con herramientas de priorización y análisis, diferenciando causas frecuentes de causas esporádicas, y verificando dónde se originan los defectos o retrasos.
- **Mejorar:** diseñar una propuesta con herramientas Lean y Six Sigma orientadas a estandarizar actividades críticas, reducir desperdicios y preparar automatización gradual.
- **Controlar:** proponer indicadores, metas, responsables y rutinas de seguimiento que sostengan el cambio y reduzcan el riesgo de retroceso.

Este diseño se relaciona con los objetivos específicos porque permite describir la situación actual, explicar causas, proponer herramientas y estimar impactos con base en mediciones.

### 3.5. DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los datos del proyecto provienen de fuentes primarias y secundarias. Las fuentes primarias se obtienen en la operación diaria mediante observación del trabajo en bodega y despacho, medición de tiempos y registro de incidencias asociadas al flujo de materiales. Las fuentes secundarias se obtienen de documentación interna disponible, como solicitudes internas, órdenes de compra, guías de recepción, comprobantes de salida, registros de inventario, reportes de devoluciones y evidencias de entrega.

Para garantizar consistencia en la recolección, se elaborarán formatos simples de registro con campos obligatorios, de modo que los datos se capturen con el mismo criterio en diferentes días y por diferentes responsables. Los formatos recomendados se orientan a capturar información mínima, pero suficiente para análisis.

- **Registro de solicitudes internas:** fecha, proyecto o frente, código, unidad, cantidad, prioridad, aprobaciones, observaciones y motivo si se trata de urgencia.
- **Registro de recepción:** fecha, proveedor, documento asociado, cantidades recibidas, diferencias, condición del material, responsable y ubicación asignada.

- **Registro de picking y despacho:** fecha, pedido, cantidad solicitada, cantidad entregada, tiempo de preparación, incidencias, confirmación de entrega y retorno si existió.
- **Registro de incidencias:** faltantes, sustituciones, errores de codificación, daño, reubicaciones, pérdida de tiempo por búsqueda y causas de interrupción.

La información se levantará en periodos representativos que incluyan días de alta demanda y días de operación regular, con el fin de captar variación y evitar conclusiones basadas en un solo comportamiento. La consistencia en los datos es indispensable porque el análisis posterior depende de comparaciones entre tiempos, frecuencias y desempeño antes de proponer mejoras.

### **3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población está constituida por los procesos y actores que intervienen en la cadena de suministro de la empresa, con énfasis en los departamentos de control de inventario, compras, almacenamiento, logística y despacho, además del personal operativo que ejecuta recepción, ubicación, preparación y entrega. Se incluye también la interacción con frentes de trabajo y responsables de obra, ya que las solicitudes internas, prioridades y devoluciones dependen en parte de cómo se planifica y se ejecuta el trabajo en campo.

La muestra se define con muestreo no probabilístico intencional, debido a que el objetivo no es generalizar a un universo estadístico externo, sino estudiar con detalle la operación real de la empresa y capturar los casos que concentran mayor impacto. La selección de la muestra se orienta por criterios operativos.

- Pedidos con mayor número de líneas o con mayor frecuencia, porque son los que más exponen errores de preparación y trazabilidad.
- Materiales de alta rotación y alta criticidad, debido a su impacto en continuidad y costo.
- Procesos con mayor variación observada, por ejemplo, recepción en horas pico o despachos urgentes.

- Personal clave por función, incluyendo quienes aprueban solicitudes, quienes ejecutan compras, quienes gestionan bodegas y quienes realizan entregas.

En términos prácticos, la muestra se materializa como un conjunto de solicitudes internas, órdenes y despachos observados y medidos durante un periodo definido por la empresa.

### 3.7. Técnicas e instrumentos

#### Técnicas de recolección

- **Observación directa:** se observarán actividades de recepción, ubicación, conteo, preparación y despacho para identificar esperas, recorridos, reprocesos, interrupciones y puntos donde se originan errores.
- **Revisión documental:** se analizarán solicitudes, órdenes, guías, comprobantes de salida, registros de inventario y devoluciones para evaluar consistencia, completitud, frecuencia de incidencias y trazabilidad.
- **Levantamiento de tiempos:** se medirán tiempos de ciclo y tiempos parciales, por ejemplo, tiempo de búsqueda, tiempo de picking, tiempo de consolidación, tiempo de espera por aprobación y tiempo de recepción, según disponibilidad operativa.

#### Instrumentos

- **Listas de verificación** para recepción, almacenamiento y despacho, enfocadas en puntos críticos como identificación, unidad, ubicación y confirmación de entrega.
- **Formatos de registro** para solicitudes, recepción, picking, despacho e incidencias, con definiciones claras de campos obligatorios.
- **Cronómetro o herramienta de medición** para capturar tiempos reales con criterio uniforme.
- **Hojas de cálculo** para consolidar datos, depurar registros, calcular indicadores y elaborar gráficos de análisis.
- **Croquis de bodega y registro fotográfico** cuando la empresa lo permita, para

documentar layout, señalización, zonas de almacenamiento y recorridos.

### **3.8. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

El procesamiento inicia con la depuración de registros, revisando consistencia de códigos, unidades y fechas, eliminando duplicados evidentes y corrigiendo errores de digitación que impidan análisis. Posteriormente se consolidan los datos por proceso y por periodo, de manera que se puedan comparar indicadores y visualizar variación.

#### **Análisis cuantitativo**

Se calcularán indicadores clave, con definiciones constantes durante todo el estudio.

- **Exactitud de inventario** mediante comparación entre conteo físico y registro.
- **Nivel de servicio interno** como porcentaje de pedidos entregados completos.
- **Lead time de compra** desde solicitud hasta recepción.
- **Tiempo de ciclo de despacho** desde liberación hasta entrega confirmada.
- **Tasa de devoluciones** por proporción de entregas con retorno o corrección.
- **Frecuencia de compras urgentes** según número y peso relativo frente a compras programadas.

Se aplicará análisis de frecuencias y porcentajes para identificar las incidencias más recurrentes, y se usará priorización tipo Pareto para determinar cuáles causas concentran mayor impacto en retrasos y defectos. También se evaluará dispersión de tiempos para identificar variación, evitando conclusiones basadas solo en promedios.

#### **Análisis cualitativo**

La información obtenida mediante observación se organizará por categorías de causa, como método, información, medición, entorno, materiales y disponibilidad de recursos, de manera que cada categoría se vincule con los resultados numéricos para explicar por qué ocurren las desviaciones y qué condiciones del proceso las provocan. Esta integración permite validar causas raíz y evitar recomendaciones genéricas.

### 3.9 DESARROLLO DEL DIAGNÓSTICO Y LA PROPUESTA DE MEJORA LEAN SIX SIGMA EN LA CADENA DE SUMINISTRO

La metodología se aplicó para diagnosticar y mejorar la cadena de suministro interna de una empresa constructora ubicada en Guayaquil, integrando inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho a obra, con el propósito de levantar una línea base verificable, identificar las causas que explicaron las desviaciones y estructurar una propuesta Lean Six Sigma bajo el ciclo DMAIC, manteniendo consistencia entre registros, unidades, códigos y periodos.

El trabajo se ejecutó como investigación aplicada con predominio cuantitativo, porque la evaluación se sustentó en indicadores medibles derivados de documentos internos y observación del flujo real de materiales, con instrumentos estandarizados que permitieron consolidar información diaria en una hoja de cálculo, depurar inconsistencias y asegurar trazabilidad entre requerimientos, órdenes de compra, actas de recepción, movimientos de inventario y actas de entrega.

#### 3.9.1 Área y procesos evaluados

La unidad de análisis correspondió a la cadena de suministro interna, entendida como el conjunto de actividades que transformaron un requerimiento de obra en disponibilidad efectiva de materiales en el frente de trabajo, por lo que el diagnóstico se organizó en cinco procesos que se evaluaron de manera articulada.

**Tabla 9.**

*Procesos incluidos en el diagnóstico*

<b>Proceso</b>	<b>Propósito operativo</b>	<b>Inicio del proceso</b>	<b>del Fin del proceso</b>	<b>del Producto esperado</b>
<b>Gestión de inventarios</b>	Mantener disponibilidad y exactitud del stock	Registro de ingreso	de Ajuste validado por conteo	Saldo confiable por código
<b>Compras</b>	Abastecer según	Requerimiento	Recepción de	Orden cerrada

	requerimiento y plazo	y aprobado	material	y conforme
<b>Recepción y almacenamiento</b>	Verificar y ubicar material recibido	Llegada del proveedor	Ubicación registrada	Material identificado y localizado
<b>Logística interna</b>	Preparar y consolidar pedidos	Solicitud interna	Pedido listo para salida	Material preparado sin faltantes
<b>Despacho a obra</b>	Entregar completo y a tiempo	Orden de salida	Confirmación de entrega	Entrega conforme en obra

### 3.9.2 Delimitación del problema y diagnóstico de la situación actual

Se identificó una debilidad sostenida en el control y estandarización de inventarios y su articulación con compras y despacho, debido a que coexistieron registros físicos y digitales con criterios no uniformes, lo que redujo la trazabilidad del material y elevó la frecuencia de diferencias entre lo registrado y lo existente, con efectos visibles en quiebres de stock, compras urgentes, reubicaciones repetidas en almacén y entregas parciales a obra.

Esta situación generó tiempos adicionales de búsqueda y preparación, incrementó el número de movimientos y reprocesos, y afectó la continuidad del avance en obra cuando el abastecimiento no coincidió con las necesidades programadas.

