



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN

DEL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

**“PROPUESTA DE UN MODELO BASADO EN LA METODOLOGÍA
LEAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE
DESPERDICIOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL
CANTÓN MANTA”**

Autora:

Mendoza Zambrano María Leonela

Tutor de Titulación:

Ing. Horacio Antonio Cedeño Muñoz

Manta - Manabí - Ecuador

2024

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de Ingeniería Civil de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante MENDOZA ZAMBRANO MARÍA LEONELA, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Civil, período académico 2024-2025, cumpliendo el total de 410 horas, cuyo tema del proyecto es "PROPUESTA DE UN MODELO BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE DESPERDICIOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL CANTÓN MANTA".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 13 de diciembre de 2024.

Lo certifico,


Ing. Horacio Cedeño Muñoz
Docente Tutor
Área: Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

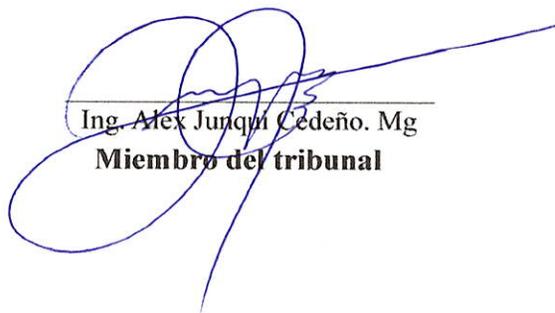
Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: “PROPUESTA DE UN MODELO BASADO EN LA METODOLOGÍA LEAN PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE DESPERDICIOS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN EL CANTÓN MANTA” elaborado por la egresada: MENDOZA ZAMBRANO MARÍA LEONELA de la Carrera de Ingeniería Civil.

INGENIERA CIVIL

Aprobado por el Tribunal Examinador



Ing. José Nualpa Muñoz. Mg
Miembro del tribunal



Ing. Alex Junqui Cedeño. Mg
Miembro del tribunal

Declaración de Autoría

Yo, MARÍA LEONELA MENDOZA ZAMBRANO, declaro que el presente trabajo bajo la modalidad de proyecto de investigación es de mi autoría, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, por su reglamento y por sus normativas actuales vigentes.

Con esta declaración, asumo la responsabilidad total por la originalidad y autenticidad del trabajo.



Leonela Mendoza Zambrano

DEDICATORIA

A mis padres, Lic. María Zambrano y Sr. Johnny Mendoza, por su amor incondicional, su fortaleza y por ser el motor que me impulsó a cumplir este sueño.

A mi hermano, Ing. Leonel Mendoza, por ser un ejemplo constante de perseverancia y apoyo.

A mis abuelos, Francisca Bermello y Bosco Zambrano, por su cariño infinito y por enseñarme, con su ejemplo, el verdadero valor de la familia. A mi familia en general, por su amor y aliento durante este camino.

A Nicolle Vera Mejía, cuya paciencia, cariño y compañía iluminaron cada paso de este trayecto. Gracias por ser mi equilibrio y mi apoyo.

A Daniela García, por estar a mi lado desde el inicio. Su compañía y apoyo han sido invaluable en este largo camino.

A mis amigos de universidad, con quienes compartí alegrías, desafíos y aprendizajes, dejando en mi vida recuerdos imborrables.

Al Ing. José Hualpa, quien ha sido un mentor excepcional, guiándome con su conocimiento y experiencia, siempre dispuesto a brindarme su tiempo y sus consejos.

A Katherin Valle, por ser más que una compañera de clases, un apoyo constante y una verdadera amiga en este proceso.

A todos ustedes, dedico este esfuerzo con todo mi corazón y gratitud.

AGRADECIMIENTO

Con sincera gratitud, dedico este espacio a quienes han sido parte fundamental en este camino, cuyo apoyo y amor han dejado una huella imborrable en mi vida y en la realización de este proyecto. En especial a Dios.

A mis padres, la Lic. María Zambrano y el Sr. Johnny Mendoza, quienes han sido mi mayor fortaleza, brindándome amor, valores y la motivación necesaria para alcanzar mis metas. A mi hermano, el Ing. Leonel Mendoza, agradezco su ejemplo, su compañía y su apoyo incondicional en todo momento.

A mis abuelos, a quienes tengo el privilegio de llamar también mis papás, mami Pancha (Sra. Francisca Bermello) y papi Bosco (Sr. Bosco Zambrano). Su amor, paciencia y enseñanzas han sido un pilar fundamental en mi vida.

Extiendo mi gratitud a toda mi familia, cuyo cariño y apoyo han sido constantes durante todo este proceso. En especial, quiero recordar al Sr. José Mero, mi querido tío que partió recientemente, pero cuyo legado de amor y apoyo sigue vivo en mi corazón.

A Nicolle Vera Mejía, cuyo apoyo ha sido un regalo invaluable en los últimos años. Gracias por tratarme con paciencia, por mantener mis pies sobre la tierra y alimentar mi panza junto a mi motivación. Tu ayuda desinteresada y tu capacidad de estar siempre ahí han sido esenciales en este proceso, y mi gratitud hacia ti es infinita.

A Daniela García, quien estuvo a mi lado desde el inicio de mi carrera universitaria y durante buena parte de este recorrido. Su apoyo incondicional y su capacidad para hacer más livianos los momentos difíciles marcaron una diferencia significativa en mi vida. Por siempre le estaré agradecida.

A Alejandra Mejía, quien, en los últimos años de esta etapa, se convirtió en un apoyo constante y una compañía valiosa. Su empatía, su disposición para ayudar y sus palabras de aliento han sido un refugio en los momentos más desafiantes.

Al Ing. José Hualpa, cuya guía y apoyo han sido fundamentales en mi vida. Su sabiduría, generosidad y amistad me han inspirado a superar desafíos y crecer tanto personal como profesionalmente. Gracias por creer en mí, por acompañarme en los momentos difíciles y por enseñarme que con esfuerzo y pasión se pueden alcanzar grandes metas. Este logro es un reflejo del impacto positivo que he tenido en mi camino.

A mi tutor, el Ing. Horacio Cedeño, por su guía, paciencia y compromiso con este proyecto. Su experiencia y orientación fueron fundamentales para llevarlo a cabo.

A mi compañera y amiga Katherin Valle, quien desde el momento en que la conocí se convirtió en un pilar fundamental en este proceso. Su amistad y compañía han sido un refugio en los momentos difíciles.

A la familia Valle-Zambrano: Ana Valle, Hugo Valle y la Sra. María Zambrano, quienes me han brindado cariño y apoyo incondicional, haciéndome sentir parte de su familia en los últimos años.

A mis amigos de universidad, por su apoyo incondicional, su compañía en los momentos más desafiantes y las alegrías compartidas a lo largo de este camino. Su amistad hizo este proceso mucho más llevadero y significativo.

Finalmente, reitero mi agradecimiento más profundo a mi madre, la Lic. María Zambrano, cuyo amor y sacrificio han sido la base de cada uno de mis logros.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por haber sido parte esencial de este camino. Este trabajo es tan mío como de ustedes.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo basado en la metodología Lean para optimizar la gestión de desperdicios en los proyectos de construcción del cantón Manta. En los últimos años, el sector de la construcción en esta región ha crecido significativamente, evidenciando desafíos en el manejo de desperdicios que impactan negativamente en la sostenibilidad, eficiencia y costos de los proyectos. Actualmente, las prácticas tradicionales generan pérdidas materiales, económicas y de tiempo, lo que refuerza la necesidad de implementar un enfoque más eficiente.

La metodología Lean Construction, derivada de Lean Manufacturing, propone herramientas y principios diseñados para minimizar actividades que no aportan valor, reducir desperdicios y optimizar recursos. Este estudio adopta un enfoque cualitativo e inductivo para analizar las prácticas actuales en Manta, identificar áreas de mejora y diseñar un modelo adaptado a las condiciones locales. La propuesta se enfoca en maximizar el valor percibido por los clientes y en mejorar la colaboración entre los actores involucrados en los proyectos.

Como resultado, se presenta un modelo flexible que integra herramientas Lean como el Last Planner System, el Mapeo del Flujo de Valor y el diseño orientado al valor del cliente. Este modelo permite a las empresas constructoras optimizar sus procesos, reducir costos y fomentar la sostenibilidad, alineándose con los principios de mejora continua y eficiencia operacional. Se concluye que la implementación de este modelo es factible y representa una oportunidad para transformar la gestión de proyectos en el cantón Manta, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector.

Palabras clave: Lean Construction, gestión de desperdicios, sostenibilidad, eficiencia, mejora continua.

ABSTRACT

This research aims to develop a Lean-based model to optimize waste management in construction projects in the Manta canton. In recent years, the construction sector in this region has experienced significant growth, highlighting challenges in waste management that negatively impact the sustainability, efficiency, and costs of projects. Currently, traditional practices result in material, economic, and time losses, emphasizing the need for a more efficient approach.

The Lean Construction methodology, derived from Lean Manufacturing, offers tools and principles designed to minimize non-value-adding activities, reduce waste, and optimize resources. This study adopts a qualitative and inductive approach to analyze current practices in Manta, identify areas for improvement, and design a model tailored to local conditions. The proposal focuses on maximizing client-perceived value and enhancing collaboration among stakeholders involved in projects.

As a result, a flexible model is proposed, integrating Lean tools such as the Last Planner System, Value Stream Mapping, and client value-oriented design. This model enables construction companies to optimize processes, reduce costs, and foster sustainability, aligning with principles of continuous improvement and operational efficiency. The findings suggest that implementing this model is feasible and presents an opportunity to transform project management in the Manta canton, contributing to the sustainable development of the sector.

Keywords: Lean Construction, waste management, sustainability, efficiency, continuous improvement.

Índice

1. CAPITULO I: PRESENTACION DEL PROYECTO	14
1.1. Título	14
1.2. Introducción.....	15
1.3. Antecedentes.....	16
1.4. Planteamiento del problema.....	17
1.5. Justificación.....	18
1.6. Hipótesis.....	18
1.7. Objetivos	19
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Metodología Lean.....	20
2.2. Lean Construction.....	21
2.3. Sistema tradicional de gestión de proyectos en construcción.....	22
2.4. Comparativa del enfoque tradicional vs Lean	24
2.5. Principios de Lean Construction	26
2.5.1. Definir el valor desde la perspectiva del cliente	26
2.5.2. Identificar la cadena de valor y eliminar desperdicios.....	27
2.5.3. Hacer que el flujo de trabajo sea continuo.....	28
2.5.4. Establecer un sistema "pull"	29
2.5.5. Buscar la perfección	30
2.6. Herramientas Lean Construction	31
2.6.1. Last Planner System (LPS): Colaboración y control en la planificación	31
2.6.2. Mapeo del Flujo de Valor (VSM).....	33
2.6.3. Just in Time (JIT) y pull.....	35
2.6.4. Target Value Design (TVD): Diseño orientado al valor del cliente	37
2.6.5. Modelado de información de construcción (BIM).....	38
2.6.6. 5S: Organización y orden en el lugar de trabajo.....	40
2.6.7. Kaizen	41
2.6.8. Análisis de Causa Raíz.....	42

2.7.	Desperdicios según Lean Construction	43
2.7.1.	Sobreproducción	43
2.7.2.	Esperas o tiempos de inactividad	44
2.7.3.	Transporte innecesario	45
2.7.4.	Sobreprocesamiento	45
2.7.5.	Exceso de inventario	46
2.7.6.	Movimientos innecesarios	46
2.7.7.	Defectos de calidad	47
2.7.8.	Desperdicio de talento	47
2.8.	Indicadores claves de rendimiento	48
2.8.1.	Seguridad (S)	48
2.8.2.	Calidad (Q)	49
2.8.3.	Costos (C)	50
2.8.4.	Tiempo de entrega (D)	50
2.8.5.	Personas y competencias (P)	51
2.8.6.	Impacto ambiental (E).....	51
2.8.7.	Importancia de los KPIs en Lean Construction	52
3.	CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	53
3.1.	Enfoque de investigación	53
3.2.	Método de investigación	53
3.3.	Alcance de la investigación	53
3.4.	Población y muestra.....	54
3.5.	Técnicas de recolección de datos	54
3.6.	Diseño y aplicación de las entrevistas	55
3.6.1.	Preguntas utilizadas en la entrevista	55
3.6.2.	Entrevistados.....	55
3.6.3.	Resultados y análisis	56
4.	CAPITULO IV: PROPUESTA DEL MODELO LEAN.....	57
4.1.	Análisis de las prácticas actuales de gestión de desperdicios en el cantón Manta	57

4.2.	Prácticas observadas en la gestión de desperdicios en el cantón Manta	58
4.3.	Problemas identificados en las prácticas actuales	62
4.4.	Comparativa con los principios Lean y áreas de mejora	65
4.5.	Principios Lean y su aplicación en la construcción en Manta	65
4.6.	Modelo de implementación	68
4.6.1.	Diagrama de flujo para la identificación de problemas y soluciones lean	68
4.6.2.	Tabla de implementación paso a paso de las herramientas lean.....	70
4.7.	Plan de implementación del modelo	74
4.7.1.	Etapa 1: Preparación y diagnóstico inicial.....	74
4.7.2.	Etapa 2: Aplicación de soluciones lean	74
4.7.3.	Etapa 3: Monitoreo y ajuste	75
4.7.4.	Etapa 4: Evaluación de resultados y documentación	75
4.8.	Indicadores de evaluación para la implementación del modelo	77
4.8.1.	Pasos para utilizar los indicadores.....	77
5.	CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1.	Discusión	79
5.2.	Conclusiones.....	81
5.3.	Recomendaciones	83
	Bibliografía.....	85
	Anexos.....	87

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 - El Sistema de Producción Toyota. (Pons y Rubio, 2021).....	20
Ilustración 2 - Enfoque tradicional VS Enfoque Lean (Pons Achell, 2014).	26
Ilustración 3 - Cuadro resumen de Last Planner System (Pons Achell, 2014)	32
Ilustración 4 - Esquema de trabajo para realizar un VSM (Pons y Rubio, 2021).....	34
Ilustración 5 - Elementos del BIM (Pons Achell, 2014).....	38
Ilustración 6 - Las 5S (Pons y Rubio, 2021).	41
Ilustración 7 - Los 8 tipos de muda o desperdicios según la metodología Lean (Instituto Agile, 2022)	48
Ilustración 8 - Imagen satelital del Cantón Manta (Google Earth).....	57
Ilustración 9 - Diagrama de flujo para identificar los desperdicios y ofrecer opciones para gestionarlos. (Elaboración propia)	69

Índice de tablas

Tabla 1 Resumen de las prácticas observadas y sus indicadores de los tipos de desperdicios en la construcción en Manta. (Elaboración propia)	61
Tabla 2 Resumen de los problemas de la gestión de desperdicios, sus causas y efectos. (Elaboración propia)	64
Tabla 3 Resumen de las áreas de mejora y el impacto de los principios Lean. (Elaboración propia)	67
Tabla 4 Implementación paso a paso de las herramientas Lean según el tipo de desperdicio. (Elaboración propia)	71
Tabla 5 Etapas de implementación del modelo. (Elaboración propia).....	76
Tabla 6 Indicadores de evaluación para la implementación del modelo. (Elaboración propia)	78

1. CAPITULO I: PRESENTACION DEL PROYECTO

1.1. Título

Propuesta de un modelo basado en la metodología Lean para la optimización de la gestión de desperdicios en proyectos de construcción en el cantón Manta.

1.2. Introducción

En los últimos años, el sector de la construcción en el cantón Manta ha experimentado un crecimiento notable, impulsado por el desarrollo de nuevas infraestructuras claves y el aumento de proyectos residenciales y comerciales. Aunque este avance nos presenta desafíos en la gestión de desperdicios en las construcciones, donde los métodos tradicionales suelen llevar a un uso ineficiente de materiales, tiempo y recursos. En la actualidad no existen datos específicos que midan la gestión de estos desperdicios en la zona, pero es evidente que mejorar la eficiencia en este ámbito no solo beneficiaría a las empresas constructoras, sino que también contribuiría a la sostenibilidad del sector en la ciudad.

A nivel global, la metodología Lean Construction se ha destacado por su enfoque en la optimización de procesos en construcción, orientado a reducir desperdicios y mejorar el uso de recursos. En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar un modelo basado en la metodología Lean que sea flexible y adaptado a las condiciones de la construcción en Manta.

1.3. Antecedentes

La gestión de desperdicios en la construcción es un tema que se volvió relevante en todo el mundo debido a los impactos ambientales, económicos y sociales que conlleva. En cada etapa del proceso constructivo, desde el diseño hasta la ejecución y finalización de proyectos, se producen residuos físicos, pérdidas de tiempo, recursos y eficiencia que afectan significativamente los costos y la sostenibilidad de los proyectos. En Ecuador, y en particular en ciudades en crecimiento como Manta, estos desafíos resaltan la necesidad de adoptar prácticas que optimicen el uso de recursos en el sector de la construcción.

La metodología Lean Construction, inspirada en el modelo Lean de la industria automotriz, ha surgido como una estrategia innovadora e interesante para reducir desperdicios y optimizar cada fase del proceso constructivo. Este enfoque se centra en minimizar todo tipo de pérdidas como la de materiales, tiempo y esfuerzos, a la vez impulsa una cultura de mejora continua y eficiencia en el trabajo. Aunque el modelo Lean ha mostrado beneficios en la construcción a nivel mundial, su aplicación en países en desarrollo y en contextos específicos como el de Manta aún necesita adaptaciones para que responda a las particularidades de estos entornos.

1.4. Planteamiento del problema

El sector de la construcción es uno de los mayores generadores de desperdicios a nivel mundial, y su impacto en la economía y el medio ambiente ha sido motivo de creciente preocupación en las últimas décadas. En respuesta a este desafío, la metodología Lean Construction ha demostrado ser efectiva en la reducción de desperdicios al optimizar el uso de materiales, tiempo y esfuerzo. Es de esta forma que teniendo en cuenta que en Manta, Ecuador, donde la construcción ha crecido rápidamente, la adopción de Lean aún enfrenta desafíos, especialmente en las empresas pequeñas y medianas que no siempre cuentan con los recursos para implementar nuevas prácticas de gestión.

Actualmente, las prácticas tradicionales en Manta suelen generar pérdidas innecesarias de materiales y tiempo, limitando el potencial del sector para ser más eficiente y sostenible. Aunque Lean ofrece una metodología con beneficios comprobados, no existe un modelo adaptado a las características y necesidades locales, lo cual ha dificultado su aplicación en la ciudad.

1.5. Justificación

La presente investigación busca aportar una solución a uno de los aspectos críticos de la construcción en Manta, siendo este la gestión de desperdicios. En una ciudad que sigue creciendo y donde los recursos son limitados, optimizar el uso de materiales y reducir las pérdidas no solo beneficia a las empresas, sino que también contribuye a una construcción más sostenible y responsable. Desde el ámbito académico, este estudio representa un aporte valioso, ya que actualmente no existen modelos de gestión de residuos basados en la metodología Lean adaptable a la realidad de Manta, especialmente para empresas pequeñas y medianas.

La relevancia de este trabajo radica en la oportunidad de ofrecer un modelo práctico y accesible que las empresas constructoras puedan aplicar para enfrentar los retos actuales, como reducir costos y minimizar el impacto ambiental. Al proponer un enfoque actualizado y alineado con las demandas de sostenibilidad, esta investigación no solo busca enriquecer el conocimiento sobre Lean en la construcción, sino también brindar una herramienta concreta que responda a las necesidades locales y ayude al desarrollo sostenible de la ciudad.

1.6. Hipótesis

La implementación de un modelo de gestión de desperdicios basado en la metodología Lean, adaptado a las condiciones y necesidades de las empresas constructoras de Manta, permitirá reducir significativamente el desperdicio de materiales, optimizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia operativa en los proyectos de construcción en esta ciudad.

1.7. Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar un modelo basado en la metodología Lean para optimizar la gestión de desperdicios en los proyectos de construcción del cantón Manta.

Objetivo específico

- Analizar las prácticas actuales de gestión de desperdicios en el sector de la construcción en el cantón Manta.
- Diseñar un modelo adaptable a las necesidades y características de cada empresa constructora en el cantón Manta.
- Proponer un plan de implementación del modelo para las empresas constructoras del cantón Manta.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se asentarán las bases conceptuales y teóricas necesarias para comprender la investigación sobre la gestión de desperdicios en la construcción y el uso de la metodología Lean Construction para optimizar estos procesos.

2.1. Metodología Lean

La metodología Lean nació en Japón durante la década de los cuarenta como una respuesta innovadora de la empresa Toyota ante los desafíos de optimización en la industria automotriz. Este enfoque, conocido como Sistema de Producción de Toyota (TPS), fue estructurado por los ingenieros Eiji Toyoda, Taiichi Ohno y Shigeo Shingo, quienes buscaban mejorar la eficiencia y la productividad mediante la reducción de desperdicios en cada fase del proceso productivo. Su diseño se centró en minimizar elementos como inventarios y defectos, estableciendo así las bases de lo que hoy conocemos como Lean. (Paredes Plaza & Páez Cornejo, 2024)

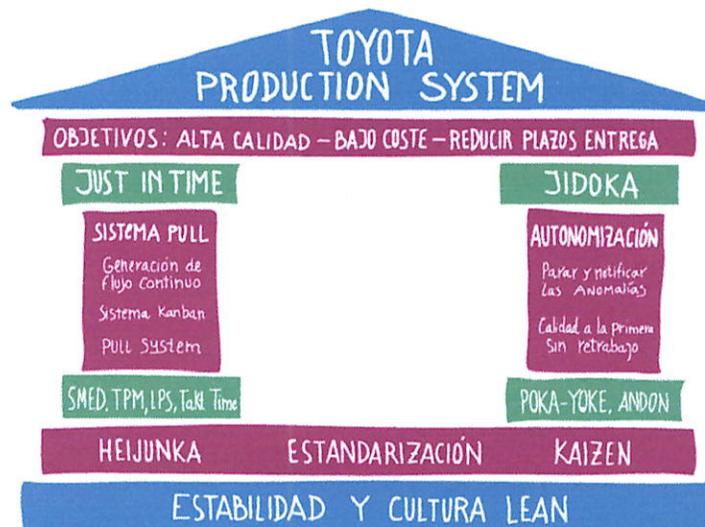


Ilustración 1 - El Sistema de Producción Toyota. (Pons y Rubio, 2021)

El TPS revolucionó la producción automotriz, permitiendo a Toyota posicionarse como líder en el mercado japonés, alcanzando hasta el 40% de la cuota de mercado. La esencia de Lean es la "producción sin pérdidas", que se enfoca en eliminar cualquier actividad que no

genere valor directo para el cliente (Ballard, 1999). Con el tiempo, los principios de Lean se difundieron más allá de Japón, llegando a América y Europa a mediados de los setenta, y hacia los noventa ya era una metodología ampliamente reconocida en industrias de todo el mundo, donde comenzó a aplicar bajo diferentes nombres, como “producción sin pérdidas” y “manufactura de clase mundial” (Koskela, 1992).

2.2. Lean Construction

Lean Construction es una filosofía de gestión en el sector de la construcción, inspirada en los principios de Lean Manufacturing, que se enfoca en maximizar el valor entregado al cliente mientras elimina actividades que no aportan valor al proyecto. Según el Lean Construction Institute (LCI), el propósito central de esta metodología es reducir los desperdicios en todas las fases de un proyecto, implementando herramientas específicas que mejoran la eficiencia y optimizan el sistema de producción (Lean Construction Institute, 2013). Esta aproximación permite minimizar los residuos, al mismo tiempo que se optimizan los recursos durante la ejecución del proyecto.

El concepto de Lean Construction fue formalizado por el investigador finlandés Lauri Koskela en 1992, durante su estancia en la Universidad de Stanford. En su obra *Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción*, Koskela desarrolló las bases teóricas de Lean en el sector de la construcción, adaptando el Sistema de Producción de Toyota (TPS) para aplicarlo al ciclo completo de los proyectos de construcción (Pons Achell, 2014). En 1993, un grupo de investigadores fundó el Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC), donde acuñaron oficialmente el término "Lean Construction" para referirse a esta nueva metodología, que busca transformar la industria de la construcción en un proceso más eficiente y menos derrochador.

Lean Construction se aplica en todas las etapas de un proyecto de construcción, desde el diseño inicial hasta el mantenimiento de la infraestructura final. Esta filosofía de trabajo implica la colaboración activa de todos los actores involucrados, incluidos diseñadores, proveedores, contratistas y clientes, fomentando una mejora continua en cada fase del proyecto. El objetivo central de Lean Construction es minimizar o eliminar actividades sin valor, optimizar los recursos disponibles y entregar un producto de alta calidad con menores costos y tiempos de entrega, todo dentro de un enfoque de sostenibilidad (Pons Achell, 2014).

El LCI describe Lean Construction como un sistema de gestión que transforma la forma tradicional de diseño y construcción, promoviendo un flujo de trabajo estructurado para maximizar el valor en cada fase y minimizar los desperdicios. Esta filosofía redefine el control de proyectos, pasando de un simple "monitoreo de resultados" a una perspectiva de "hacer que las cosas sucedan", enfocada en asegurar que cada etapa del proyecto contribuya al objetivo final. Lean Construction es particularmente eficaz en proyectos complejos o de alta incertidumbre, ya que facilita la coordinación precisa entre todos los participantes y asegura que se mantenga la calidad y la velocidad sin comprometer los costos (Lean Construction Institute, 2013) (Pons Achell, 2014).

2.3.Sistema tradicional de gestión de proyectos en construcción

En el modelo tradicional de construcción, el proceso generalmente comienza con un diseño preliminar, sobre el cual el promotor realiza una primera comercialización. A partir de este prediseño, la constructora estima los costos de producción basándose en su experiencia y añade costos indirectos, generales y un margen de beneficio para definir el precio final de venta. Sin embargo, si surgen imprevistos o aumentos en los costos durante la ejecución, el cliente suele asumir estos sobrecostos o, en su defecto, la empresa debe reducir su margen de ganancia, lo que compromete su estabilidad financiera.

Según Pons Achell (2014), el modelo tradicional de gestión en construcción presenta múltiples limitaciones a lo largo de todas sus fases: diseño, ejecución y mantenimiento del proyecto. Algunos de los problemas más comunes en este enfoque incluyen una escasa capacitación en métodos de gestión avanzados, control de calidad limitado basado en métodos estadísticos, y falta de atención a la capacitación y seguridad de los trabajadores. Además, la comunicación y coordinación entre los diferentes actores es insuficiente, lo que genera una productividad relativamente baja en comparación con otros sectores industriales. Esto da como resultado demoras, sobrecostos y conflictos derivados de problemas de calidad y gestión deficiente.

Estas dificultades en el modelo tradicional impactan negativamente en el desarrollo del proyecto, derivando en obras que no cumplen los plazos previstos, incrementos en los costos y un alto índice de accidentes laborales. La falta de integración entre equipos y el acceso limitado a información compartida ocasionan una gestión fragmentada e ineficiente, afectando tanto la satisfacción del cliente como la rentabilidad de la empresa (Pons Achell, 2014).

Estudios realizados por el Construction Industry Institute y el Lean Construction Institute (2004) evidencian una disminución de la productividad en la industria de la construcción de casi un 25% entre 1964 y 2003, mientras que otros sectores industriales experimentaron un crecimiento del 200% en el mismo período. Además, se calcula que aproximadamente el 57% del tiempo, esfuerzo y materiales invertidos en proyectos de construcción no aportan valor al producto final, en comparación con solo el 26% en la industria fabricante, lo que pone de aliviar el alto nivel de desperdicios.