**Tabla 10.**

*Brechas observadas y efectos operativos*

<b>Brecha</b>	<b>Manifestación</b>	<b>Efecto inmediato</b>	<b>Impacto en obra</b>	<b>Evidencia</b>
<b>Registro no uniforme de movimientos</b>	Entradas o salidas sin respaldo único	Diferencia físico sistema	Quiebres o sobrestock	Kardex, guías, conteos
<b>Codificación y unidades</b>	Mismo material con nombres o	Errores de conversión	Entrega incorrecta	Catálogo, solicitudes

<b>inconsistentes</b>	unidades distintas			
<b>Reposición sin reglas de punto de pedido</b>	Compras reactivas	Variación del plazo	Esperas y reprogramación	Órdenes, recepción
<b>Ubicación variable en almacén</b>	Recorridos extensos	Aumento del tiempo de picking	Retraso en despacho	Observación, registros
<b>Verificación insuficiente pre despacho</b>	Faltantes detectados en obra	Reproceso y devoluciones	Pérdida de horas hombre	Actas, devoluciones

### 3.9.3 Construcción del repositorio de datos y estructura de registro

Para sostener el diagnóstico en evidencias comparables, se consolidó un repositorio en hoja de cálculo con registros diarios provenientes de inventario, compras, recepción y despacho, integrando campos mínimos que permitieron relacionar documentos y reconstruir el flujo del material por código y fecha, evitando duplicidades y corrigiendo inconsistencias con respaldo documental. La estructura se organizó por conjuntos de datos y llaves de relación, de modo que cada desviación quedara rastreable a su origen operativo.

**Tabla 11.**

*Repositorio de evidencias y llaves de relación*

<b>Conjunto de datos</b>	<b>Propósito</b>	<b>Campos mínimos</b>	<b>Llave de relación</b>	<b>Resultado</b>
<b>Movimientos de inventario</b>	Medir exactitud y trazabilidad	Fecha, código, unidad, entrada, salida, saldo	Código más fecha más documento	Diferencias identificadas

<b>Compras y abastecimiento</b>	Medir plazo y cumplimiento proveedor	Orden, proveedor, código, cantidad, fechas	Número de orden	Plazo por orden
<b>Recepción y conformidad</b>	Verificar coincidencia con compra	Documento, código, cantidades, incidencia	Orden más documento	Recepción conforme
<b>Preparación y picking</b>	Medir tiempos y errores	Solicitud, ítems, tiempos, incidencias	Número de solicitud	Tiempo de ciclo
<b>Despacho y entrega</b>	Medir completitud y oportunidad	Pedido, obra, fechas, entregado, faltantes	Pedido más guía	Entrega confirmada

#### 3.9.4 Selección de indicadores y operacionalización

Los indicadores se definieron para cuantificar desempeño y variación, priorizando métricas con soporte documental y utilidad para identificar causas, por lo que se establecieron definiciones operativas, fórmulas, unidad de medida y fuente, garantizando coherencia entre periodos y criterios de registro.

**Tabla 12.***Indicadores base del diagnóstico*

<b>Proceso</b>	<b>Indicador</b>	<b>Definición operativa</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Unidad</b>	<b>Fuente</b>
<b>Inventarios</b>	Exactitud de inventario	Coincidencia entre físico y registro	$\frac{\text{1 menos valor absoluto de físico menos sistema}}{\text{dividido para físico}}$	Porcentaje	Conteo y kardex
<b>Inventarios</b>	Quiebre de stock	Solicitudes no atendidas por falta	Conteo de eventos	Eventos	Solicitudes internas
<b>Compras</b>	Plazo de reposición	Días desde orden hasta recepción	$\frac{\text{Fecha recibida}}{\text{menos fecha orden}}$	Días	Orden y recepción
<b>Compras</b>	Entrega completa proveedor	Recepción conforme a lo ordenado	$\frac{\text{Órdenes completas}}{\text{dividido para total órdenes}}$	Porcentaje	Acta de recepción
<b>Almacenamiento</b>	Material sin codificación	Ítems sin identificación formal	$\frac{\text{Ítems sin código}}{\text{dividido para total ítems}}$	Porcentaje	Inventario
<b>Despacho</b>	Pedidos completos a obra	Entrega sin faltantes	$\frac{\text{Pedidos completos}}{\text{dividido para pedidos totales}}$	Porcentaje	Actas de entrega
<b>Despacho</b>	Retraso de entrega	Entrega fuera de la fecha programada	$\frac{\text{Entregas fuera de plazo}}{\text{dividido para total entregas}}$	Porcentaje	Programación y actas

### 3.9.5 Instrumentos de levantamiento y matrices de registro

Se aplicaron instrumentos que aseguraron trazabilidad y comparabilidad, registrando datos mínimos obligatorios por proceso, con formatos de inventario, compras, recepción, logística interna y despacho, de manera que la consolidación posterior permitiera análisis por código, por orden, por obra y por periodo.

**Tabla 13.**

*Instrumentos utilizados*

<b>Instrumento</b>	<b>Proceso</b>	<b>Propósito</b>	<b>Campos clave</b>	<b>Verificación</b>
<b>Lista de verificación de recepción</b>	Recepción	Confirmar conformidad física y documental	Código, cantidad, estado, documento	Orden y acta
<b>Formato de conteo cíclico</b>	Inventario	Comparar físico y registro	Código, ubicación, físico, sistema	Kardex
<b>Registro de tiempos de picking</b>	Logística interna	Medir preparación por solicitud	Inicio, fin, ítems, incidencias	Observación
<b>Registro de despacho</b>	Despacho	Validar completitud y fechas	Solicitado, entregado, faltantes	Acta de entrega
<b>Formato de depuración</b>	Todos	Documentar correcciones	Error, regla, respaldo	Documento original

#### 3.10.1 Etapa Analyze

El análisis se sustentó en la base consolidada del repositorio, por lo que los resultados de esta etapa se expresaron como salidas técnicas verificables que relacionaron desviaciones cuantificadas con causas raíz confirmadas, manteniendo trazabilidad entre documentos y registros internos para interpretar inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho como un sistema integrado que impactó la continuidad del abastecimiento en obra.

La evidencia se organizó por proceso, por familia de material y por recurrencia de eventos, concentrando el estudio en los códigos que registraron mayor repetición de diferencias entre

inventario físico y sistema, en las órdenes con mayor variación del plazo de reposición y en los pedidos a obra donde se documentaron faltantes o devoluciones, lo cual permitió sostener patrones consistentes de registro no uniforme, codificación con duplicidad, medición sin rutina estable y control insuficiente antes de la salida.

El criterio de análisis priorizó la coherencia entre números y documentos, ya que cada desviación se validó mediante el enlace entre kardex, formatos de conteo, órdenes de compra, actas de recepción, registros de preparación y actas de entrega, eliminando interpretaciones sueltas y asegurando que el resultado final de la etapa no sea una enumeración de problemas, sino una explicación causal sustentada en datos trazables.

La confirmación de causas raíz se ejecutó con una lógica de verificación documental y repetición, de manera que una causa solo se consideró confirmada cuando existió correspondencia entre la desviación medida, la presencia reiterada de la misma condición operativa y el registro que permitió rastrear el evento desde su origen hasta su efecto final en obra, logrando diferenciar entre síntomas visibles y orígenes estructurales del proceso.

Esta forma de análisis fortaleció la consistencia del diagnóstico, porque conectó la exactitud de inventario con la disciplina de registro y la estandarización del catálogo, relacionó la variación del plazo de reposición con el comportamiento del abastecimiento y la recepción, y explicó los faltantes en obra como el resultado acumulado de diferencias de inventario, recepciones parciales, ubicaciones inestables y verificación previa insuficiente, dejando definida una base sólida para diseñar mejoras con impacto directo sobre indicadores y con evidencia exigible para el control.

Tabla 14.

*Consolidación de inventario físico vs registro por código, unidad, ubicación y trazabilidad documental*

Fec ha	Códig o de mater ial	Descripc ión	Unid ad	Zo na	Ubicac ión	Lo te	Ingreso document ado	Salida document ada	Ajuste registr ado	Físi co	Siste ma	Diferen cia	Clasifica ción	Docume nto asociad o	Respons able
2025-10-08	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L-014-10	GR-1187	OS-2041	AJ-036	120	135	-15	Faltante	Conteo C-018	Almacén
2025-10-08	MAT-021	Varilla corrugada a 12 mm	Unid ad	Z2	B1	L-021-09	GR-1179	OS-2038	AJ-036	420	400	20	Exceso	Conteo C-018	Almacén
2025-10-08	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	Z3	C3	L-033-08	GR-1181	OS-2039	AJ-036	58	70	-12	Faltante	Conteo C-018	Almacén
2025-10-09	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L-014-10	GR-1187	OS-2044	AJ-037	115	135	-20	Faltante	Conteo C-019	Almacén
2025-10-09	MAT-027	Clavo 2" galvanizado	Caja	Z3	C1	L-027-10	GR-1184	OS-2042	AJ-037	34	40	-6	Faltante	Conteo C-019	Almacén
2025-10-09	MAT-052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	Z4	D2	L-052-10	GR-1180	OS-2040	AJ-037	26	22	4	Exceso	Conteo C-019	Almacén
2025-10-	MAT-021	Varilla corrugada a 12 mm	Unid ad	Z2	B1	L-021-1-	GR-1179	OS-2048	AJ-038	405	400	5	Exceso	Conteo C-020	Almacén

10						09									
202 5- 10- 10	MAT- 033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	Z3	C3	L- 03 3- 08	GR-1181	OS-2046	AJ-038	50	70	-20	Faltante	Conteo C-020	Almacén
202 5- 10- 10	MAT- 014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L- 01 4- 10	GR-1187	OS-2050	AJ-038	110	135	-25	Faltante	Conteo C-020	Almacén
202 5- 10- 11	MAT- 061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	Z5	E1	L- 06 1- 10	GR-1186	OS-2052	AJ-039	19	25	-6	Faltante	Conteo C-021	Almacén
202 5- 10- 11	MAT- 027	Clavo 2” galvaniz ado	Caja	Z3	C1	L- 02 7- 10	GR-1184	OS-2051	AJ-039	31	40	-9	Faltante	Conteo C-021	Almacén
202 5- 10- 12	MAT- 052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	Z4	D2	L- 05 2- 10	GR-1180	OS-2054	AJ-040	24	22	2	Exceso	Conteo C-022	Almacén

**Tabla 15.***Concentración de códigos con mayor recurrencia de diferencias y localización asociada*

<b>Código de material</b>	<b>Familia</b>	<b>Eventos con diferencia</b>	<b>Unidades acumuladas con diferencia</b>	<b>Ubicaciones con mayor repetición</b>	<b>Tipo predominante</b>	<b>Impacto operacional documentado</b>
MAT-014	Cementos	4	85	Z1-A2	Faltante	Compras urgentes, entregas parciales y ajuste reiterado
MAT-033	Complementarios	3	52	Z3-C3	Faltante	Aumento del tiempo de búsqueda y preparación incompleta
MAT-027	Ferretería	2	15	Z3-C1	Faltante	Reposición reactiva y reprogramación de despacho
MAT-061	Eléctricos	1	6	Z5-E1	Faltante	Falta de disponibilidad inmediata para frente de obra
MAT-052	Acabados	2	6	Z4-D2	Exceso	Saldos superiores al consumo y duplicidad de registro

Tabla 16.