A su vez, la demanda de mayor valor por parte de los propietarios y usuarios finales está impulsando una transformación en la industria. Estos actores, conscientes de los problemas de productividad y desperdicio en el sector, buscan soluciones que aseguren una gestión

integral y colaborativa. La estructura de diseño-licitación-construcción, marcada por la falta de cooperación y la integración limitada de información, es fuente de frustración para muchos clientes, lo que resalta la necesidad de adoptar métodos de gestión más efectivos y sostenibles en el sector (Pons Achell, 2014).

2.4.Comparativa del enfoque tradicional vs Lean

En el enfoque tradicional de construcción, el proceso inicia con un diseño preliminar solicitado por el promotor, generalmente para llevar a cabo la pre-comercialización del proyecto. A partir de este diseño, la empresa constructora estima el costo de construcción basado en su experiencia y conocimientos previos. Sin embargo, dado que este prediseño aún no está completamente definido, se suman costos indirectos y gastos generales para obtener un costo estimado de producción. A este costo se añade un margen de beneficio, estableciendo así el precio de venta al público.

Este modelo plantea ciertos riesgos, ya que cuando surgen aumentos inesperados en los costos durante la fase de ejecución, la empresa debe optar entre asumir esos sobrecostos, afectando su margen de ganancia, o trasladarlos al cliente, lo cual incrementa el precio de venta final. Ambos escenarios pueden afectar la estabilidad financiera de la empresa y la satisfacción del cliente, ya sea porque reduce su margen de beneficio o porque genera costos adicionales no previstos para el cliente.

Por otro lado, Lean Construction propone un enfoque diferente, donde el precio final se establece de acuerdo con las necesidades del cliente y el valor que este percibe en el proyecto, comenzando

La filosofía Lean Construction permite una mejora continua a lo largo de tres fases principales. Primero, se identifica que ciertas actividades no añaden valor desde la perspectiva del cliente, y con las herramientas de gestión Lean se controla y reduce el impacto de estos

desperdicios en el proyecto. Esto facilita el ajuste de costos y la optimización de procesos sin comprometer la calidad. En la segunda fase, el equipo aplica mejoras continuas en los procesos de diseño y ejecución, lo que permite reducir aún más el desperdicio y acercarse a los objetivos de rentabilidad iniciales. Finalmente, se estabiliza el margen de beneficio, y los desperdicios se convierten en oportunidades de mejora real sobre los costos iniciales previstos. Estas mejoras se reinvierten para fortalecer el proyecto, y el proceso sigue un ciclo de mejora continua que permite establecer estándares cada vez más eficientes, promoviendo la innovación y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Este enfoque Lean es similar al Target Costing o “coste objetivo”, que busca ajustar los costos y el proceso de producción de acuerdo con las expectativas del cliente, optimizando el valor y eliminando desperdicios en todas las fases del proyecto.

El concepto de Lean Construction se ha desarrollado como un marco esencial que une los principios de gestión de la producción con las necesidades específicas de la industria de la construcción. A diferencia de los enfoques tradicionales, Lean Construction combina procesos, personas y tecnología para maximizar el valor entregado al cliente mientras se minimiza el desperdicio. Este paradigma ha demostrado su capacidad para transformar la industria al mejorar la eficiencia, reducir los costos y aumentar la satisfacción del cliente mediante la integración de sistemas digitales avanzados y prácticas de colaboración continua (González, V.A., Hamzeh, F., & Alarcón, L.F. 2022).

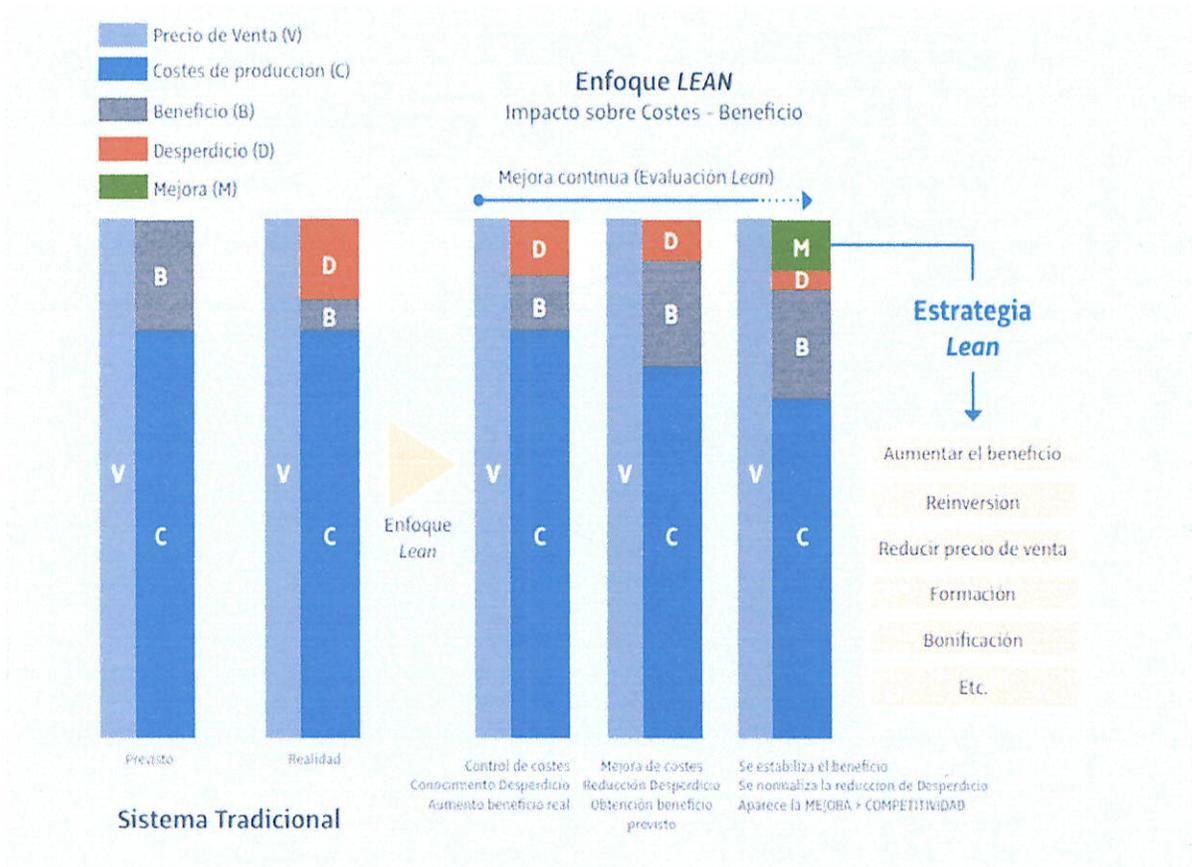


Ilustración 2 - Enfoque tradicional VS Enfoque Lean (Pons Achell, 2014).

2.5. Principios de Lean Construction

Lean Construction se basa en cinco principios centrales que redefinen la manera de gestionar proyectos en el ámbito de la construcción. Adaptados del sistema Lean Manufacturing, estos principios han transformado la industria, enfocándose en la eliminación de desperdicios y en la creación de valor continuo. La filosofía detrás de estos principios es maximizar la eficiencia y la satisfacción del cliente, evitando los problemas comunes que resultan de las prácticas de gestión tradicionales.

2.5.1. Definir el valor desde la perspectiva del cliente

El principio de definir el valor desde la perspectiva del cliente es fundamental en Lean Construction, ya que establece las bases de todas las decisiones posteriores en el proyecto. Aquí, el “valor” no se limita únicamente al producto final, sino a cómo cada aspecto del

proyecto cumple con las expectativas y necesidades del cliente. Esta definición permite que el equipo de trabajo aborde todos sus esfuerzos en actividades que directamente satisfacen estas necesidades, evitando así trabajos innecesarios o sobrecostos que no aporten al valor final (Pons Achell, 2014).

Para aplicar este principio, se requiere un entendimiento profundo de las prioridades del cliente desde el inicio del proyecto. Este proceso comienza con reuniones detalladas con el cliente, donde se definen y priorizan los aspectos clave del proyecto: la calidad deseada, el presupuesto, la sostenibilidad y los tiempos de entrega. Según Koskela (1992), entender el valor implica que el equipo de construcción no solo sigue los planos y especificaciones, sino que también adapta sus decisiones operativas para maximizar el valor agregado en cada fase. Así, este principio evita situaciones comunes en el ámbito tradicional, como cambios de último momento o reparaciones, que a menudo surgen cuando los equipos no comprenden bien los objetivos del cliente.

En proyectos grandes, definir el valor es especialmente crítico. La práctica de Lean Construction sugiere la creación de métricas que permitan evaluar constantemente si las actividades del proyecto están en línea con la expectativa de valor del cliente, lo que refuerza el enfoque en la satisfacción del cliente durante todo el proceso constructivo (Martínez, Herrera y Salazar, 2017)

2.5.2. Identificar la cadena de valor y eliminar desperdicios

El segundo principio se centra en mapear la cadena de valor del proyecto y en identificar todas las actividades necesarias para llevar el proyecto de la planificación a la ejecución. En este proceso, el concepto de *muda*, o desperdicio, adquiere una relevancia central, pues Lean Construction busca eliminar cualquier actividad que no aporte valor al cliente. Koskela (1992)

identifica siete tipos de desperdicio específico en la construcción, que abarcan desde tiempos de espera hasta la duplicación de tareas y el uso excesivo de materiales.

El análisis de la cadena de valor ayuda al equipo a visualizar de forma integral cada proceso involucrado ya encontrar oportunidades de optimización. Este proceso también facilita la identificación de “cuellos de botella” o actividades que suelen causar retrasos, permitiendo al equipo rediseñar el flujo de trabajo para reducir estos inconvenientes. Un caso típico de desperdicio en la construcción es el almacenamiento innecesario de materiales en el sitio de obra, lo cual representa tanto un riesgo de deterioro como un costo de almacenamiento adicional (Pons Achell, 2014).

Al reducir estos desperdicios, el equipo de trabajo puede ahorrar entre un 20% y un 30% de los costos totales del proyecto. Este enfoque no solo optimiza la productividad, sino que también permite al equipo realizar ajustes y mejoras a lo largo de la cadena de valor sin incurrir en costos adicionales (Martínez, Herrera y Salazar, 2017). Esta metodología, basada en el mapa de cadena de valor, no se centra en actividades aisladas, sino en el flujo completo, asegurando que cada proceso contribuya al avance continuo del proyecto.

2.5.3. Hacer que el flujo de trabajo sea continuo

El flujo de trabajo continuo es uno de los mayores desafíos en la construcción, debido a la naturaleza impredecible de los factores externos, como el clima, los suministros y las posibles modificaciones en el diseño. Este principio establece que cada etapa del proyecto debe organizarse de manera que las actividades fluyan de manera continua y sin interrupciones, lo cual mejora la eficiencia, reduce los tiempos de espera y minimiza los recursos ociosos (Pons Achell, 2014).

Para lograr un flujo de trabajo continuo, el equipo de construcción debe coordinar meticulosamente todas las fases del proyecto, asegurando que los recursos, materiales y

personal estén disponibles en el momento adecuado. Una herramienta clave para implementar este principio es el *Last Planner System* (LPS), desarrollado por Ballard y Howell (2000). Este sistema facilita una planificación colaborativa donde cada tarea se programa y se asigna solo cuando se cuenta con los recursos necesarios, evitando así las interrupciones típicas en los proyectos tradicionales.

El flujo de trabajo continuo también se apoya en una metodología de revisión constante y ajustes progresivos. En este sistema, cada etapa se revisa y evalúa para asegurar que no haya desperdicios o ineficiencias en el flujo de actividades. Este enfoque permite que los proyectos se mantengan dentro de los plazos establecidos y que el personal de cada fase se mantenga activo y productivo (Martínez, Herrera y Salazar, 2017). De esta manera, Lean Construction no solo optimiza el flujo de trabajo, sino que también crea un entorno de trabajo donde los retrasos y los tiempos muertos se reducen al mínimo, generando un ambiente más dinámico y productivo.

2.5.4. Establecer un sistema "pull"

El cuarto principio es el sistema Pull, que implica que cada etapa del proyecto avanza únicamente cuando existe una demanda específica desde la fase siguiente. Este sistema asegura que los recursos solo se usen cuando son realmente necesarios, eliminando el almacenamiento y la producción innecesaria. En el contexto de la construcción, esto significa que el equipo solo avanza cuando cuenta con los materiales y recursos listos para la siguiente fase (Pons Achell, 2014).

El sistema Pull, que se basa en el enfoque Just in Time (JIT), es una práctica que evita la acumulación de materiales y herramientas en el sitio de obra, un problema frecuente en los proyectos tradicionales. Este sistema también permite ajustar los ritmos de producción según las necesidades reales del cliente o los avances del proyecto, asegurando que cada actividad

esté alineada con el flujo de trabajo general. En términos de costos, el sistema Pull facilita un uso más eficiente de los recursos y evita los gastos de almacenamiento y deterioro de materiales (Vilana Arto, s.f).

Un beneficio adicional del sistema Pull es la capacidad de respuesta ante cambios o ajustes en el proyecto. Este enfoque permite que el equipo reaccione rápidamente a nuevas instrucciones o necesidades sin afectar el flujo de trabajo principal. Por ejemplo, si el cliente solicita una modificación en la fase de diseño, el sistema Pull permite ajustar el proceso sin que las fases posteriores acumulen tareas adicionales. Esta flexibilidad es esencial en proyectos de construcción, donde la adaptabilidad puede marcar la diferencia en el cumplimiento de plazos y en la eficiencia general (Martínez, Herrera y Salazar, 2017).

2.5.5. Buscar la perfección

El último principio de Lean Construction, buscar la perfección, establece un enfoque de mejora continua en todos los procesos y actividades del proyecto. Este concepto, derivado del Kaizen japonés, se traduce en una cultura de aprendizaje constante, donde cada proyecto se evalúa para identificar oportunidades de optimización. La búsqueda de la perfección no solo implica eliminar los errores en el proyecto actual, sino también documentar las lecciones aprendidas para aplicarlas en futuros proyectos.