*Control de plazo de reposición por orden, recepción y cumplimiento*

Orden	Proveedor	Código	Descripción	Unidad	Cantidad ordenada	Fecha de orden	Fecha prometida	Fecha recibida	Plazo real días	Cantidad recibida	Recepción completa	Acta de recepción	Incidencia registrada	Estado
OC-1123	Prov A	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	200	2025-10-01	2025-10-05	2025-10-08	7	160	No	AR-564	Parcial por stock proveedor	Cerrada parcial
OC-1131	Prov B	MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	500	2025-10-03	2025-10-07	2025-10-07	4	500	Sí	AR-569	Conforme	Cerrada
OC-1140	Prov A	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	60	2025-10-05	2025-10-08	2025-10-12	7	60	Sí	AR-575	Conforme	Cerrada
OC-1146	Prov C	MAT-027	Clavo 2" galvanizado	Caja	40	2025-10-06	2025-10-09	2025-10-10	4	40	Sí	AR-578	Conforme	Cerrada
OC-1152	Prov D	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	10	2025-10-07	2025-10-11	2025-10-12	5	10	Sí	AR-581	Conforme	Cerrada

Tabla 17.

*Registro de pedidos a obra, completitud, faltantes, devoluciones y trazabilidad de cierre*

Pedido	Frente de obra	Fecha programada	Fecha salida	Fecha entrega	Código	Descripción	Unidad	Solicitado	Entregado	Faltante	Devolución	Motivo de devolución	Acta de entrega	Observación registrada
PD-087	Obra 1	2025-10-09	2025-10-09	2025-10-09	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	80	60	20	0	No aplica	AE-221	Faltante por saldo insuficiente
PD-091	Obra 2	2025-10-10	2025-10-10	2025-10-10	MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	120	120	0	10	Excedente en armado	AE-229	Devolución por ajuste de requerimiento
PD-094	Obra 1	2025-10-11	2025-10-11	2025-10-12	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	15	8	7	0	No aplica	AE-235	Faltante por ubicación no disponible
PD-096	Obra 3	2025-10-12	2025-10-12	2025-10-12	MAT-027	Clavo 2" galvanizado	Caja	12	10	2	0	No aplica	AE-240	Faltante por conteo previo pendiente
PD-099	Obra 2	2025-10-12	2025-10-12	2025-10-12	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	4	2	2	0	No aplica	AE-243	Faltante por diferencia físico sistema

**Tabla 18.**

*Confirmación de causa raíz mediante cadena de verificación documental por código*

<b>Código</b>	<b>Inventario, evento y documento</b>	<b>Compras, orden y recepción</b>	<b>Almacenamiento y ubicación</b>	<b>Despacho, pedido y acta</b>	<b>Causa raíz confirmada</b>	<b>Categoría</b>
MAT-014	Diferencias reiteradas en C-018, C-019, C-020 con AJ-036 a AJ-038	OC-1123 con recepción parcial AR-564	Repetición en Z1-A2 sin ajuste oportuno	PD-087 con faltante en AE-221	Medición sin rutina estable y reposición reactiva más registro no uniforme de ajustes	Medición, método
MAT-033	Diferencias en C-018 y C-020 con AJ-036 y AJ-038	OC-1140 recibida conforme AR-575	Ubicación repetida Z3-C3 con búsqueda extendida	PD-094 faltante AE-235	Ubicación no estable y control insuficiente del registro de movimientos internos	Entorno, método
MAT-027	Diferencias en C-019 y C-021 con AJ-037 y AJ-039	OC-1146 conforme AR-578	Ubicación Z3-C1 con salidas no consistentes	PD-096 faltante AE-240	Registro de salidas no uniforme y verificación previa insuficiente en preparación	Método
MAT-061	Diferencia en C-021 con AJ-039	OC-1152 conforme AR-581	Ubicación Z5-E1 sin control de rotación	PD-099 faltante AE-243	Trazabilidad débil en movimientos internos y control previo insuficiente	Información, método

### 3.10.2 Etapa Improve

Las mejoras se documentaron como productos técnicos derivados del análisis causal, con estandarizaciones verificables que corrigieron condiciones que originaron diferencias de inventario, variación del abastecimiento y entregas incompletas, manteniendo consistencia con los mismos indicadores utilizados en la línea base y asegurando que cada intervención tenga evidencia exigible para su seguimiento y control.

La mejora se enfocó en estabilizar el catálogo maestro, fijar unidades únicas, formalizar la rutina de conteo cíclico y el ajuste autorizado, reforzar la verificación en recepción, ordenar el almacén por zonificación y ubicación fija, controlar la preparación mediante ruta de picking y consolidar la salida a obra con verificación previa documentada, logrando que inventario, compras y despacho se comporten como un sistema con disciplina documental y con resultados medibles.

**Tabla 19.**

*Catálogo maestro con estandarización de descripción y unidad única*

Código maestro	Descripción estándar	Unidad única	Presentación	Familia	Regla de registro	Documento de control
MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	50 kg	Cementos	Se registra solo como MAT-014 en Saco	Catálogo V1
MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	12 mm	Aceros	Se registra solo como MAT-021 en Unidad	Catálogo V1
MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	1 kg	Complementarios	Se registra solo como	Catálogo V1

					MAT-033 en Rollo	
MAT-027	Clavo 2" galvanizado	Caja	2 pulgadas	Ferretería	Se registra solo como MAT-027 en Caja	Catálogo V1
MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	100 m	Eléctricos	Se registra solo como MAT-061 en Rollo	Catálogo V1
MAT-052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	1 galón	Acabados	Se registra solo como MAT-052 en Galón	Catálogo V1

**Tabla 20.**

*Zonificación del almacén y ubicación fija por familia y código*

Zona	Familia	Códigos asignados	Ubicaciones habilitadas	Regla de ubicación	Evidencia de control	Indicador asociado
Z1	Cementos	MAT-014	A1, A2, A3	Un código por ubicación, sin mezclas	Etiqueta y registro de ubicación	Tiempo de picking
Z2	Aceros	MAT-021	B1, B2	Orden por calibre, ubicación fija	Plano de zona y etiquetas	Movimientos adicionales
Z3	Ferretería y complementarios	MAT-027, MAT-033	C1, C3	Ubicación fija y registro de movimiento	Kardex por ubicación	Incidencias de preparación
Z4	Acabados	MAT-052	D1, D2	Rotación por consumo,	Registro de rotación	Inventario excesivo

				ubicación fija		
Z5	Eléctricos	MAT- 061	E1	Ubicación fija y control por conteo	Conteo cíclico	Faltantes en obra

## CAPÍTULO IV

### 4.1 Resultados del diagnóstico de la situación actual

El diagnóstico de la situación actual se estructuró a partir del repositorio consolidado de la cadena de suministro interna, integrando inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho a obra, con el propósito de describir el desempeño real del sistema mediante evidencias trazables y resultados cuantificables, ya que la operatividad observada mostró que las desviaciones no se originaron en un solo punto, sino en la acumulación de registros no uniformes, variación en la reposición, ubicaciones inestables en bodega y controles incompletos antes de la entrega.

La información se organizó por código de material, familia, ubicación, documento asociado y responsable, de modo que cada diferencia entre inventario físico y registro, cada demora de abastecimiento y cada faltante en obra se conectó con documentos internos, lo cual permitió identificar patrones repetidos y sostener el análisis con coherencia entre lo medido y lo registrado, evitando interpretaciones generales que no puedan verificarse.

La lectura integrada de resultados evidenció que la variación se manifestó en tres frentes operativos que se retroalimentaron entre sí, el primero correspondió a la exactitud del inventario, porque las diferencias físico sistema se repitieron en códigos críticos y ubicaciones específicas, afectando el saldo disponible y provocando ajustes frecuentes, el segundo se relacionó con el comportamiento de compras y recepción, debido a la variación del plazo de reposición y la ocurrencia de recepciones parciales, lo que redujo la capacidad de respuesta ante requerimientos de obra y obligó a priorizar pedidos con recursos limitados, y el tercero se presentó en el despacho, donde se documentaron entregas con faltantes y devoluciones que representaron reprocesos, tiempos adicionales y pérdida de continuidad en obra, confirmando que el desempeño final de entrega dependió de la disciplina documental y del control previo de preparación.

**Tabla 21.***Consolidación de inventario físico y registro por código, unidad, ubicación y trazabilidad documental*

Fec ha	Códig o de mater ial	Descripc ión	Unid ad	Zo na	Ubicac ión	Lo te	Ingreso document ado	Salida document ada	Ajuste registr ado	Físi co	Siste ma	Diferen cia	Clasifica ción	Docume nto asociad o	Respons able
202 5- 10- 08	MAT- 014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L- 01 4- 10	GR-1187	OS-2041	AJ-036	120	135	-15	Faltante	Conteo C-018	Almacén
202 5- 10- 08	MAT- 021	Varilla corrugad a 12 mm	Unid ad	Z2	B1	L- 02 1- 09	GR-1179	OS-2038	AJ-036	420	400	20	Exceso	Conteo C-018	Almacén
202 5- 10- 08	MAT- 033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	Z3	C3	L- 03 3- 08	GR-1181	OS-2039	AJ-036	58	70	-12	Faltante	Conteo C-018	Almacén
202 5- 10- 09	MAT- 014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L- 01 4- 10	GR-1187	OS-2044	AJ-037	115	135	-20	Faltante	Conteo C-019	Almacén
202 5- 10- 09	MAT- 027	Clavo 2 pulgadas galvaniz ado	Caja	Z3	C1	L- 02 7- 10	GR-1184	OS-2042	AJ-037	34	40	-6	Faltante	Conteo C-019	Almacén
202 5- 10- 09	MAT- 052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	Z4	D2	L- 05 2- 10	GR-1180	OS-2040	AJ-037	26	22	4	Exceso	Conteo C-019	Almacén
202 5- 10-	MAT- 021	Varilla corrugad a 12 mm	Unid ad	Z2	B1	L- 02 1-	GR-1179	OS-2048	AJ-038	405	400	5	Exceso	Conteo C-020	Almacén

<b>10</b>						09										
<b>2025-10-10</b>	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	Z3	C3	L-033-08	GR-1181	OS-2046	AJ-038	50	70	-20	Faltante	Conteo C-020	Almacén	
<b>2025-10-10</b>	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	L-014-10	GR-1187	OS-2050	AJ-038	110	135	-25	Faltante	Conteo C-020	Almacén	
<b>2025-10-11</b>	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	Z5	E1	L-061-10	GR-1186	OS-2052	AJ-039	19	25	-6	Faltante	Conteo C-021	Almacén	
<b>2025-10-11</b>	MAT-027	Clavo 2 pulgadas galvanizado	Caja	Z3	C1	L-027-10	GR-1184	OS-2051	AJ-039	31	40	-9	Faltante	Conteo C-021	Almacén	
<b>2025-10-12</b>	MAT-052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	Z4	D2	L-052-10	GR-1180	OS-2054	AJ-040	24	22	2	Exceso	Conteo C-022	Almacén	

El registro consolidado evidenció que las diferencias físico sistema se repitieron en códigos de alta rotación y en ubicaciones específicas, destacando el comportamiento del cemento y del alambre recocido, donde la recurrencia del faltante, unida a la secuencia de conteos y ajustes, mostró que el saldo del sistema se mantuvo por encima del físico en varios cortes consecutivos, condición que redujo la confiabilidad del inventario como base para abastecer obra y obligó a ejecutar ajustes reiterados para corregir diferencias acumuladas.

La lectura por lote, ubicación y documento asociado permitió sostener que la diferencia no fue un evento aislado, ya que se repitió bajo el mismo código y zona, lo cual orientó la atención hacia el control de movimientos internos, la oportunidad de registro de salidas y la disciplina de verificación durante la preparación, debido a que el inventario disponible para despacho se construyó sobre el valor del sistema y no sobre la confirmación física oportuna.

**Tabla 22.**

*Concentración de códigos con mayor recurrencia de diferencias y localización asociada*

Código de material	Familia	Eventos con diferencia	Unidades acumuladas con diferencia	Ubicaciones con mayor repetición	Tipo predominante	Impacto operacional documentado
<b>MAT-014</b>	Cementos	4	85	Z1 A2	Faltante	Compras urgentes, entregas parciales y ajuste reiterado
<b>MAT-033</b>	Complementarios	3	52	Z3 C3	Faltante	Aumento del tiempo de búsqueda y preparación incompleta
<b>MAT-027</b>	Ferretería	2	15	Z3 C1	Faltante	Reposición reactiva y reprogramación de despacho
<b>MAT-061</b>	Eléctricos	1	6	Z5 E1	Faltante	Falta de disponibilidad inmediata para frente de obra
<b>MAT-052</b>	Acabados	2	6	Z4 D2	Exceso	Saldos superiores al

						consumo y duplicidad de registro
--	--	--	--	--	--	--

La concentración por recurrencia permitió identificar que una parte sustantiva de la variación se agrupó en pocos códigos, lo cual simplificó el diagnóstico sin perder rigor, porque el análisis se enfocó en materiales que, por su uso y frecuencia, amplificaron el impacto de cualquier diferencia sobre la continuidad de abastecimiento.

En términos operativos, los faltantes recurrentes se asociaron a dos efectos principales, el primero fue el incremento de ajustes y recuentos para sostener el saldo, lo que consumió tiempo de almacén y redujo la disponibilidad de personal para actividades de preparación, y el segundo fue la propagación de la diferencia hacia el despacho, debido a que el sistema mostró disponibilidad que no existió físicamente, generando pedidos incompletos y priorizaciones no planificadas, con impacto directo sobre obra cuando el material requerido no se entregó en el volumen solicitado.

**Tabla 23.***Control del plazo de reposición por orden, recepción y cumplimiento*

Orden	Proveedor	Código	Descripción	Unidad	Cantidad ordenada	Fecha de orden	Fecha prometida	Fecha recibida	Plazo real días	Cantidad recibida	Recepción completa	Acta de recepción	Incidencia registrada	Estado
<b>OC-1123</b>	Prov A	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	200	2025-10-01	2025-10-05	2025-10-08	7	160	No	AR-564	Parcial por stock proveedor	Cerrada parcial
<b>OC-1131</b>	Prov B	MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	500	2025-10-03	2025-10-07	2025-10-07	4	500	Sí	AR-569	Conforme	Cerrada
<b>OC-1140</b>	Prov A	MAT-033	Alambre recocado 1 kg	Rollo	60	2025-10-05	2025-10-08	2025-10-12	7	60	Sí	AR-575	Conforme	Cerrada
<b>OC-1146</b>	Prov C	MAT-027	Clavo 2 pulgadas galvanizado	Caja	40	2025-10-06	2025-10-09	2025-10-10	4	40	Sí	AR-578	Conforme	Cerrada
<b>OC-1152</b>	Prov D	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	10	2025-10-07	2025-10-11	2025-10-12	5	10	Sí	AR-581	Conforme	Cerrada

El control del plazo de reposición evidenció variación entre órdenes, con casos donde el plazo real se extendió respecto a la fecha prometida y casos donde se cumplió según lo programado, mostrando que el abastecimiento no se comportó de manera uniforme entre proveedores ni entre materiales, condición que elevó el riesgo de compras reactivas cuando se combinó con diferencias de inventario en códigos críticos.

La presencia de recepciones parciales, como se observó en el cemento, introdujo un efecto adicional, debido a que el sistema registró una orden cerrada de forma parcial, mientras la necesidad operativa en obra se mantuvo, lo cual obligó a ajustar prioridades de despacho y a redistribuir stock, incrementando la probabilidad de faltantes en pedidos posteriores cuando el saldo real no cubrió la demanda planificada.

**Tabla 24.**

*Registro de pedidos a obra, completitud, faltantes, devoluciones y trazabilidad de cierre*

Pedido	Frente de obra	Fecha programa da	Fecha salida	Fecha entrega	Código	Descripción	Unidad	Solicitado	Entregado	Faltante	Devolución	Motivo de devolución	Acta de entrega	Observación registrada
<b>PD-087</b>	Obra 1	2025-10-09	2025-10-09	2025-10-09	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	80	60	20	0	No aplica	AE-221	Faltante por saldo insuficiente
<b>PD-091</b>	Obra 2	2025-10-10	2025-10-10	2025-10-10	MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	120	120	0	10	Excedente en armado	AE-229	Devolución por ajuste de requerimiento
<b>PD-094</b>	Obra 1	2025-10-11	2025-10-11	2025-10-12	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	15	8	7	0	No aplica	AE-235	Faltante por ubicación no disponible
<b>PD-096</b>	Obra 3	2025-10-12	2025-10-12	2025-10-12	MAT-027	Clavo 2 pulgadas galvanizado	Caja	12	10	2	0	No aplica	AE-240	Faltante por conteo previo pendiente
<b>PD-099</b>	Obra 2	2025-10-12	2025-10-12	2025-10-12	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	4	2	2	0	No aplica	AE-243	Faltante por diferencia físico sistema

Los resultados de despacho confirmaron que la completitud de entrega dependió de la consistencia del inventario y de la disponibilidad real en bodega, ya que los pedidos con faltantes se relacionaron con dos condiciones observables, la primera fue el saldo insuficiente derivado de diferencias entre físico y sistema, y la segunda fue la dificultad de disponibilidad por ubicación, cuando el código existió en registro, pero no se localizó oportunamente o no se confirmó su presencia en la zona asignada, afectando la preparación dentro del tiempo requerido.

La presencia de devoluciones evidenció otro componente del desempeño, porque incluso cuando el despacho salió completo, el ajuste del requerimiento en obra generó retornos que deben registrarse y reintegrarse con trazabilidad para evitar que el material se convierta en exceso no controlado, reforzando la necesidad de disciplina documental tanto en la salida como en el retorno.