La implementación de este principio requiere que todos los miembros del equipo adopten una mentalidad de mejora continua. Según Koskela (1992), la perfección se alcanza al establecer estándares elevados en cada etapa del proyecto y al revisar cada proceso para identificar posibles ajustes. La práctica de Lean Construction sugiere reuniones periódicas para revisar el estado de cada actividad, resolver problemas y encontrar nuevas maneras de mejorar la eficiencia. Estos procesos de retroalimentación constante fomentan un entorno de trabajo donde los equipos se vuelven más competentes y adaptativos.

La búsqueda de la perfección también implica un compromiso con la innovación y con la adopción de tecnologías que facilitan la planificación, ejecución y supervisión del proyecto. Herramientas como el Building Information Modeling (BIM) permiten visualizar el proyecto en todas sus fases y optimizar el uso de los recursos, integrando tecnologías de última generación para mejorar la precisión y reducir los errores. La implementación del BIM es especialmente útil en proyectos de gran envergadura, donde la coordinación de múltiples equipos y recursos es fundamental (Pons Achell, 2014).

2.6. Herramientas Lean Construction

Según (Paredes Plaza & Páez Cornejo, 2024) "es fundamental reconocer que no todas las herramientas Lean son universales; se debe identificar cuáles son las más adecuadas para cada entorno específico dentro del sector de procesos. Existen metodologías Lean que pueden aplicarse en diversos entornos de fabricación, ganancias significativas con inversiones mínimas y una implementación sencilla".

La implementación de Lean Construction en proyectos de construcción depende de una serie de herramientas diseñadas para mejorar la planificación, ejecución y control del proyecto. Entre las herramientas más destacadas se encuentran el Last Planner System (LPS), el Value Stream Mapping (VSM), el Sistema Pull, el Target Value Design (TVD), y el Building Information Modeling (BIM). Cada una de estas herramientas juega un papel esencial en la ejecución de proyectos Lean, optimizando el flujo de trabajo y asegurando que cada recurso se utilice de manera eficiente y efectiva.

2.6.1. Last Planner System (LPS): Colaboración y control en la planificación

El *Last Planner System* (LPS), desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell, es una herramienta central en Lean Construction que tiene como objetivo mejorar la predictibilidad y reducir la incertidumbre en la programación de actividades en obra. En su diseño, el LPS

permite una planificación colaborativa en la que se involucran todos los niveles de trabajo, desde el supervisor hasta los operarios, asegurando que las actividades programadas sean factibles y realizables en el momento establecido (Ballard & Howell, 2000).

El LPS se estructura en varias etapas, que incluyen la planificación a largo plazo, la planificación semanal y la planificación diaria, así como el seguimiento de la confiabilidad de las promesas de trabajo. Esta última etapa es conocida como *Percent Plan Complete* (PPC), un indicador que mide la cantidad de tareas planificadas que se completan dentro del plazo acordado, lo cual permite identificar fallas en la ejecución y mejorar en cada ciclo de planificación. Según Pons Achell (2014), el uso de LPS ayuda a reducir excesivamente los retrasos en el proyecto, dado que el equipo de trabajo es capaz de prever y resolver obstáculos antes de que afecten la ejecución.

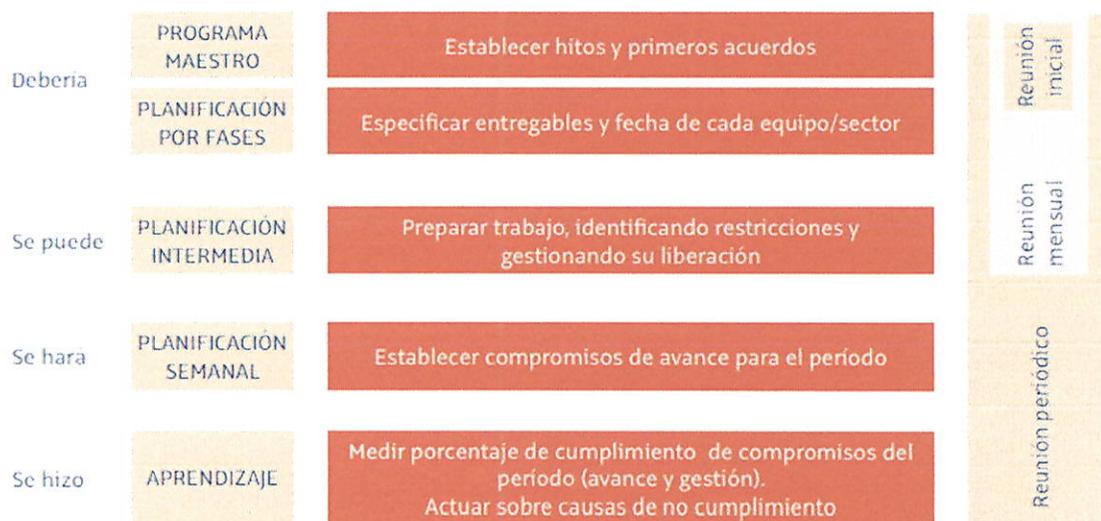


Ilustración 3 - Cuadro resumen de Last Planner System (Pons Achell, 2014)

El Last Planner System (LPS) no solo busca mejorar la predictibilidad y reducir la incertidumbre en los proyectos, sino que también fomenta un enfoque proactivo en la planificación y ejecución de tareas. Según Pons Achell y Rubio Pérez (2019), el LPS promueve la colaboración interdisciplinaria al involucrar a todos los actores del proyecto en la toma de

decisiones, lo que genera una visión compartida de los objetivos y una mayor cohesión entre los equipos.

Una de las características distintivas del LPS es su enfoque en la gestión de restricciones. Durante la etapa de planificación de mediano plazo o lookahead, se identifican y eliminan las limitaciones que puedan impedir la realización de las tareas, como la falta de materiales, información técnica o recursos humanos. Esto asegura que las tareas programadas sean ejecutables y que el flujo de trabajo no se vea interrumpido.

Otro aspecto clave es el énfasis en la confiabilidad y el aprendizaje continuo. A través del uso del Percent Plan Complete (PPC), el LPS no solo mide el porcentaje de tareas completadas, sino que también identifica las razones de incumplimiento, lo que permite ajustar los procesos y mejorar continuamente. Esta retroalimentación constante contribuye a reducir los desperdicios en tiempo y recursos.

Además, el LPS introduce un cambio cultural en la gestión de proyectos al reemplazar los enfoques tradicionales, que se basan en cronogramas rígidos, por un sistema dinámico que prioriza la adaptabilidad y la participación. Al empoderar a los equipos para tomar decisiones informadas y alinear las tareas con los objetivos del cliente, el LPS asegura que el proyecto mantenga un alto nivel de eficiencia y calidad.

En términos prácticos, el uso del LPS en proyectos de construcción ha demostrado que es posible mejorar significativamente la productividad, reducir los costos asociados al retrabajo y los tiempos de espera, y minimizar los conflictos entre los equipos.

2.6.2. Mapeo del Flujo de Valor (VSM)

El *Value Stream Mapping* (VSM), o mapeo de la cadena de valor, es una herramienta visual que permite identificar y analizar todas las actividades involucradas en el flujo de trabajo de un proyecto, desde el diseño hasta la entrega final. En Lean Construction, el VSM se utiliza

para detallar las etapas que agregan valor y las que no lo hacen, permitiendo así una visión completa del proceso y facilitando la eliminación de actividades redundantes o de desperdicio (Koskela, 1992).

El mapeo de la cadena de valor en la construcción permite visualizar las ineficiencias de manera clara, lo cual es fundamental en un sector donde los problemas de coordinación y sobrecarga de tareas son comunes. Al identificar cada proceso en el flujo de trabajo, el VSM ayuda a priorizar las actividades que deben optimizarse y crear un plan de acción para mejorar la eficiencia. Esta herramienta, ampliamente utilizada en la fase de preconstrucción, permite establecer una planificación basada en hechos y en la observación directa de los flujos de trabajos actuales, evitando conjeturas y decisiones sin fundamento.



Ilustración 4 - Esquema de trabajo para realizar un VSM (Pons y Rubio, 2021)

El Value Stream Mapping (VSM) se convierte en un elemento estratégico dentro de Lean Construction al proporcionar un análisis integral del flujo de trabajo que abarca desde el inicio hasta la finalización del proyecto. Más allá de identificar actividades que agregan o no valor, el VSM ofrece una base metodológica para transformar procesos mediante la detección y eliminación de desperdicios. Esto se logra a través del diseño de un mapa del estado actual que permite visualizar las ineficiencias y la construcción de un estado futuro optimizado, alineado con los objetivos específicos del proyecto y del cliente (Muñoz Guevara, Zapata Urquijo & Medina Varela, 2022).

Una de las ventajas clave del VSM radica en su capacidad para integrar tanto el flujo físico de materiales como el flujo informativo necesario para coordinar las etapas del proyecto. Este enfoque asegura una comprensión sistémica de los procesos, destacando no solo los

tiempos de ciclo y valor agregado, sino también las interacciones entre los equipos y recursos. Al abordar los cuellos de botella y los movimientos innecesarios, el VSM fomenta la optimización del flujo de trabajo, lo que resulta en una planificación más precisa y adaptable a los cambios que puedan surgir durante el desarrollo del proyecto.

En Lean Construction, el VSM también juega un papel importante en la fase de ejecución, ya que permite identificar rápidamente las áreas críticas que afectan la productividad y la eficiencia general. Además, su implementación fomenta un enfoque colaborativo, al proporcionar un marco común para que todos los involucrados puedan visualizar el proceso y participar activamente en la toma de decisiones. Esto no solo aumenta la coordinación, sino que también asegura que cada etapa del proyecto contribuya significativamente al resultado final esperado.

El estudio de caso presentado por Desai y Shelat (2014) demuestra cómo el uso del VSM puede reducir significativamente el tiempo de ciclo en actividades clave, como la construcción de losas de concreto. A través de la implementación de técnicas como el preensamblaje de componentes fuera del sitio y la coordinación eficiente de recursos, se lograrán ahorros de tiempo y costos notables.

2.6.3. Just in Time (JIT) y pull

El sistema *Pull*, en combinación con el enfoque *Just in Time* (JIT), asegura que cada etapa del proyecto solo se activa cuando sea necesario, evitando el exceso de inventario y optimizando el uso de los recursos. En la práctica de Lean Construction, el sistema *Pull* es una herramienta esencial para controlar el flujo de materiales y asegurar que cada recurso se emplee en el momento adecuado, lo que reduce significativamente los tiempos de espera y las interrupciones en el trabajo (Vilana Arto, s.f).

El sistema Pull ayuda a evitar los problemas de sobreproducción típicos en la construcción tradicional, en la cual las actividades se ejecutan sin considerar si la siguiente fase está lista para recibir el trabajo. Esto se traduce en menor acumulación de materiales en el sitio y una mayor eficiencia en el manejo de inventarios.

JIT como modelo de sincronización de materiales y actividades: El Just-In-Time (JIT) se define como una filosofía de producción que busca entregar materiales y realizar actividades en el momento exacto en que son necesarios, eliminando inventarios intermedios y reduciendo el desperdicio en los procesos. En el contexto de Lean Construction, JIT garantiza que los recursos estén disponibles únicamente cuando se requieran en la obra, evitando acumulaciones que generen sobrecostos o pérdidas por deterioro (Gabai & Sacks, 2023).

Impacto de JIT en la productividad y coordinación: Según Rios (2022), JIT es un sistema que impulsa la coordinación en tiempo real entre los diferentes actores de un proyecto, desde diseñadores hasta proveedores y constructores. Este modelo se integra en la planificación del flujo de trabajo, asegurando que cada actividad esté alineada con el cronograma del proyecto y que se eviten interrupciones por falta de materiales o recursos.

Eliminación de actividades sin valor agregado: Devaraj (2022) explica que JIT en Lean Construction permite identificar y eliminar actividades que no generan valor, como almacenamiento excesivo, manipulación redundante de materiales y tiempos muertos. Este enfoque, aplicado desde la fase de diseño hasta la ejecución, optimiza cada proceso para lograr proyectos más eficientes, económicos y sostenibles.

JIT como herramienta de planificación flexible: Rios (2022) también señala que el JIT facilita una planificación adaptativa que responde rápidamente a cambios en las condiciones del proyecto. Mediante tecnologías como sistemas ciberfísicos y análisis

predictivo, el JIT ayuda a anticipar necesidades y ajustar la programación para mantener la continuidad del flujo de trabajo.

2.6.4. Target Value Design (TVD): Diseño orientado al valor del cliente

El *Target Value Design* (TVD) es una herramienta que ayuda a que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto y en línea con las expectativas de valor del cliente. A diferencia del enfoque tradicional, donde el diseño se completa antes de establecer el costo, el TVD asegura que el equipo de trabajo desarrollará el diseño en función de un presupuesto objetivo definido por el cliente desde el inicio del proyecto (Pons Achell, 2014).

El TVD fomenta la colaboración entre arquitectos, ingenieros, contratistas y el cliente en la fase de diseño, permitiendo ajustar y optimizar el diseño en función de las restricciones de costos. Esta herramienta garantiza que las decisiones de diseño consideren el impacto económico, evitando así el problema común de exceder el presupuesto. En el sector de la construcción, el TVD ayuda a alinear el valor percibido con el valor real, asegurando que cada decisión de diseño refleje el interés del cliente y minimice el riesgo de sobrecostos o ajustes no planificados.

Target Value Design (TVD) es una metodología que emerge dentro de Lean Construction como una estrategia para alinear los intereses de los stakeholders y priorizar el valor percibido por el cliente en términos de costo, calidad y cronograma. Según Musa, M., Pasquire, C., & Hurst, A. (2019), TVD no solo redefine cómo se estructuran los presupuestos y diseños de los proyectos, sino que también fomenta una colaboración intensa y temprana entre propietarios, diseñadores y contratistas. Esta colaboración se considera esencial para evitar la generación de costos innecesarios y asegurar que los objetivos de costo sean alcanzables sin comprometer la funcionalidad o calidad del proyecto.