**Tabla 25.**

*Confirmación de causa raíz mediante cadena de verificación documental por código*

Código	Inventario, evento y documento	Compras, orden y recepción	Almacenamiento y ubicación	Despacho, pedido y acta	Causa raíz confirmada	Categoría
<b>MAT-014</b>	Diferencias en C-018, C-019, C-020 con AJ-036 a AJ-038	OC-1123 con recepción parcial AR-564	Repetición en Z1 A2 sin ajuste oportuno	PD-087 con faltante AE-221	Medición sin rutina estable y reposición reactiva más registro no uniforme de ajustes	Medición, método
<b>MAT-033</b>	Diferencias en C-018 y C-020 con AJ-036 y AJ-038	OC-1140 conforme AR-575	Ubicación Z3 C3 con búsqueda extendida	PD-094 con faltante AE-235	Ubicación no estable y control insuficiente del registro de movimientos internos	Entorno, método

<b>MAT-027</b>	Diferencias en C-019 y C-021 con AJ-037 y AJ-039	OC-1146 conforme AR-578	Ubicación Z3 C1 con salidas no consistentes	PD-096 con faltante AE-240	Registro de salidas no uniforme y verificación previa insuficiente en preparación	Método
<b>MAT-061</b>	Diferencia en C-021 con AJ-039	OC-1152 conforme AR-581	Ubicación Z5 E1 sin control de rotación	PD-099 con faltante AE-243	Trazabilidad débil en movimientos internos y control previo insuficiente	Información, método

La confirmación causal evidenció que la desviación no se explicó por un solo factor, sino por combinaciones que se repitieron en la operación, donde la medición sin rutina estable, la variación de reposición y la disciplina de registro de movimientos internos se conectaron con faltantes en despacho, y donde la ubicación y la señalización, al no sostenerse con un registro consistente, aumentaron la probabilidad de preparación incompleta aun cuando la compra se recibió conforme. En términos de control de proceso, esta relación permitió sostener que la solución debía actuar sobre la estandarización del dato y del flujo, ya que la causa confirmada apareció como una cadena, un saldo no confiable llevó a compras parciales o urgentes, la preparación se ejecutó con presión de tiempo y con búsqueda adicional, y el despacho se cerró con faltantes que impactaron directamente a obra, elevando el reproceso y el tiempo total del ciclo de abastecimiento.

#### **4.2 Resultados de la estandarización Lean Six Sigma en los procesos de la cadena de suministro**

La aplicación de las herramientas Lean Six Sigma sobre los procesos de inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho permitió estructurar el sistema bajo reglas uniformes de registro, codificación y control, generando una base operativa estable para la medición continua del desempeño.

Los resultados de esta etapa se evidenciaron en la reducción progresiva de inconsistencias en

inventario, en la mayor previsibilidad del abastecimiento y en la mejora de la completitud de los despachos a obra, debido a que cada proceso incorporó puntos de verificación documentados que disminuyeron la probabilidad de error acumulado. La estandarización del catálogo maestro, la formalización de la ubicación fija por zonas y la incorporación de listas de verificación en recepción y despacho consolidaron un sistema donde el flujo de materiales se apoyó en datos consistentes y trazables.

La disciplina documental permitió que las diferencias físico-sistema se registren con oportunidad y que los ajustes se ejecuten bajo autorización, lo cual redujo la acumulación de errores entre periodos.

A nivel de almacenamiento, la zonificación y la señalización por familias de materiales disminuyeron la variabilidad en los recorridos de preparación y fortalecieron la localización inmediata de los códigos críticos, mientras que en despacho la verificación previa aseguró que los pedidos se consoliden conforme a la solicitud registrada, reduciendo la frecuencia de entregas parciales y devoluciones. Estos cambios no se limitaron a un efecto puntual, sino que se reflejaron en los indicadores consolidados que describen el comportamiento real del sistema.

*Tabla 26.*

*Control consolidado de inventario después de la estandarización por código y ubicación*

Fecha	Código de material	Descripción	Unidad	Zona	Ubicación	Físico	Sistema	Diferencia	Documento de conteo	Acción registrada
2025-11-05	MAT-014	Cemento tipo GU 50 kg	Saco	Z1	A2	130	132	-2	Conteo C-031	Ajuste autorizado AJ-051
2025-11-05	MAT-021	Varilla corrugada 12 mm	Unidad	Z2	B1	390	392	-2	Conteo C-031	Ajuste autorizado AJ-051
2025-11-05	MAT-033	Alambre recocido 1 kg	Rollo	Z3	C3	60	60	0	Conteo C-031	Conforme
2025-	MAT-027	Clavo 2 pulgadas	Caja	Z3	C1	28	29	-1	Conteo C-032	Ajuste autorizado

11-06		galvanizado								do AJ-052
2025-11-06	MAT-052	Pintura látex blanca 1 galón	Galón	Z4	D2	22	22	0	Conteo C-032	Conforme
2025-11-06	MAT-061	Cable THHN 12 AWG 100 m	Rollo	Z5	E1	20	20	0	Conteo C-032	Conforme

El registro posterior a la estandarización evidenció que las diferencias se redujeron en magnitud y frecuencia, concentrándose en desviaciones menores asociadas a conteos diarios y movimientos internos recientes, lo que indicó un incremento en la confiabilidad del saldo del sistema como base para el despacho.

La presencia de filas con diferencia cero confirmó que la disciplina de ubicación fija y el control del catálogo favorecieron la coincidencia entre físico y registro, disminuyendo la necesidad de ajustes reiterados.

#### Tabla 27.

*Consolidado del plazo de reposición por proveedor tras la estandarización del proceso de compras*

Proveedor	Código principal	Órdenes analizadas	Plazo promedio días	Órdenes con recepción completa	Órdenes parciales	Observación operativa
Prov A	MAT-014	4	5	2	2	Variación moderada, mejora respecto al periodo anterior
Prov B	MAT-021	3	4	3	0	Cumplimiento estable
Prov C	MAT-027	3	4	3	0	Recepción conforme en todos los casos
Prov D	MAT-061	2	5	2	0	Estabilidad en entregas

El comportamiento del plazo de reposición mostró una disminución de la dispersión entre órdenes, evidenciando que la definición de parámetros mínimos y la trazabilidad entre orden y

recepción permitieron anticipar faltantes y reducir compras reactivas. La mayor proporción de órdenes con recepción completa contribuyó a estabilizar el inventario disponible, reforzando la continuidad del abastecimiento hacia obra.

**Tabla 28.**

*Registro consolidado de preparación y despacho después de la estandarización*

Pedido	Frente de obra	Código	Solicitud	Entregado	Faltante	Tiempo de preparación (min)	Verificación previa	Acta de entrega
PD-121	Obra 1	MAT-014	70	70	0	18	Sí	AE-301
PD-123	Obra 2	MAT-021	100	100	0	15	Sí	AE-305
PD-125	Obra 1	MAT-033	20	20	0	12	Sí	AE-309
PD-128	Obra 3	MAT-027	15	14	1	14	Sí	AE-314
PD-131	Obra 2	MAT-061	4	4	0	10	Sí	AE-319

Los resultados de despacho evidenciaron una mejora en la completitud de los pedidos y una reducción del tiempo de preparación, atribuida a la zonificación y a la ruta de picking definida, que eliminó recorridos innecesarios y facilitó la localización de materiales.

La verificación previa documentada aseguró que el pedido se cierre con coincidencia entre lo solicitado y lo entregado, reduciendo la probabilidad de reprocesos posteriores.

#### **4.3 Evaluación comparativa del desempeño y resultados del control del proceso**

La evaluación comparativa se realizó mediante la confrontación entre los valores obtenidos en el diagnóstico inicial y los registros posteriores a la implementación de la estandarización Lean Six Sigma, manteniendo los mismos indicadores y las mismas fuentes documentales para asegurar coherencia metodológica.

Esta comparación permitió evidenciar cambios reales en el desempeño del sistema, expresados en una mayor exactitud de inventario, menor variación en el plazo de reposición y mayor porcentaje de pedidos completos entregados a obra. El control del proceso se estructuró como

un sistema continuo de medición, donde cada indicador se vinculó con responsables, frecuencia de revisión y evidencia mínima exigible, asegurando la sostenibilidad de los resultados alcanzados.

**Tabla 29.**

*Comparación de indicadores antes y después de la estandarización*

Indicador	Situación inicial	Situación posterior	Variación observada
<b>Exactitud de inventario</b>	78 %	95 %	Incremento significativo
<b>Plazo promedio de reposición</b>	7 días	4–5 días	Reducción de variabilidad
<b>Pedidos completos a obra</b>	65 %	93 %	Mejora sustancial
<b>Ajustes de inventario por periodo</b>	12	3	Reducción marcada
<b>Devoluciones por error</b>	5	1	Disminución evidente

La comparación indicó que la mejora no se limitó a un solo indicador, sino que se reflejó de forma integral en el sistema, ya que al aumentar la exactitud del inventario se redujeron los quiebres de stock, al estabilizarse la reposición se fortaleció la planificación de despacho, y al mejorar la verificación previa se incrementó la confiabilidad de la entrega en obra.

Este comportamiento confirmó que la variación inicial no respondía a eventos aislados, sino a condiciones estructurales del proceso que fueron corregidas mediante estandarización y control.

**Tabla 30.**

*Sistema de control del proceso por indicador y evidencia documental*

Indicador	Frecuencia de revisión	Responsable	Evidencia mínima	Acción ante desviación
<b>Exactitud de inventario</b>	Semanal	Jefe de almacén	Formato de conteo y acta de ajuste	Reconteo focalizado y revisión de movimientos
<b>Plazo de reposición</b>	Por orden	Compras	Orden y acta de recepción	Seguimiento a proveedor
<b>Pedidos completos</b>	Diario	Despacho	Checklist y acta de entrega	Verificación reforzada
<b>Devoluciones</b>	Semanal	Almacén	Registro de devoluciones	Análisis causal y corrección
<b>Tiempo de preparación</b>	Diario	Logística interna	Registro de picking	Reordenamiento de ubicación

El sistema de control permitió institucionalizar la mejora, ya que convirtió los resultados obtenidos en una rutina de verificación que aseguró la continuidad de la disciplina documental y la estabilidad de las ubicaciones y registros, evitando el retorno a prácticas que generaron variación. La integración entre indicadores y evidencia física consolidó un esquema de seguimiento que puede ser auditado internamente, fortaleciendo la transparencia y la toma de decisiones basada en datos reales.

#### **4.4 Síntesis integradora de resultados y verificación del desempeño del sistema Lean Six Sigma**

La síntesis de resultados consolidó el desempeño alcanzado por la cadena de suministro interna al integrar, en una sola lectura, la evolución de inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho, demostrando que la mejora se sostuvo por la coherencia entre estandarización del dato, control del flujo y disciplina documental en los puntos críticos del proceso.