Una de las innovaciones recientes en la implementación de TVD es el uso de simulaciones como herramientas educativas. Estas simulaciones, como el "Marshmallow Challenge", han sido utilizadas para enseñar a los equipos de trabajo los principios colaborativos de TVD, mostrando cómo rediseñar iterativamente los proyectos para cumplir con los costos objetivos establecidos. Según el estudio, las simulaciones son particularmente útiles para superar las barreras iniciales de entendimiento y fomentar una cultura de trabajo colaborativa, clave para el éxito de la metodología (Musa, M., Pasquire, C., & Hurst, A. 2019).

2.6.5. Modelado de información de construcción (BIM)

El *Building Information Modeling* (BIM) es una herramienta tecnológica que facilita la visualización, planificación y coordinación de un proyecto de construcción mediante modelos digitales en 3D. Aunque BIM no es una herramienta exclusiva de Lean Construction, su implementación complementa significativamente los principios de Lean, permitiendo una coordinación más precisa entre los equipos y un control detallado de cada etapa del proyecto (Koskela, 1992).



Ilustración 5 - Elementos del BIM (Pons Achell, 2014).

El BIM permite crear un modelo digital del proyecto donde se visualizan todos los elementos estructurales, eléctricos y mecánicos, facilitando la detección temprana de conflictos y optimizando la secuencia de construcción. Además, el uso de BIM facilita la colaboración entre los diferentes actores del proyecto, ya que todos pueden acceder al mismo modelo actualizado y hacer ajustes en tiempo real. Esto no solo reduce los errores y el re-trabajo, sino que también permite un control más eficiente del flujo de trabajo y asegura que todas las actividades se realicen conforme a los planos y especificaciones (Pons Achell, 2014).

Building Information Modeling (BIM) se ha convertido en una herramienta esencial para la integración y optimización en la industria de la construcción. BIM no solo permite la visualización tridimensional del diseño, sino que también integra dimensiones adicionales como el tiempo (4D), los costos (5D) y la sostenibilidad (6D), lo que facilita la planificación y ejecución de proyectos complejos. Esta tecnología actúa como un puente entre los principios de Lean Construction y las tecnologías avanzadas, potenciando la colaboración y el flujo eficiente de información entre las partes interesadas en un proyecto.

La implementación de BIM en proyectos de construcción ha demostrado ser clave para reducir el desperdicio y maximizar el valor a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Según Michalski, A., Głodziński, E., y Byde, K. (2022), BIM permite detectar conflictos y problemas potenciales durante la etapa de diseño, eliminando la necesidad de correcciones costosas durante la construcción. Asimismo, su capacidad para simular escenarios y planificar el uso eficiente de recursos complementa los principios Lean, fomentando la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental.

Una de las sinergias más notables entre BIM y Lean Construction es su capacidad para mejorar la comunicación y la transparencia en el proceso constructivo. Al integrar BIM, se fomenta un enfoque colaborativo donde todos los actores, desde diseñadores hasta contratistas,

pueden acceder a una base de datos centralizada que promueve la toma de decisiones informadas y en tiempo real. Este enfoque no solo mejora la precisión en la ejecución, sino que también ayuda a gestionar los cambios solicitados por los clientes de manera más eficiente, minimizando retrasos y sobrecostos.

2.6.6. 5S: Organización y orden en el lugar de trabajo

El sistema **5S** es una metodología japonesa enfocada en el orden y la limpieza del lugar de trabajo. El término 5S proviene de cinco palabras en japonés: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Sostener). Estas cinco etapas buscan crear un entorno de trabajo organizado y seguro, donde los trabajadores puedan desempeñar sus funciones de manera eficiente y sin desperdiciar tiempo o recursos en buscar herramientas o materiales (Vilana Arto, s.f).

Según (Cárdenas, A., Orellana, A., Sáez, S., & Campaña, A. 2022) la aplicación efectiva de las 5S permite a las empresas no solo incrementar su productividad y eficiencia, sino también mantener estándares de calidad elevados y mejorar significativamente la moral y el compromiso de los trabajadores.

- **Seiri (Clasificar):** Implica identificar y separar los materiales y herramientas necesarios de aquellos que no lo son, eliminando elementos que pueden obstaculizar el flujo de trabajo.
- **Seiton (Ordenar):** Establece un lugar específico para cada herramienta y material, de modo que los trabajadores puedan acceder rápidamente a lo que necesitan. Esto reduce los tiempos muertos y mejora la eficiencia.
- **Seiso (Limpiar):** La limpieza regular del área de trabajo no solo mejora la seguridad, sino que también permite a los equipos identificar fallos o problemas en el equipo antes de que se conviertan en problemas mayores.

- **Seiketsu (Estandarizar):** Establece normas para mantener el orden y la limpieza, facilitando una cultura de trabajo uniforme en todo el proyecto.
- **Shitsuke (Sostener):** Se enfoca en mantener y mejorar los estándares alcanzados, promoviendo la autodisciplina y el compromiso de todos los miembros del equipo con las 5S.



Ilustración 6 - Las 5S (Pons y Rubio, 2021).

En Lean Construction, la implementación de las 5S en el sitio de construcción permite una organización óptima del entorno de trabajo, lo cual contribuye a reducir los riesgos de accidentes y mejorar la productividad. Al mantener el lugar de trabajo ordenado y seguro, se minimizan los tiempos de búsqueda de herramientas o materiales, y se garantiza un ambiente adecuado para una ejecución eficiente de las tareas (Pons Achell, 2014).

2.6.7. Kaizen

El Kaizen es una filosofía de mejora continua que fomenta la participación de todos los niveles de la organización en el proceso de optimización de los métodos de trabajo. En japonés, *Kaizen* significa "cambio para mejorar", y su aplicación en Lean Construction implica un enfoque constante en la búsqueda de oportunidades para mejorar los procesos, reducir los desperdicios y maximizar la calidad en cada fase del proyecto.

En la práctica, el Kaizen se lleva a cabo mediante reuniones regulares en las que los equipos evalúan el desempeño del proyecto y proponen cambios o ajustes en las prácticas actuales. Estas reuniones permiten identificar problemas específicos, buscar soluciones en colaboración y aplicar estos ajustes en tiempo real. Además, el Kaizen motiva a los empleados a aportar ideas ya sentirse parte del proceso de mejora continua, lo cual fomenta una cultura de innovación y aprendizaje en el lugar de trabajo.

La filosofía Kaizen se centra en el compromiso de todos los trabajadores para mejorar sus tareas diarias, lo que crea un ambiente donde la mejora no es una actividad puntual, sino una práctica continua. Este enfoque permite que Lean Construction no solo mejore la eficiencia, sino que también genere una cultura organizacional donde cada miembro del equipo está alineado con los objetivos de calidad y productividad del proyecto (Vilana Arto, s.f).

2.6.8. Análisis de Causa Raíz

El Análisis de Causa Raíz (RCA, por sus siglas en inglés) es una herramienta crítica en Lean Construction que se utiliza para identificar y resolver problemas en su origen. Esta metodología busca encontrar la causa subyacente de un problema, en lugar de limitarse a solucionar sus síntomas. La identificación precisa de la causa raíz permite implementar soluciones efectivas y evitar que el mismo problema vuelva a ocurrir (Pons Achell, 2014).

El proceso de análisis de causa raíz incluye varios pasos claves:

- **Identificación del problema:** Consiste en definir y documentar el problema de manera detallada, para que todos los miembros del equipo comprendan la situación.
- **Recolección de datos:** Implica reunir información relevante sobre el problema, como el lugar, el momento y las circunstancias en las que ocurrió, así como los recursos afectados.

- **Determinación de la causa raíz:** Se utilizan herramientas como el *Diagrama de Ishikawa* o los "5 Porqués" para desglosar el problema en sus componentes subyacentes y descubrir su causa primaria.
- **Implementación de soluciones:** Una vez identificada la causa raíz, se desarrolla e implementa soluciones específicas para abordar el problema desde su origen.
- **Seguimiento y evaluación:** Después de implementar la solución, el equipo debe hacer un seguimiento para asegurar que el problema no vuelva a surgir y que la solución aplicada sea efectiva.

En proyectos de construcción, el análisis de causa raíz es fundamental para mejorar la calidad y reducir el retrabajo. Por ejemplo, en casos de fallos en el diseño o problemas con el suministro de materiales, el RCA permite al equipo identificar las deficiencias en los procesos actuales y realizar ajustes para evitar retrasos futuros. La aplicación de esta herramienta en Lean Construction no solo mejora la eficiencia, sino que también contribuye a una ejecución más segura y rentable del proyecto.

2.7. Desperdicios según Lean Construction

La filosofía Lean Construction identifica y clasifica ocho tipos de desperdicios cuya eliminación es clave para mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar los tiempos en los proyectos de construcción. Cada uno de estos desperdicios representa un obstáculo en el flujo de trabajo y, si no se maneja adecuadamente, puede impactar negativamente en el presupuesto, la calidad y el tiempo de entrega de los proyectos (Pons Achell, 2014).

2.7.1. Sobreproducción

La sobreproducción se refiere a la creación de productos, procesos o servicios en mayor cantidad o antes de que sean necesarios. En el ámbito de la construcción, esto se manifiesta a menudo en la generación de planos, documentos técnicos o incluso en la compra y fabricación

de materiales que aún no se utilizarán en el proyecto. La sobreproducción es costosa, ya que ocupa recursos que podrían emplearse en otras áreas productivas del proyecto. Además, incrementa el riesgo de que estos materiales se deterioren o se vuelvan obsoletos antes de ser usados (Pons Achell, 2014).

Este desperdicio también genera problemas de almacenamiento y logística, al requerir espacios adicionales para guardar materiales que no tienen un uso inmediato. En algunos casos, los materiales en exceso incluso necesitan medidas de conservación especiales, lo que representa costos adicionales. La sobreproducción puede originarse por una mala planificación o por decisiones impulsivas para adelantar fases del proyecto, sin una demanda real que lo justifique. Evitar este desperdicio implica programar las adquisiciones y la producción en función de la demanda de cada etapa, asegurando que cada recurso esté disponible solo cuando sea necesario (Pons Achell, 2014).

2.7.2. Esperas o tiempos de inactividad

Las esperas o tiempos de inactividad son períodos en los que el trabajo se detiene porque algún recurso esencial no está disponible, ya sea mano de obra, maquinaria, materiales o información. Este tipo de desperdicio es especialmente común en la construcción, donde factores como retrasos en la entrega de suministros, problemas de coordinación entre equipos o demoras en las autorizaciones pueden detener el avance de las tareas programadas (Pons Achell, 2014).

Estos tiempos de espera no solo representan pérdidas de tiempo, sino que también afectan la moral y la motivación de los trabajadores, quienes pueden frustrarse al ver que su trabajo depende de factores fuera de su control. Además, el tiempo de inactividad tiende a provocar aumentos en los costos, ya que se paga mano de obra o equipos que no están produciendo. Una gestión efectiva de Lean Construction debe identificar las causas de estos

tiempos de espera y establecer planes de contingencia para minimizar su impacto, como la sincronización precisa de entregas y un sistema de comunicación ágil que anticipe las necesidades de cada fase del proyecto (Pons Achell, 2014).

2.7.3. Transporte innecesario

El transporte innecesario hace referencia al movimiento excesivo o redundante de materiales y equipos dentro del sitio de obra. Este desperdicio es un resultado directo de una mala organización en el almacenamiento y distribución de los recursos. Cada vez que un material se mueve sin necesidad, no solo se incurre en un gasto de tiempo y energía, sino que también se incrementa el riesgo de daños y pérdidas (Pons Achell, 2014).

En Lean Construction, el objetivo es diseñar un flujo de trabajo donde los materiales se ubiquen lo más cerca posible de su punto de uso, minimizando el transporte y optimizando la logística del sitio de obra. Para ello, es fundamental realizar una planificación estratégica de la disposición de materiales y equipos, evitando el desplazamiento innecesario. La reducción de este desperdicio se traduce en menos horas de trabajo destinadas a mover elementos y en una menor posibilidad de accidentes y daños a los recursos (Pons Achell, 2014).

2.7.4. Sobreprocesamiento

El sobreprocesamiento ocurre cuando se realizan trabajos adicionales o de mayor calidad de la requerida para el cumplimiento de los estándares o expectativas del cliente. En la construcción, esto puede presentarse como revisión, verificaciones o acabados extra que no son necesarios y que incrementan los costos y el tiempo de ejecución (Pons Achell, 2014).

Este desperdicio también puede surgir de la falta de claridad en las especificaciones del proyecto o de una tendencia a asegurar la calidad mediante inspecciones repetitivas, en lugar de confiar en procesos bien diseñados. El sobreprocesamiento representa una pérdida de recursos, ya que se emplean materiales, mano de obra y tiempo sin que estos aporten un valor

real al proyecto. La eliminación de este desperdicio implica ajustar los procesos a las especificaciones exactas del cliente, evitando actividades que no aporten beneficios directos y manteniendo un nivel de calidad adecuado sin excesos (Pons Achell, 2014).

2.7.5. Exceso de inventario

El exceso de inventario se refiere a la acumulación innecesaria de materiales, herramientas o equipos en el sitio de construcción. Este desperdicio es costoso, ya que el almacenamiento prolongado de recursos puede generar costos adicionales, además del riesgo de daños, robos o deterioro debido a condiciones ambientales adversas. En Lean Construction, el inventario debe ser gestionado de manera que solo se disponga de los materiales necesarios para cada etapa del proyecto (Pons Achell, 2014).

La causa de este tipo de desperdicio puede estar en una planificación ineficiente o en la adquisición de materiales en grandes cantidades para aprovechar descuentos por volumen, sin considerar el espacio o la capacidad de almacenamiento en obra. La solución implica una gestión del inventario basada en el principio de *Just in Time*, asegurando que los recursos estén disponibles solo cuando se necesiten, reduciendo así los costos de almacenamiento y facilitando la organización del sitio de trabajo (Pons Achell, 2014).

2.7.6. Movimientos innecesarios

Los movimientos innecesarios son aquellos desplazamientos o esfuerzos físicos realizados por los trabajadores que no contribuyen de manera directa a la ejecución del proyecto. Estos movimientos adicionales, como buscar herramientas mal ubicadas o desplazarse innecesariamente entre distintas áreas, incrementan la fatiga, reducen la productividad y aumentan el riesgo de accidentes laborales (Pons Achell, 2014).

Para minimizar este desperdicio, Lean Construction propone una disposición óptima del espacio de trabajo, donde las herramientas y materiales estén fácilmente accesibles. Esto

no solo reduce los movimientos innecesarios, sino que también mejora la eficiencia y la seguridad en el lugar de trabajo. Además, la estandarización de procesos y el uso de equipos adecuados pueden ayudar a minimizar los movimientos innecesarios, permitiendo que los trabajadores se concentren en actividades productivas (Pons Achell, 2014).

2.7.7. Defectos de calidad

Los defectos en la construcción incluyen errores en la ejecución o problemas de calidad que requieren corrección o retrabajo. Estos defectos pueden surgir por errores en el diseño, especificaciones incorrectas o falta de capacitación adecuada en el personal. Cada vez que un defecto debe corregirse, se incurre en costos adicionales de materiales y tiempo, lo cual impacta directamente en el cronograma y el presupuesto del proyecto (Pons Achell, 2014).

Para eliminar los defectos de calidad, Lean Construction enfatiza la importancia de la planificación y la supervisión continua, asegurando que cada tarea cumpla con los estándares establecidos. La implementación de controles de calidad y capacitaciones específicas también ayuda a prevenir errores y mejorar la competencia del equipo, reduciendo así la probabilidad de retrabajo (Pons Achell, 2014).

2.7.8. Desperdicio de talento

El desperdicio de talento se produce cuando no se aprovechan plenamente las habilidades, ideas y conocimientos de los trabajadores. Esto suele ocurrir cuando no se involucra a los empleados en la toma de decisiones o en el proceso de mejora continua. En la construcción, este tipo de desperdicio puede resultar en una falta de motivación y una baja moral, ya que los trabajadores no se sienten valorados ni escuchados (Pons Achell, 2014).

Lean Construction busca involucrar a los empleados en todos los niveles, dándoles la oportunidad de contribuir con ideas y soluciones innovadoras para mejorar los procesos. Al reducir este desperdicio, se fomenta una cultura de mejora continua y se motiva a los

trabajadores, quienes sienten que sus habilidades son apreciadas y útiles para el éxito del proyecto (Pons Achell, 2014).



Ilustración 7 - Los 8 tipos de muda o desperdicios según la metodología Lean (Instituto Agile, 2022)

2.8. Indicadores claves de rendimiento

En Lean Construction, los KPI actúan como herramientas para evaluar el avance de los proyectos y asegurar que se cumplan los objetivos de eficiencia y calidad. Medir estos indicadores permite identificar problemas y oportunidades de mejora en tiempo real, garantizando que el proyecto se mantenga alineado con los principios Lean y alcance sus metas de manera eficiente (Pons y Rubio, 2021).

2.8.1. Seguridad (S)

La seguridad es uno de los indicadores más críticos en Lean Construction, ya que la construcción es un sector con altos riesgos de accidentes. Este indicador evalúa el número de

incidentes y accidentes que ocurren en el sitio de obra, así como las medidas preventivas implementadas para reducir riesgos. La meta en Lean es lograr “cero accidentes”, lo que implica la creación de un entorno de trabajo seguro mediante capacitaciones constantes, uso adecuado de equipo de protección personal y establecimiento de protocolos de seguridad específicos (Pons y Rubio, 2021).

Implementar y monitorear este KPI contribuye a una cultura organizacional donde la seguridad se valora como una prioridad. Un enfoque preventivo no solo reduce los costos asociados a accidentes (como seguros o indemnizaciones), sino que también mejora la moral de los trabajadores, quienes se sienten más protegidos y valorados en su lugar de trabajo. Además, la disminución de incidentes permite que el proyecto avance sin interrupciones, lo cual es crucial para cumplir con los tiempos de entrega planificados (Pons y Rubio, 2021).

2.8.2. Calidad (Q)

El indicador de calidad se centra en la capacidad del proyecto para cumplir con los estándares y especificaciones sin necesidad de retrabajos. En Lean Construction, el concepto de calidad implica hacer el trabajo “bien a la primera”, evitando errores que puedan causar sobrecostos y retrasos. La calidad en la construcción abarca desde la selección de materiales adecuados hasta la precisión en la ejecución de las tareas y la revisión de cada etapa antes de avanzar a la siguiente (Pons y Rubio, 2021).

La falta de calidad genera retrabajos y modificaciones, que aumentan los costos y extienden los tiempos del proyecto. Medir la calidad mediante un KPI permite identificar las áreas donde ocurren errores recurrentes, lo cual facilita implementar medidas correctivas y preventivas. Este enfoque asegura que el proyecto no solo cumplirá con las expectativas del cliente, sino que también se mantendrá dentro del presupuesto. En Lean Construction, mantener

altos niveles de calidad contribuye a la satisfacción del cliente y a la reputación de la empresa como un proveedor confiable y profesional (Pons y Rubio, 2021).

2.8.3. Costos (C)

El control de costos es fundamental en cualquier proyecto de construcción, y Lean Construction se enfoca en reducir los gastos eliminando actividades innecesarias y optimizando el uso de los recursos. Este KPI mide no solo el costo directo de los materiales y la mano de obra, sino también los costos adicionales derivados de errores, desperdicios y actividades que no aportan valor. La meta es mantener el proyecto dentro del presupuesto aprobado, asegurando que cada gasto esté justificado y sea productivo (Pons y Rubio, 2021).

En Lean Construction, los costos se controlan aplicando prácticas de gestión eficiente de recursos y evitando el sobreprocesamiento o el exceso de inventario. La reducción de costos a través de estos métodos permite al equipo obtener un mejor rendimiento financiero sin sacrificar la calidad ni la seguridad del proyecto. El monitoreo de este KPI también proporciona una visión clara de las áreas en las que se están generando costos innecesarios, lo que facilita la toma de decisiones y la implementación de mejoras continuas para optimizar los recursos del proyecto (Pons y Rubio, 2021).

2.8.4. Tiempo de entrega (D)

Este KPI mide la eficiencia con la que se cumplen los plazos establecidos para cada fase del proyecto. En Lean Construction, el tiempo de entrega es crucial, ya que el incumplimiento de los plazos no solo afecta la satisfacción del cliente, sino que también genera costos adicionales y puede interrumpir otros proyectos. La puntualidad en las entregas se logra mediante una planificación detallada, la sincronización del flujo de trabajo y la reducción de interrupciones que podrían retrasar el avance (Pons y Rubio, 2021).

Para cumplir con los tiempos de entrega, es esencial aplicar herramientas como el *Last Planner System*, que facilita una planificación colaborativa y realista del proyecto. Este KPI permite al equipo de trabajo evaluar su rendimiento en función de la puntualidad y establecer ajustes si detectan que el proyecto se está desviando del cronograma. En el contexto de Lean Construction, cumplir con los plazos establecidos no solo es una cuestión de eficiencia, sino que también fortalece la relación con el cliente al demostrar un compromiso claro con la entrega oportuna y de calidad (Pons y Rubio, 2021).

2.8.5. Personas y competencias (P)

Este indicador evalúa la capacitación, habilidades y nivel de competencia del personal que participa en el proyecto. En Lean Construction, el desarrollo de las competencias del equipo es fundamental, ya que un personal bien capacitado y motivado contribuye a mejorar la calidad, reducir los errores y optimizar los tiempos. La medición de este KPI permite a la organización identificar áreas de capacitación necesarias, asegurando que cada trabajador tenga las habilidades necesarias para ejecutar sus tareas correctamente (Pons y Rubio, 2021).

Involucrar al personal en el proceso de mejora continua es un aspecto clave de Lean Construction, y este KPI también mide el grado de participación y compromiso del equipo. Un entorno de trabajo donde los empleados sienten que sus habilidades son valoradas y que tienen oportunidades de desarrollo profesional contribuyen a una mayor motivación y productividad. Este enfoque también reduce la rotación de personal y mejora la cohesión del equipo, lo que es crucial para mantener la calidad y eficiencia en el proyecto (Pons y Rubio, 2021).

2.8.6. Impacto ambiental (E)

En la actualidad, la sostenibilidad es un aspecto esencial en cualquier proyecto de construcción, y el indicador de impacto ambiental permite medir y minimizar los efectos negativos del proyecto sobre el entorno. En Lean Construction, se busca reducir la generación

de residuos, optimizar el uso de materiales y minimizar la huella de carbono del proyecto. Este KPI incluye prácticas como la reutilización de materiales, la reducción de desperdicios y el reciclaje, así como el diseño de procesos más sostenibles (Pons y Rubio, 2021).

La gestión del impacto ambiental no solo responde a la responsabilidad social y regulaciones medioambientales, sino que también contribuye a la eficiencia económica del proyecto. Al reducir el desperdicio de materiales y el consumo energético, la empresa no solo minimiza su impacto negativo en el entorno, sino que también ahorra costos. Además, en un contexto donde los clientes valoran cada vez más la sostenibilidad, este indicador puede ser un factor diferenciador y mejorar la imagen de la empresa en el mercado (Pons y Rubio, 2021).

2.8.7. Importancia de los KPIs en Lean Construction

El uso de KPIs en Lean Construction no solo permite a las empresas evaluar su rendimiento, sino también implementar mejoras continuas en cada aspecto del proyecto. Los KPIs deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes y estar limitados a un tiempo determinado (SMART), lo que asegura que cada objetivo tenga un impacto tangible en la eficiencia y calidad del proyecto. Además, los indicadores clave de rendimiento deben alinearse con el sistema **SQCDPE** (Seguridad, Calidad, Costos, Entrega, Personas y Entorno), proporcionando una visión integral y detallada del proyecto (Pons y Rubio, 2021).

Este enfoque integral permite detectar problemas potenciales de manera temprana, realizar ajustes en tiempo real y optimizar cada recurso utilizado en el proyecto. Así, los KPIs en Lean Construction no solo actúan como una herramienta de evaluación, sino que también promueven una cultura organizacional orientada a la mejora continua y al logro de un alto rendimiento en cada proyecto.

3. CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque de investigación

El enfoque que este estudio adoptará será el **cualitativo**, orientado a captar y entender cómo se percibe y vive la gestión de los desperdicios en el sector de la construcción en el cantón Manta. La elección de este enfoque nos permite comprender las experiencias y desafíos reales de los profesionales en esta área, siendo particularmente adecuado cuando se busca un entendimiento integral de situaciones y prácticas complejas, como lo es la gestión de desperdicios, ya que se centra en las motivaciones, actitudes y contextos de los actores involucrados, en lugar de simplemente medir resultados cuantificables.

Al trabajar directamente con testimonios de profesionales y revisar literatura especializada, se logra construir una visión más completa del contexto del cantón.

3.2. Método de investigación

Este estudio se basa en el método **inductivo**, enfoque que nos permite identificar patrones, necesidades y oportunidades directamente desde las experiencias de los profesionales de la construcción en la ciudad. Así, en lugar de imponer un modelo predeterminado, la propuesta del modelo LEAN se va moldeando en función de las realidades y desafíos propios de Manta, adaptándose a su contexto particular. Este proceso nos asegura que las conclusiones y recomendaciones que surjan respondan auténticamente a las dinámicas locales, respetando la forma en que las empresas viven y entienden sus propias prácticas y retos.

3.3. Alcance de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque **descriptivo-propositivo** porque busca, primero, entender cómo las empresas constructoras en Manta gestionan actualmente sus residuos, describiendo las prácticas y dificultades que enfrentan en el día a día. Esta parte descriptiva es

clave para conectar con la realidad de quienes trabajan en el sector y asegurarnos de que cualquier propuesta se base en sus verdaderas necesidades y experiencias.

Desde esta comprensión, el enfoque se vuelve propositivo, ya que plantea un modelo LEAN adaptado al contexto local, con la intención de que las empresas puedan aplicarlo de manera efectiva. Así, este estudio no se queda solo en observar, sino que también ofrece una solución que pueda hacer la diferencia, ayudando a mejorar las prácticas en la construcción y, en última instancia, aportando al bienestar y desarrollo sostenible de Manta.

3.4. Población y muestra

La población de este estudio está conformada por grupos claves del sector de la construcción en el cantón Manta, incluyendo empresas de construcción, trabajadores de obra y clientes o contratistas. Cada uno de estos grupos aporta una visión única sobre cómo se manejan los desperdicios en el contexto local. Las empresas comparten sus prácticas y los retos que enfrentan en la gestión de residuos; los trabajadores, desde su experiencia en el campo, ofrecen una perspectiva práctica; y los clientes aportan sus expectativas sobre eficiencia y sostenibilidad en los proyectos.

Se ha optado por un muestreo por **conveniencia**, seleccionando a los participantes que están disponibles y pueden brindar información valiosa para los objetivos de la investigación. Este tipo de muestra permite incluir a quienes mejor representan la diversidad de prácticas en el sector, sin necesidad de calcular un tamaño de muestra específica.

3.5. Técnicas de recolección de datos

Para esta investigación se realizará lo siguiente:

- Entrevistas semiestructuradas.
- Revisión bibliográfica.

3.6. Diseño y aplicación de las entrevistas

Con el objetivo de comprender las prácticas actuales y los desafíos relacionados con la gestión de desperdicios en el sector de la construcción en Manta, se realizaron entrevistas semiestructuradas a empresas dedicadas a la construcción y profesionales del sector. Estas entrevistas, realizadas de forma presencial y remota, permitieron recopilar información cualitativa que contextualiza las dinámicas locales y sienta las bases para la propuesta de un modelo Lean adaptado a este entorno.