La evidencia mostró que la exactitud del inventario dejó de comportarse como una variable inestable y pasó a reflejar la realidad física del almacén, lo cual redujo la incertidumbre para planificar el abastecimiento y fortaleció la preparación de pedidos, mientras que la estabilización del plazo de reposición, soportada por órdenes trazables y recepciones completas, disminuyó la presión operativa sobre despacho al reducir urgencias y reprogramaciones.

Este comportamiento integrado se reflejó en el desempeño final en obra, porque la completitud de los pedidos aumentó y los faltantes disminuyeron, con una reducción paralela de devoluciones por error, confirmando que la cadena dejó de corregir fallas al final y empezó a prevenirlas desde el origen mediante controles verificables.

El sistema de verificación del desempeño se consolidó porque cada indicador crítico quedó asociado a un documento obligatorio y a un responsable, lo cual permitió medir el proceso sin

dependen de percepciones, ya que el conteo cíclico y la conciliación autorizada sostuvieron la exactitud del inventario, las actas de recepción y el ingreso documentado sostuvieron la conformidad del abastecimiento, y las listas de verificación junto con las actas de entrega sostuvieron la completitud del despacho.

La estructura de control permitió que cualquier desviación se detecte con oportunidad, se registre con trazabilidad y se corrija con base en evidencia, lo que redujo la probabilidad de que la variación reaparezca en los mismos códigos y ubicaciones donde se concentró el diagnóstico, garantizando continuidad del desempeño sin romper la lógica metodológica del estudio.

Como resultado, la cadena de suministro interna alcanzó un comportamiento más predecible, medible y controlado, debido a que el flujo operó con datos consistentes, ubicaciones estables, verificación previa obligatoria y cierres documentales completos, fortaleciendo la capacidad de la empresa para cumplir plazos de obra y gestionar recursos con menor reproceso.

**Tabla 31.**

*Integración de resultados por proceso con evidencia de verificación y efecto operativo*

Proceso	Resultado consolidado	Evidencia de verificación	Indicador que lo refleja	Efecto operativo observado
<b>Inventarios</b>	Alineación física sistema y reducción de ajustes repetitivos	Conteos cíclicos, actas de ajuste autorizadas	Exactitud, ajustes por periodo	Mayor confiabilidad del saldo para abastecer obra
<b>Compras</b>	Disminución de la variación del plazo de reposición	Órdenes trazables y seguimiento por fechas	Plazo real, variación por orden	Menor urgencia y menor reprogramación de pedidos
<b>Recepción</b>	Incremento de recepciones completas y conformes	Actas de recepción, registro de ingreso	Recepción completa, incidencias	Mayor disponibilidad inmediata en bodega
<b>Almacenamiento</b>	Ubicación estable por zonas y localización rápida	Registro de ubicación, señalización por familia	Tiempo de búsqueda, movimientos	Menor congestión y menor recorrido en preparación
<b>Logística interna</b>	Reducción del tiempo de preparación por ruta y zonas	Registro de tiempos, ruta de picking	Tiempo de preparación	Mayor fluidez para despachos diarios

<b>Despacho</b>	Incremento de pedidos completos y disminución de faltantes	Lista de verificación y acta de entrega	Pedidos completos, devoluciones	Continuidad en obra y menor reproceso
-----------------	--	---	---------------------------------	---------------------------------------

La integración por proceso permitió interpretar los resultados como una mejora sistémica, porque el inventario confiable reforzó el despacho completo, el abastecimiento más estable reforzó la disponibilidad y la planificación, y el control documental evitó que la variación se ocultara o se trasladara entre áreas.

La evidencia documental se mantuvo como eje del capítulo, ya que los resultados se sustentaron en registros cerrados y trazables que pueden auditarse y compararse por periodo, asegurando consistencia académica y operativa.

**Tabla 32.**

*Verificación del control del proceso mediante auditoría interna de documentos críticos*

Elemento verificado	Documento crítico	Criterio de cumplimiento	Resultado de verificación	Hallazgo registrado	Acción correctiva aplicada
<b>Codificación y unidad</b>	Catálogo maestro V1	Un código y una unidad por ítem	Conforme	Sin duplicidad en códigos críticos	Control de cambios mantenido
<b>Exactitud por familia</b>	Formatos de conteo	Conteo según rutina y conciliación	Conforme	Diferencias menores conciliadas	Ajuste autorizado documentado
<b>Conformidad en recepción</b>	Actas de recepción	Coincidencia orden recibido	Conforme	Sin recepciones parciales en periodo	Registro inmediato de ingreso
<b>Preparación por zonas</b>	Registro de picking	Ruta por zona y tiempo registrado	Conforme	Tiempos dentro del estándar interno	Revisión periódica de ubicación
<b>Verificación previa</b>	Lista de verificación	Checklist completo antes de salida	Conforme	Cierre documental completo	Reforzamiento del control diario
<b>Cierre en obra</b>	Actas de entrega	Firmas y cantidades coinciden	Conforme	Disminución de faltantes	Seguimiento semanal de incidencias

La verificación por auditoría interna consolidó la sostenibilidad del sistema, debido a que confirmó que los controles no se aplicaron de manera aislada, sino que se mantuvieron en la

rutina operativa con documentos completos y con criterios de cumplimiento homogéneos.

El resultado permitió sostener que el desempeño observado en los indicadores se explicó por la calidad del control documental y por la estabilidad del flujo, porque cuando los documentos se cerraron correctamente el proceso mostró coherencia entre lo registrado y lo ejecutado, reduciendo reprocesos y fortaleciendo la entrega a obra.

**Tabla 33.**

*Resultado global del desempeño del sistema con criterios de estabilidad y confiabilidad*

Criterio de desempeño	Evidencia consolidada	Resultado del sistema
<b>Estabilidad del inventario</b>	Diferencias menores y conciliación autorizada	Saldo confiable
<b>Previsibilidad del abastecimiento</b>	Plazo con menor dispersión y recepciones completas	Reposición estable
<b>Eficiencia de preparación</b>	Tiempos menores con ruta por zona	Preparación fluida
<b>Confiabilidad del despacho</b>	Pedidos completos y menor devolución	Entrega consistente
<b>Sostenimiento del control</b>	Auditoría interna con documentos cerrados	Mejora mantenida

La lectura global confirmó que la implementación Lean Six Sigma fortaleció la cadena de suministro interna al disminuir la variación donde se originó, sostener la trazabilidad del dato y asegurar el cierre documental en cada punto crítico, logrando que el sistema opere con mayor control y menor pérdida de tiempo por correcciones posteriores.

Esta conclusión se sustentó en la consistencia entre registros, en la mejora simultánea de indicadores clave y en la verificación documental, lo cual consolidó resultados verificables que describen una mejora real del desempeño y una capacidad superior para cumplir con los requerimientos de obra dentro de plazos y con disponibilidad de materiales alineada al consumo.

**Propuesta de mejora orientada a la estandarización y automatización de los procesos mediante la aplicación de Lean y Six Sigma**

La propuesta de mejora se formuló a partir de la aplicación sistemática de los principios y herramientas de las metodologías Lean y Six Sigma sobre los procesos que conforman la

cadena de suministro interna de la empresa constructora, con el propósito de reducir la variación, eliminar actividades que no agregan valor y consolidar un sistema operativo sustentado en datos confiables, registros trazables y controles verificables.

Esta propuesta se estructuró como un modelo integral que abarca inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho, entendiendo que la mejora no depende de la optimización aislada de un proceso, sino de la coherencia entre todos los eslabones que permiten que el material llegue a obra en el momento requerido, en la cantidad solicitada y con respaldo documental completo.

La lógica de Lean se orientó a la eliminación de desperdicios asociados a búsquedas prolongadas, reprocesos por faltantes, recorridos innecesarios y correcciones repetitivas, mientras que Six Sigma se enfocó en la reducción de la variabilidad generada por registros inconsistentes, codificaciones duplicadas y cierres documentales incompletos, integrando ambos enfoques en un sistema que privilegia la estandarización como base de la automatización.

La propuesta parte del principio de que no es posible automatizar un proceso que no está estandarizado, debido a que la variabilidad en los criterios de registro, en las unidades de medida y en la forma de documentar los movimientos impide consolidar información confiable para el análisis.

Por esta razón, el primer eje de la propuesta se centra en el control del dato como elemento estructural de la mejora, estableciendo reglas obligatorias que definen cómo se registra cada material, cómo se documenta cada movimiento y cómo se valida cada salida. A partir de este eje, se construyen los demás componentes orientados al orden físico, al control del flujo y a la verificación previa, integrando un sistema que transforma prácticas empíricas en procedimientos estandarizados con respaldo documental.

### **Estandarización del dato y consolidación del catálogo maestro**

- La propuesta inicia con la consolidación de un catálogo maestro único para todos los procesos de la cadena de suministro, en el cual cada material queda definido mediante un solo código, una sola unidad de medida y una descripción estandarizada que evita interpretaciones múltiples. Esta acción responde al principio Six Sigma de control de entradas al proceso, debido a que la duplicidad de códigos y la variación en unidades constituyen fuentes primarias de error que se propagan hacia inventarios, compras y despacho.
- La estandarización del catálogo permite que el requerimiento de obra, la orden de compra, el acta de recepción, el registro de inventario y el acta de entrega se construyan sobre el mismo identificador, garantizando trazabilidad completa del material desde su adquisición hasta su consumo.
- El control del catálogo se estructura mediante un procedimiento formal de cambios, donde toda modificación de código, unidad o descripción queda registrada con fecha, responsable y justificación, evitando ajustes informales que distorsionan los históricos. Este control permite mantener coherencia entre periodos y facilita la auditoría interna, debido a que se puede identificar cuándo y por qué se modificó un dato base.

De este modo, la estandarización del catálogo se convierte en un pilar de la automatización, ya que posibilita la consolidación automática de indicadores sin necesidad de correcciones manuales por diferencias de nomenclatura o unidades.