3.6.1. Preguntas utilizadas en la entrevista

Las entrevistas se estructuraron con preguntas abiertas para facilitar respuestas detalladas y reflexivas, abordando aspectos clave del manejo de desperdicios, retos operativos y posibles mejoras. A continuación, se resumen las preguntas utilizadas:

- ¿Cómo describiría las prácticas actuales de gestión de desperdicios en su empresa o proyectos?
- ¿Cuáles son los principales retos que enfrenta en la gestión de desperdicios?
- Desde su experiencia, ¿qué factores contribuyen más a la generación de desperdicios en los proyectos de construcción?
- ¿Qué impacto tienen los desperdicios en los costos, plazos y calidad de los proyectos?
- ¿Qué estrategias ha implementado para reducir los desperdicios en sus obras?
- ¿Ha considerado o utilizado herramientas relacionadas con Lean Construction? Si no, ¿qué obstáculos ve para implementarlas?
- ¿Qué mejoras cree que podrían optimizar la gestión de desperdicios en su contexto?

3.6.2. Entrevistados

Se entrevistaron a un total de **26 participantes**, distribuidos de la siguiente manera:

- Empresas dedicadas a la construcción: 6

→ Profesionales independientes: 20

Estas entrevistas representaron una diversidad de perspectivas, desde la gestión a nivel empresarial hasta la experiencia práctica en campo, proporcionando un panorama amplio sobre la gestión de desperdicios en el sector de la construcción en Manta.

3.6.3. Resultados y análisis

Las entrevistas permitieron identificar patrones comunes y profundizar en la dinámica del manejo de desperdicios en los proyectos de construcción en Manta. Los hallazgos clave incluyen:

- **Prácticas actuales:** Las empresas y profesionales gestionan los desperdicios de manera reactiva, con una dependencia significativa de la experiencia y sin protocolos formales establecidos.
- **Principales desafíos:** Los participantes destacaron problemas como la falta de planificación adecuada, los cambios de diseño no anticipados y una insuficiente capacitación en el manejo eficiente de materiales.
- **Impacto económico:** Todos coincidieron en que los desperdicios incrementan los costos operativos, afectan los cronogramas y generan un impacto negativo en la rentabilidad.
- **Desconocimiento de Lean Construction:** Aunque algunos participantes han escuchado sobre la metodología, ninguno había implementado herramientas Lean de manera sistemática. Sin embargo, manifieste interés en explorar estas estrategias como una posible solución.

4. CAPITULO IV: PROPUESTA DEL MODELO LEAN

4.1. Análisis de las prácticas actuales de gestión de desperdicios en el cantón Manta

Manta es un cantón situado en la provincia de Manabí, en la costa de Ecuador, con una población aproximada de 271.145 habitantes, es una de las ciudades más importantes del país en términos de actividad económica y portuaria. La expansión urbana y el incremento de proyectos de construcción han generado la necesidad de gestionar adecuadamente los desperdicios, ya que la falta de un control eficiente puede afectar tanto el entorno natural como el desarrollo sostenible de la ciudad.

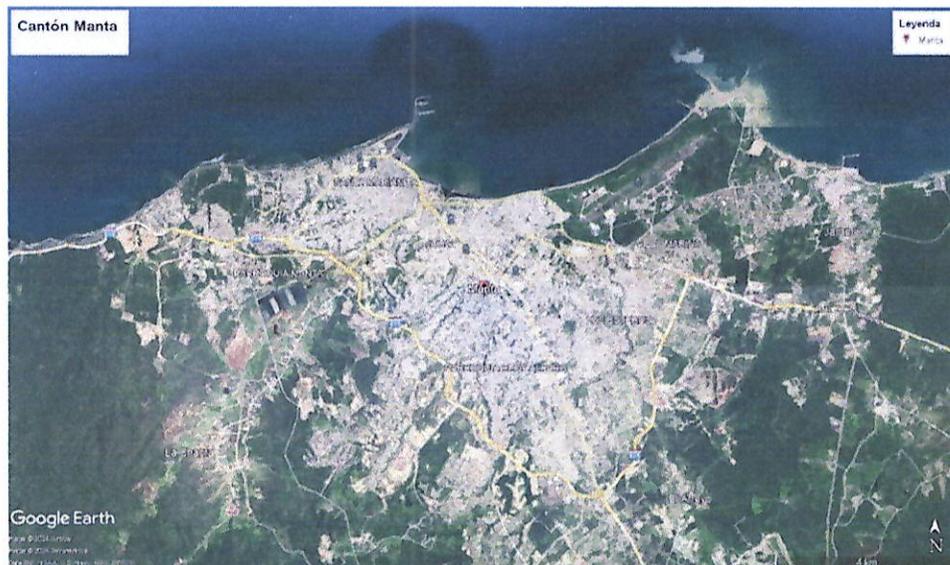


Ilustración 8 - Imagen satelital del Cantón Manta (Google Earth)

La presente investigación propone un modelo Lean adaptado al contexto local para abordar este desafío. A través de entrevistas semiestructuradas con empresas y trabajadores independientes del sector de la construcción, se identifican patrones y prácticas que evidencian la falta de sistemas formales y consistentes en la gestión de residuos. Esta sección analiza las prácticas actuales, exponen los problemas identificados y señala las oportunidades de mejora basadas en los principios Lean.

En la metodología Lean, el concepto de "desperdicio" se extiende más allá de los residuos físicos e incluye cualquier actividad o proceso que consuma recursos sin generar valor para el cliente final.

4.2. Prácticas observadas en la gestión de desperdicios en el cantón Manta

En el contexto de Manta, las prácticas actuales de gestión de desperdicios en la construcción reflejan una variedad de desafíos en términos de eficiencia y sostenibilidad, afectando tanto a empresas formales como informales. Las empresas formales suelen seguir ciertos protocolos establecidos, mientras que las informales presentan una mayor atención de recursos y planificación estructurada, lo que incrementa significativamente los desperdicios. A continuación, se describen las prácticas específicas observadas en cada tipo de desperdicio, según la metodología Lean:

- **Sobreproducción:** En varios proyectos de construcción, se observan niveles de producción que exceden las necesidades inmediatas, ya sea en la fabricación de materiales como en la adquisición de insumos. Esta sobreproducción responde a la falta de coordinación y planificación adecuada, lo cual genera inventarios adicionales y aumenta el riesgo de daños y obsolescencia de materiales. En particular, las empresas informales tienden a comprar materiales en exceso para evitar futuras demoras, sin considerar los costos adicionales de almacenamiento.

- **Tiempo de espera:** En los sitios de construcción, es común que los trabajadores y el equipo permanezcan inactivos debido a retrasos en el suministro de materiales o en la asignación de tareas. Estos tiempos de espera no solo reducen la eficiencia operativa, sino que generan frustración entre los trabajadores y conducen a un uso ineficiente de los recursos disponibles. Este tipo de desperdicio es especialmente frecuente en

proyectos de empresas informales, donde la falta de planificación a menudo causa interrupciones en el flujo de trabajo.

- **Transporte innecesario:** En muchos proyectos, los materiales son transportados repetidamente entre áreas de trabajo debido a la ausencia de una disposición estratégica de los mismos. Este transporte adicional genera desgaste en los materiales, incrementa los tiempos de manipulación y representa costos adicionales en términos de tiempo y esfuerzo. En empresas formales, aunque se observa una mejor organización, el transporte innecesario sigue siendo un problema debido a la falta de un diseño óptimo de almacenamiento en el sitio.
- **Exceso de procesos:** Algunas empresas realizan procesos que no agregan valor directo al cliente, como inspecciones redundantes o etapas de revisión que no contribuyen a la mejora de calidad. Estos procesos innecesarios aumentan los costos y el tiempo total de construcción sin aportar beneficios significativos. En proyectos de empresas informales, este desperdicio suele surgir de la falta de estandarización y de un enfoque de trabajo basado en ensayo y error.
- **Movimiento innecesario:** En los sitios de construcción, los trabajadores a menudo deben desplazarse repetidamente para acceder a herramientas y materiales debido a una organización ineficaz del espacio de trabajo. Estos movimientos innecesarios incrementan los tiempos de ejecución y afectan la productividad del proyecto, al mismo tiempo que elevan el riesgo de accidentes. En las empresas informales, el movimiento innecesario es particularmente frecuente debido a la falta de una disposición lógica y estratégica de los materiales en el lugar de trabajo.
- **Defectos:** La falta de control de calidad y de procesos estandarizados genera defectos en los trabajos realizados, lo que obliga a realizar correcciones posteriores y aumenta

el uso de materiales y recursos. En empresas informales, los defectos suelen ser más frecuentes debido a la falta de capacitación y de supervisión constante, lo cual deriva en una calidad inconsistente del producto final.

- **Talento no aprovechado:** En muchas empresas de construcción, el talento de los trabajadores no es utilizado de manera óptima. Los empleados a menudo no tienen la oportunidad de contribuir con ideas de mejora o de desempeñar roles que se ajustan a sus habilidades y conocimientos, lo que genera desmotivación y pérdida de oportunidades para innovar en los procesos. Este desperdicio se observa tanto en empresas formales como informales, aunque en las primeras se evidencia en menor medida debido a una estructura organizativa más definida.

Para sintetizar las prácticas observadas, a continuación, se presenta una tabla resumen que describe cómo se manifiestan los diferentes tipos de desperdicios Lean en el contexto de la construcción en Manta. Esta tabla permite identificar las áreas de oportunidad donde el modelo Lean propuesto puede generar mejoras significativas:

Tabla 1 Resumen de las prácticas observadas y sus indicadores de los tipos de desperdicios en la construcción en Manta. (Elaboración propia)

Tipo de desperdicio		Práctica observada	Indicadores
<i>Sobreproducción</i>	Producción y adquisición de materiales en exceso para prevenir demoras, resultados en inventarios innecesarios o materiales obsoletos.	Exceso de materiales almacenados sin uso inmediato; materiales dañados o acumulados.	
<i>Tiempo de espera</i>	Retrasos en el suministro de materiales y en la asignación de tareas, lo que genera tiempos muertos y reduce la eficiencia en el flujo de trabajo.	Trabajadores y maquinaria inactivos; pausas prolongadas entre etapas del proyecto.	
<i>Transportes innecesarios</i>	Movimientos repetitivos de materiales y herramientas debido a una disposición ineficiente en el sitio de construcción.	Traslados frecuentes de materiales dentro del sitio; desgaste en materiales o equipos.	
<i>Exceso de procesos</i>	Realización de inspecciones y procesos redundantes que no agregan valor, aumentando los costos y tiempos sin mejorar la calidad.	Tareas duplicadas; revisión y ajustes continuos en actividades ya completadas.	
<i>Movimiento innecesario</i>	Desplazamientos innecesarios de trabajadores para acceder a materiales y herramientas debido a una organización espacial deficiente.	Caminos largos o frecuentes para acceder a herramientas; interrupciones constantes para buscar materiales.	
<i>Defectos</i>	Fallas en la construcción debido a la falta de control de calidad, lo que ocasiona retrabajos y mayor uso de materiales.	Retrabajos visibles, residuos de materiales utilizados en correcciones, fallas en inspecciones finales.	
<i>Talento no aprovechado</i>	Limitación en la participación de trabajadores en la mejora continua, restringiendo su desarrollo y capacidad para contribuir a la eficiencia.	Falta de iniciativas o sugerencias de empleados; ausencia de capacitación y oportunidades de desarrollo.	

4.3. Problemas identificados en las prácticas actuales

A partir del análisis de las prácticas observadas y de los diferentes tipos de desperdicios identificados, se presentan problemas significativos en la gestión de desperdicios en el sector de la construcción en Manta. Estos problemas se agrupan en desafíos estructurales y operativos que impactan negativamente la eficiencia y sostenibilidad de los proyectos. A continuación, se detallan los problemas clave:

- **Falta de planificación y coordinación:** Uno de los problemas más significativos es la ausencia de un sistema de planificación que organice y estructure el flujo de materiales y actividades en el sitio de construcción. Esto resulta en tiempos de espera, transporte innecesario y acumulación de materiales, generando costos adicionales y disminuyendo la eficiencia. Sin una planificación adecuada, las actividades tienden a desarrollarse de manera reactiva, lo que incrementa la frecuencia de los desperdicios.
- **Deficiente control de calidad y retrabajos:** La falta de un control de calidad riguroso deriva en defectos frecuentes, lo cual incrementa la cantidad de materiales desperdiciados y el tiempo necesario para corregir errores. La generación de defectos no solo implica el desperdicio físico de recursos, sino que también afecta la confianza en los procesos y la consistencia en los resultados finales.
- **Exceso de movimientos y disposición ineficiente de materiales:** La organización espacial del sitio de construcción es otro problema recurrente. La disposición inadecuada de materiales y herramientas hace que los trabajadores realicen desplazamientos innecesarios, lo cual incrementa el tiempo de ejecución de las tareas y representa un riesgo adicional de accidentes laborales. Esta situación también contribuye al desgaste prematuro de los materiales y herramientas.
- **Sobreproducción de materiales y almacenamiento excesivo:** La falta de un sistema que controle y administre los materiales de acuerdo con las necesidades del proyecto

genera una sobreproducción que ocasiona costos innecesarios de almacenamiento y manejo. Además, el almacenamiento prolongado de materiales contribuye a su deterioro, especialmente en condiciones climáticas adversas, y representa un uso ineficiente del espacio en el sitio de trabajo.

- **Desaprovechamiento del talento humano:** La subutilización de las habilidades y conocimientos de los trabajadores es un problema común en el sector. Al no promover una cultura de mejora continua o no permitir que los trabajadores participen en la toma de decisiones, se limita el potencial innovador del equipo y se pierde la oportunidad de optimizar procesos con base en la experiencia del personal.
- **Impacto ambiental por disposición inadecuada de residuos:** Los problemas en la gestión de residuos en el sector de la construcción no solo afectan la eficiencia operativa, sino que también generan un impacto ambiental significativo. La disposición inadecuada de residuos contribuye a la contaminación del entorno urbano y afecta la sostenibilidad del sector a largo plazo.