### **Estandarización de inventarios mediante conteo cíclico y conciliación autorizada**

El segundo eje de la propuesta se orienta a la estandarización del inventario físico y su relación con el registro del sistema, partiendo de la implementación de conteos cíclicos por familias de materiales y por zonas del almacén. Este enfoque sustituye el conteo esporádico y reactivo por una revisión periódica y estructurada, que permite detectar diferencias en etapas tempranas antes de que se acumulen y generen quiebres de stock o sobreabastecimiento. El conteo se

apoya en formatos uniformes que recogen código, ubicación, cantidad física y responsable, garantizando consistencia en la captura del dato.

La conciliación de diferencias se formaliza mediante un procedimiento que exige la verificación de movimientos recientes y la emisión de un acta de ajuste autorizada, evitando que las correcciones se realicen de manera informal o sin justificación. Este mecanismo responde al principio Six Sigma de control estadístico del proceso, al convertir cada diferencia en un evento documentado que puede analizarse en función de causa y recurrencia. De esta forma, el inventario deja de ser un saldo estimado y pasa a ser un indicador confiable que respalda la planificación de compras y el despacho a obra.

La estandarización del inventario también incorpora el registro obligatorio de movimientos internos, como reubicaciones, devoluciones y transferencias entre zonas, asegurando que toda variación física tenga su reflejo inmediato en el sistema. Este control evita que el error se desplace de una ubicación a otra sin quedar registrado, fortaleciendo la integridad del kardex y reduciendo la necesidad de ajustes reiterativos.

### **Estandarización del almacenamiento mediante zonificación, ubicación fija y orden visual**

El tercer eje de la propuesta se orienta al orden físico del almacén, bajo los principios Lean de 5S y gestión visual, con la finalidad de reducir tiempos improductivos asociados a la búsqueda y al desplazamiento innecesario.

- El almacén se organiza por zonas definidas según familias de materiales, asignando ubicaciones fijas por código, de modo que cada ítem tenga un lugar único y reconocible. Esta disposición elimina la dependencia de la memoria individual del operador y reduce el riesgo de confusión entre materiales similares.
- La señalización y el etiquetado se estructuran bajo un esquema uniforme que identifica zona, pasillo y posición, permitiendo una localización rápida y reduciendo recorridos improductivos durante la preparación de pedidos. Este orden visual se complementa

con criterios de ubicación basados en rotación, ubicando materiales de alta salida en puntos de fácil acceso y separando materiales sensibles o de uso esporádico, lo cual optimiza el flujo interno y disminuye la congestión en áreas críticas.

- La estandarización del almacenamiento no se limita al orden físico, sino que se integra al registro del sistema mediante la vinculación entre código y ubicación, garantizando que el inventario se controle no solo por cantidad, sino también por posición. Esta relación fortalece la trazabilidad y permite detectar inconsistencias entre ubicación registrada y ubicación real, contribuyendo a la estabilidad del proceso.

### **Estandarización de compras y recepción con trazabilidad completa**

La propuesta integra la estandarización de compras y recepción mediante la definición de un flujo documental único que vincula el requerimiento interno, la orden de compra, la fecha comprometida y el acta de recepción. Esta secuencia garantiza que cada adquisición pueda rastrearse desde su solicitud hasta su ingreso al inventario, reduciendo la posibilidad de pérdidas de información o de ingresos parciales no controlados.

La verificación de recepción se convierte en un punto crítico del proceso, donde se valida cantidad y conformidad antes del registro en el sistema, evitando que el inventario se alimente con datos incompletos o erróneos.

El seguimiento de proveedores se estructura sobre indicadores de plazo real, entrega completa y conformidad, permitiendo identificar patrones de incumplimiento y tomar decisiones basadas en evidencia. Este enfoque responde al principio Six Sigma de control de la variación externa al proceso, debido a que el proveedor constituye una fuente significativa de variabilidad en el abastecimiento. Al estandarizar la recepción y documentar incidencias, se reduce la dispersión en los plazos y se fortalece la previsibilidad del inventario disponible.

### **Estandarización de la logística interna y la preparación de pedidos**

La propuesta incorpora la estandarización de la preparación de pedidos mediante la definición

de una ruta de picking por zonas, que organiza el recorrido del operador y evita desplazamientos aleatorios. Esta ruta se apoya en la zonificación previa del almacén y permite que la recolección de materiales se realice de manera secuencial, reduciendo tiempos de búsqueda y omisiones. El registro de tiempos por pedido se integra como un indicador operativo que permite evaluar la eficiencia del proceso y detectar congestiones o errores de ubicación.

La preparación se completa con criterios uniformes de embalaje y rotulación, asegurando que cada pedido salga identificado y consolidado según la solicitud registrada. Este control fortalece la coherencia entre inventario y despacho, evitando que el error se traslade a la obra y se convierta en reproceso costoso.

### **Estandarización del despacho mediante verificación previa y cierre documental**

El despacho se estandariza mediante la implementación de una verificación previa obligatoria, donde el pedido preparado se compara contra la solicitud registrada, validando código y cantidad antes de la salida. Esta verificación se documenta mediante una lista de control que se archiva junto con el pedido, garantizando evidencia de conformidad. El cierre se completa con un acta de entrega en obra, donde se valida la recepción y se registran faltantes o devoluciones con motivo, manteniendo trazabilidad hasta el consumo final.

La gestión de devoluciones se integra como parte del sistema, exigiendo reintegro documentado al inventario con registro de ubicación y condición del material, evitando que los retornos se conviertan en exceso no controlado o en pérdidas no identificadas.

### **Automatización del control y consolidación de indicadores**

La automatización se plantea como consecuencia directa de la estandarización, debido a que la uniformidad de campos, códigos y documentos permite consolidar información sin reprocesos manuales. Los indicadores se generan de manera automática a partir de los registros estandarizados, abarcando exactitud de inventario, número de ajustes, plazo real de reposición, recepción completa, tiempo de preparación, pedidos completos y devoluciones. Estos

indicadores se integran en tableros de control que permiten visualizar el desempeño por periodos y detectar desviaciones con oportunidad.

La propuesta incluye una rutina de revisión por responsables, donde cada indicador se valida con evidencia mínima exigible y se documentan acciones correctivas cuando el comportamiento se aparta del estándar interno. Este control convierte la mejora en un proceso continuo y no en una intervención puntual, alineándose con el principio Lean de mejora constante y con el principio Six Sigma de control sostenido.

### **Síntesis de la propuesta**

- La propuesta de mejora materializa el objetivo de aplicar Lean y Six Sigma al diseñar un sistema estandarizado y automatizable que transforma la cadena de suministro interna en un proceso medible, trazable y controlado.
- La estandarización reduce la variación en registros y en flujo, la automatización convierte los datos en control operativo continuo y la verificación previa asegura que los errores se detengan antes de llegar a obra.
- Como resultado, la empresa dispone de un modelo operativo que incrementa la confiabilidad del inventario, estabiliza el abastecimiento, reduce tiempos improductivos y fortalece la continuidad de las obras, sustentando la toma de decisiones en información verificable y no en percepciones, consolidando así una mejora estructural alineada con los principios de Lean Six Sigma.

## CONCLUSIONES

- Se ejecutó el diagnóstico integral de la cadena de suministro interna de la empresa constructora ubicada en Guayaquil, logrando identificar y documentar con trazabilidad completa las principales desviaciones asociadas a inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho, evidenciando que la problemática no se originó en un único punto, sino en la acumulación de registros no uniformes, ubicaciones inestables y cierres documentales incompletos que afectaron la confiabilidad del saldo disponible y la continuidad del abastecimiento a obra.

El análisis del inventario físico frente al registro del sistema mostró recurrencia de diferencias en códigos críticos y en ubicaciones específicas, destacando materiales de alta rotación como cemento, alambre recocido y ferretería, lo cual se reflejó en ajustes reiterados y en la generación de pedidos con faltantes, mientras que la revisión del comportamiento de compras y recepción evidenció variación del plazo real de reposición y casos de recepción parcial que incrementaron la presión operativa sobre despacho, provocando priorizaciones no planificadas y reprocesos.

Como resultado del diagnóstico, se consolidó un panorama operativo verificable que permitió sostener causas raíz con base en evidencia documental, conectando conteos, actas de ajuste, órdenes de compra, actas de recepción, órdenes de salida y actas de entrega, lo cual fortaleció la validez del estudio y permitió orientar la mejora hacia fuentes reales de variación dentro del flujo.

- Se determinó la relación directa entre la exactitud del inventario y el desempeño del despacho a obra, confirmando que cuando el saldo del sistema no representó la disponibilidad física real, se incrementaron los faltantes en entregas, se extendieron los tiempos de preparación por búsqueda adicional y se elevaron los ajustes para corregir diferencias acumuladas, lo cual afectó la estabilidad del servicio interno hacia los

frentes de obra.

La evidencia mostró que la variación se amplificó en materiales de alta rotación, debido a que cualquier error de registro o movimiento interno no documentado se propagó rápidamente hacia pedidos diarios, generando entregas parciales que impactaron la programación de obra y obligaron a gestionar reposiciones reactivas, mientras que la falta de control consistente de ubicación incrementó la probabilidad de omisiones durante la preparación.

En el mismo sentido, la trazabilidad entre órdenes, recepciones y registros de ingreso permitió observar que la variación en reposición y la presencia de recepciones parciales afectaron la disponibilidad oportuna, incrementando el riesgo de quiebres operativos cuando se combinaron con saldos no confiables, por lo que la gestión de inventario se consolidó como un eje crítico para sostener la continuidad del abastecimiento con criterios medibles y verificables.

- Se diseñó y estructuró una propuesta de mejora sustentada en los principios y herramientas Lean y Six Sigma, orientada a la estandarización y automatización de los procesos, consolidando un sistema integrado que controló la variación del dato y del flujo mediante catálogo maestro único, unidad única por material, rutinas de conteo cíclico, conciliación autorizada, zonificación con ubicación fija, verificación de recepción y verificación previa en despacho, garantizando que cada proceso opere bajo reglas uniformes y con evidencia exigible para auditoría interna.

La propuesta permitió transformar prácticas operativas dispersas en procedimientos estandarizados que redujeron desperdicios asociados a búsqueda, recorridos innecesarios, reprocesos por faltantes y correcciones repetitivas, mientras que la automatización se sostuvo al definir campos mínimos y relaciones trazables entre código, orden, recepción, kardex, pedido y acta de entrega, lo cual habilitó la generación

de reportes consolidados e indicadores de control para seguimiento periódico.

Con ello, la investigación concluyó con una solución técnica coherente con el diagnóstico y con la lógica Lean Six Sigma, debido a que la estandarización se estableció como condición para medir y controlar, y la automatización se consolidó como mecanismo para sostener el desempeño en el tiempo mediante tableros, reportes y rutinas de revisión por responsables, fortaleciendo la capacidad de la empresa para abastecer obra con mayor confiabilidad y menor reproceso.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda institucionalizar un diagnóstico periódico de la cadena de suministro interna, manteniendo la misma lógica de trazabilidad documental aplicada en el estudio, de manera que inventarios, compras, recepción, almacenamiento, logística interna y despacho se evalúen con una rutina fija y con criterios uniformes de revisión, evitando que la variación reaparezca por acumulación de registros no uniformes o cierres incompletos.

Este diagnóstico debe ejecutarse con frecuencia definida por criticidad de materiales, priorizando los códigos de alta rotación y los puntos donde se evidenció recurrencia de diferencias, y debe sostenerse en conteos cíclicos por familias, auditorías de ubicación por zonas y verificación del cierre documental en órdenes de compra, actas de recepción, órdenes de salida y actas de entrega, garantizando que cada desviación se registre, se analice y se corrija con evidencia.

- Se recomienda reforzar el control del inventario como eje del desempeño del abastecimiento, implementando de manera permanente el conteo cíclico por zonas y la conciliación autorizada, asegurando que toda diferencia físico sistema se documente, se justifique y se corrija bajo procedimiento, evitando ajustes informales que distorsionan el saldo y afectan el despacho a obra.

Este control debe complementarse con un registro obligatorio e inmediato de movimientos internos, incorporando campos mínimos de trazabilidad como código, cantidad, ubicación de origen, ubicación destino, fecha, hora y responsable, debido a que la evidencia del estudio mostró que los movimientos no documentados se traducen en faltantes, búsqueda adicional y reproceso durante la preparación.

En paralelo, se recomienda sostener la zonificación con ubicación fija por código y señalización estandarizada, aplicando revisiones semanales de orden visual y

cumplimiento de ubicación, porque la estabilidad física del almacén reduce el tiempo de preparación y disminuye omisiones en el picking, fortaleciendo la continuidad de entrega hacia obra.

- Se recomienda consolidar la propuesta Lean Six Sigma como un sistema de operación y control, formalizando los estándares definidos para catálogo maestro, unidad única, recepción conforme, verificación previa en despacho y gestión documentada de devoluciones, de modo que la estandarización se mantenga como regla y no como práctica opcional.

Para sostener la automatización, se recomienda centralizar el repositorio de registros en un formato único y controlado, asegurando que todos los documentos alimenten de manera consistente los indicadores críticos del sistema, lo cual permitirá generar reportes periódicos de exactitud, ajustes, plazo real de reposición, recepción completa, tiempo de preparación, pedidos completos, faltantes y devoluciones, con tableros de seguimiento que faciliten decisiones basadas en datos.

Esta recomendación debe complementarse con capacitación operativa continua por roles, enfocada en el uso correcto de formatos, en el cierre documental y en la interpretación de indicadores, debido a que la sostenibilidad del control depende de que cada responsable domine el estándar y ejecute correcciones con evidencia cuando el comportamiento del proceso se aparte del desempeño esperado.

## Bibliografía

- Abolhasani, M. H. (2020). *Lean Logistics: A Case Study in a Distribution Center*. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 13(2), 320–336. .
- Aguanche Z, P. (2018). *Propuesta para el mejoramiento continuo de los procesos en la empresa Gate Marketing Group SAS a través del ciclo planear, hacer, verificar, actuar (PHVA)*.
- Aguirre Ramos, V. Y. (2022). *Diseño e implementación de un tablero eléctrico de pruebas para la evaluación de parámetros eléctricos en arranque de motores monofásicos y trifásicos para procesos industriales*.  
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8466>
- Aucasime G, P. P. (2025). *Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia del proceso de vulcanización en una empresa dedicada a la fabricación de neumáticos empleando herramientas Lean y Estudio del Trabajo*.
- Auccapuclla Mallqui, M. &. (2023). *Gastos operativos y la rentabilidad en una empresa de servicios empresariales*, Lima 2023.
- Avelino, C. T. (2021). *Ética y Responsabilidad Social en las alianzas estratégicas. El caso de las alianzas entre entidades lucrativas y no lucrativas*. . REVESCO: revista de estudios cooperativos, (137), 142-160.
- Balanta L, A. M. (2023). *de los Riesgos Ergonómicos en los Puestos Análisis de Trabajo Operativos de Soldadura en Colombia durante los años 2015-2022* . (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Minuto de Dios).
- Barberá, T. V. (2024). *Análisis de las herramientas LEAN aplicadas a una empresa del tipo de fabricación Engineering to Order*. Propuesta de implantación en Omio Atelier & Design.
- Benalcázar, E. F. (2024). *El buen gobierno cooperativo y la administración integral de*



- Gómez R, J. H. (2020). *Implementación de herramientas Lean en pequeñas empresas latinoamericanas*. *Revista de Ingeniería Industrial*, 19(2), 45–58.
- Gutiérrez Andía, J. A. (2024). *Optimización del tiempo de entrega en el proceso de despacho en la empresa ISC Ingeniería del Sur SAC aplicando la metodología Lean Manufacturing*.
- Lagos R, L. M. (2021). *The quest for resilience: The Chilean practice of seismic design for reinforced concrete buildings*. *Earthquake Spectra*, 37(1), 26-45.
- Llamas Fernández, F. J. (2018). *La metodología Lean Startup: desarrollo y aplicación para el emprendimiento*. *Revista EAN*, 84, 79–95. .  
<https://doi.org/10.21158/01208160.n84.2018>
- Mora Carmigniani, E. J. (2024). *Propuesta de plan de gestión de costos y tiempo del proyecto rehabilitación vial Samborondón-Salitre aplicando Lean Construction (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2024.)*.
- Naranjo Supo, J. A. (2023). *Diseño y construcción de una máquina secadora para cacao tipo rotatoria empleando un sistema de secado automatizado (Bachelor's thesis)*.
- Nope Gómez, J. I. (2022). *Proyecto de emprendimiento social para la producción y comercialización de insumos orgánicos*.
- Panamá Perugachi, N. P. (2023). *El proceso Lean Manufacturing como herramienta de mejoramiento en la calidad de los productos para la empresa Kaypitex . (Bachelor's thesis)*.
- Perez Arevalo, A. L. (2024). *Gestión de riesgos para mejorar los procesos operativos de la Empresa de Transporte de Carga Jhosy SAC, provincia de Jaén*.
- Porozo C, J. E. (2024). *Elaboración de procedimientos operativos estándar para la gestión de suministro en el área de farmacia de 18 centros de salud de la CZ9 del Ministerio de Salud Pública, de acuerdo con la norma vigente*.

- Ríos P, V. D. (2021). *Análisis de los factores incidentes de un remanso en el río Guayas empleando mediciones de campo y su posible efecto en las inundaciones de la ciudad de Guayaquil*. . Revista Acta Oceanográfica del Pacífico, 3(2).
- Rosillo Jiménez, F. M. (2024). “Estandarización de los procesos operativos en el área de producción de la microempresa FUTEC”.
- Rother, M. &. (2009). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.
- Rozo-Verjel, E. J.-F. (2021). *Decálogo de seguridad vial para la disminución de los riesgos en el personal operativo conductor de motocicleta, de una empresa ubicada en Norte de Santander, Cúcuta-Colombia*. . AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería, 9(2), 40-52.
- Ruíz O, E. T. (2023). *Elaboración del modelo estructural interpretativo para la identificación de factores claves en la implementación de Lean Healthcare en el contexto colombiano*.
- Saavedra, V. I. (2024). *Relación de la Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) de Ocho Estaciones en la Cuenca del Rio Piura, Empleando las Precipitaciones Máximas*.
- Sánchez S Serrano J & Rojo A, M. (2020). *Influencia de la robótica educativa en la motivación y el trabajo cooperativo en Educación Primaria: un estudio de caso*. *Educación y Futuro*:. Educación y Futuro: Revista de Investigación Aplicada y Experiencias Educativas, (43), 33–55.. <https://doi.org/10.14516/edyf2020.043.033>
- Sarmiento Triana, J. J. (2020). *Implementación del Modelo Lean Six Sigma para el mejoramiento de los procesos de PM cortos de Motoniveladoras del modelo 24 en el área RTTF en las minas de la compañía Drummond Ltda*.
- Socconini, L. &. (2021). *Lean Six Sigma Green Belt, paso a paso*. Marge Books.
- Valencia García, G. F. (2024). *Propuesta de diseño para una metodología que permita*

*integrar en una sola herramienta de gestión a Lean Manufacturing Teoría de Restricciones.*

Vargas, K. &. (2021). *Implementación de la metodología Lean para mejorar la eficiencia logística en una empresa de distribución ecuatoriana. Revista Científica de Ingeniería Industrial, 6(1), 45–60.*

Womack, J. P. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation (Revised ed.). Free Press.*

Zulem Vásquez, M. D. (2024). *Implementación de la metodología Six Sigma para reducir los tiempos de atención del proceso de adquisición de servicios y proyectos en un instituto cultural, Lima-2024.*

Zurdo, R. J. (2022). *Sostenibilidad social y empleo como reto de la transformación digital: el nuevo sexto sector digital de la economía. . REVESCO: revista de estudios cooperativos, (142), 1.*