Para facilitar el entendimiento de estos problemas, se presenta a continuación una tabla resumen que muestra los principales problemas en la gestión de desperdicios, sus causas y sus efectos en los proyectos de construcción:

Tabla 2 Resumen de los problemas de la gestión de desperdicios, sus causas y efectos. (Elaboración propia)

	Causas	Efectos
<i>Falta de planificación y coordinación</i>	Ausencia de un sistema integral de planificación y gestión de actividades; enfoque reactivo en lugar de proactivo.	Incremento de tiempos de espera y costos adicionales; acumulación de materiales; disminución de la eficiencia general.
<i>Deficiente control de calidad y retrabajos</i>	Falta de normas y protocolos de calidad rigurosos; inspección y verificación limitadas en los procesos.	Aumento de defectos y retrabajos, desperdicio de materiales; pérdida de confianza en los procesos y resultados.
<i>Exceso de movimientos y disposición ineficiente de materiales</i>	Organización espacial inadecuada en el sitio de construcción; falta de planificación en la ubicación de materiales y herramientas.	Desplazamientos innecesarios, aumento del tiempo de ejecución, riesgo de accidentes y desgaste de herramientas y materiales.
<i>Sobreprducción de materiales y almacenamiento excesivo</i>	Falta de control en la adquisición y planificación de materiales; inexistencia de un sistema de inventarios eficiente.	Costos adicionales de almacenamiento, deterioro de materiales por exposición prolongada; uso ineficiente del espacio de trabajo.
<i>Desaprovechamiento del talento humano</i>	Escasa participación de los trabajadores en decisiones; cultura de trabajo poco orientada a la mejora continua.	Pérdida de oportunidades de innovación; baja motivación del equipo; falta de optimización en procesos basados en la experiencia del personal.
<i>Impacto ambiental por disposición inadecuada de residuos</i>	Disposición irregular e insuficiente supervisión de los residuos; falta de cumplimiento de regulaciones ambientales.	Contaminación del entorno urbano; efectos negativos en la sostenibilidad del sector de la construcción a largo plazo.

4.4. Comparativa con los principios Lean y áreas de mejora

La metodología Lean, con su enfoque en la eliminación de desperdicios y en la mejora continua, ofrece un marco valioso para abordar los problemas de gestión de desperdicios en el sector de la construcción en Manta. Al observar las prácticas actuales y compararlas con los principios Lean, se destacan varias oportunidades de mejora que pueden transformar la cultura y las operaciones en el entorno de construcción. La implementación de un modelo Lean no solo permitiría reducir los costos y aumentar la eficiencia, sino que también contribuiría a crear un entorno de trabajo más seguro, satisfactorio y respetuoso con el medio ambiente.

4.5. Principios Lean y su aplicación en la construcción en Manta

- **Flujo de trabajo eficiente:** Los proyectos de construcción suelen presentar interrupciones constantes debido a la falta de planificación en el suministro de materiales y la asignación de tareas. Un flujo de trabajo eficiente, uno de los pilares del enfoque Lean, requiere que cada fase del proyecto se organice cuidadosamente para minimizar tiempos de espera y transporte innecesarios. Adoptar esta metodología permitiría crear un flujo de trabajo continuo y ordenado, evitando cuellos de botella y mejorando la productividad en el sitio de trabajo.
- **Mejora continua (Kaizen):** El principio de mejora continua fomenta la revisión constante de los procesos y el aprendizaje a partir de los errores. Actualmente, el sector de la construcción en Manta no cuenta con un sistema estructurado para identificar áreas de mejora de manera regular. Integrar la cultura de Kaizen motivaría a los trabajadores a buscar soluciones prácticas ya adaptarse a las condiciones cambiantes, mejorando tanto la calidad del trabajo como la moral del equipo. Además, promover la mejora continua permite que los trabajadores se sientan valorados y participen activamente en la creación de un entorno de trabajo más eficiente.

- **Estandarización de procesos:** La estandarización es fundamental en Lean, ya que proporciona una base clara y consistente para realizar las tareas de manera eficiente y segura. En la construcción en Manta, la falta de estándares en la clasificación y disposición de materiales genera una alta variabilidad en los procesos, lo que aumenta la frecuencia de errores y reduce la calidad de los resultados. Al definir procedimientos claros y consistentes, la estandarización minimiza las desviaciones en el proceso y asegura que cada trabajador sepa exactamente qué se espera de él en cada etapa del proyecto.

- **Minimización de movimientos innecesarios:** Uno de los problemas observados en el sitio de trabajo es el constante desplazamiento de trabajadores para acceder a materiales y herramientas, lo cual incrementa los tiempos de ejecución y el desgaste físico del equipo. La metodología Lean fomenta la organización eficiente del espacio de trabajo, colocando los materiales y herramientas en ubicaciones estratégicas que minimizan los desplazamientos y facilitan el flujo de trabajo. Esta disposición no solo optimiza el tiempo y reduce los costos, sino que también mejora la experiencia de los trabajadores, quienes pueden realizar sus tareas con menos esfuerzo físico y mayor comodidad.

- **Desarrollo y aprovechamiento del talento humano:** En Lean, el talento y las ideas de cada trabajador son recursos valiosos para el éxito del proyecto. En el contexto de Manta, existe una oportunidad importante para empoderar a los trabajadores, permitiéndoles contribuir con ideas de mejora y aprovechar sus habilidades al máximo. Esta práctica no solo fortalece el sentido de pertenencia y motivación del equipo, sino que también genera soluciones creativas y efectivas para los problemas cotidianos. Al valorar las perspectivas y habilidades de cada trabajador, se fomenta una cultura de colaboración y respeto que enriquece el ambiente laboral.

Tabla 3 Resumen de las áreas de mejora y el impacto de los principios Lean. (Elaboración propia)

Principio Lean		Áreas de mejora	Impacto
<i>Flujo de trabajo eficiente</i>		Planificación y organización cuidadosa del suministro de materiales y asignación de tareas para cada fase del proyecto, evitando interrupciones y optimizando tiempos.	Reducción de tiempos de espera, eliminación de cuellos de botella, aumento de la productividad en el sitio de trabajo.
<i>Mejora continua (Kaizen)</i>		Implementación de un sistema de revisión constante de procesos y aprendizaje continuo para identificar y resolver áreas de mejora.	Fomento de una cultura de aprendizaje, motivación y participación del equipo en la mejora de los procesos.
<i>Estandarización de procesos</i>		Creación de procedimientos claros para la clasificación y manejo de materiales, asegurando consistencia y reduciendo la variabilidad en los procesos.	Disminución de errores y desviaciones, mejora de la calidad y consistencia en cada etapa del proyecto.
<i>Minimización de movimientos innecesarios</i>		Organización estratégica del sitio de trabajo, ubicando materiales y herramientas en lugares accesibles para reducir desplazamientos.	Reducción del tiempo de ejecución, mejora de la ergonomía y bienestar de los trabajadores, optimización del espacio.
<i>Aprovechamiento del talento humano</i>		Fomento de una cultura colaborativa que valore y empodere a los trabajadores, incentivando la participación en la mejora de procesos y aportación de ideas.	Fortalecimiento del sentido de pertenencia, aumento de la motivación, y generación de soluciones prácticas e innovadoras.

4.6. Modelo de implementación

Este modelo está diseñado como una guía visual y práctica que permite a las empresas del sector construcción identificar y abordar problemas de desperdicio en sus proyectos, específicamente en el cantón Manta. Para asegurar una comprensión clara y un uso eficiente del modelo, se ha estructurado en dos partes complementarias: un diagrama de flujo y una tabla explicativa. Cada componente ofrece una perspectiva diferente sobre la metodología Lean aplicada a la construcción, proporcionando al usuario un camino sencillo para diagnosticar problemas y aplicar soluciones de manera eficaz.

4.6.1. Diagrama de flujo para la identificación de problemas y soluciones lean

El diagrama de flujo es el primer componente del modelo, diseñado para guiar paso a paso en la identificación de problemas de desperdicio en un proyecto de construcción. Este esquema visual permite a los responsables de la obra detectar áreas específicas de desperdicio como sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, defectos, entre otros. Cada problema tiene asociado un conjunto de soluciones basadas en herramientas Lean, como el Sistema Pull, el Diseño Orientado al Valor (TVD), el Sistema del Último Planificador (LPS), el Mapeo del Flujo de Valor (VSM), entre otros.

En el diagrama, cada problema potencial de desperdicio es una etapa donde el usuario debe evaluar si existe una situación que genera ineficiencia. En caso afirmativo, se recomienda la aplicación de una o más herramientas Lean, con una breve descripción de cómo proceder en cada caso. Este diagrama de flujo ofrece una ruta clara y accesible para la toma de decisiones, ayudando a que incluso quienes no tienen experiencia profunda en Lean puedan seguirlo y aplicar los pasos necesarios. A continuación, se presentará el diagrama de flujo completo, donde se detalla cada problema identificado y la solución recomendada para optimizar la eficiencia y minimizar el desperdicio en proyectos de construcci

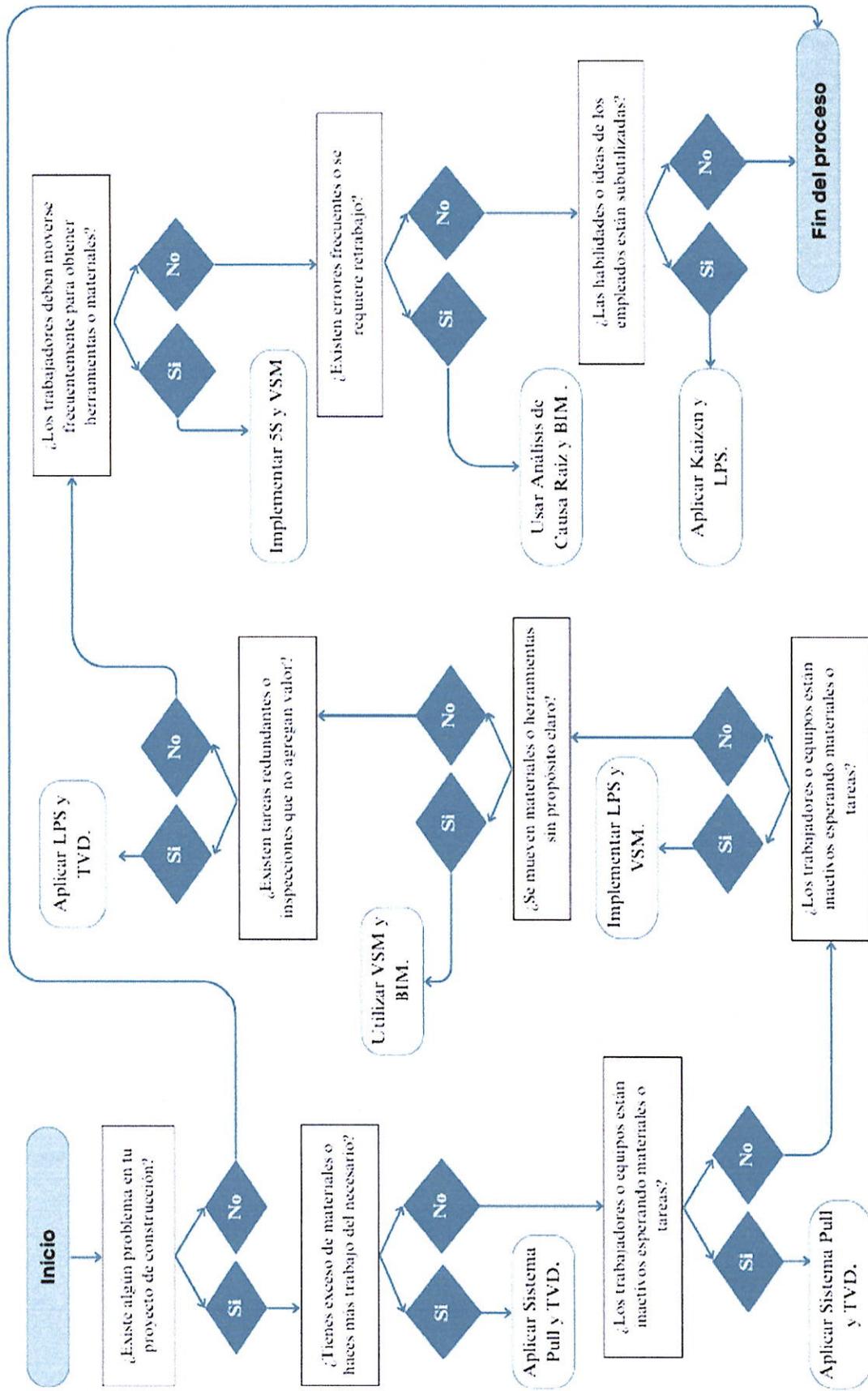


Ilustración 9 - Diagrama de flujo para identificar los desperdicios y ofrecer opciones para gestionarlos. (Elaboración propia)

4.6.2. Tabla de implementación paso a paso de las herramientas lean

Para complementar el diagrama de flujo, se ha incluido una tabla explicativa que amplía los pasos y proporciona instrucciones detalladas para implementar cada herramienta Lean en la práctica. La tabla organiza las soluciones por tipo de desperdicio y describe la aplicación de cada herramienta paso a paso, permitiendo que el usuario siga una metodología clara y estructurada en la implementación de las mejoras.

La tabla está dividida en columnas que incluyen: (1) el problema identificado, (2) la herramienta Lean recomendada, (3) una explicación detallada de cómo la herramienta abordará el problema, y (4) los pasos específicos que deben seguirse para una implementación exitosa.

La combinación del diagrama de flujo y la tabla tiene el objetivo de ofrecer una herramienta integral que no solo identifique problemas, sino que también permita aplicar las soluciones Lean de forma ordenada, intuitiva y eficiente. A continuación, se presenta la tabla de implementación, con los pasos detallados para cada tipo de desperdicio y la herramienta Lean correspondiente

Tabla 4 Implementación paso a paso de las herramientas Lean según el tipo de desperdicio.
(Elaboración propia)

DESPERDICIO	SOLUCIÓN	IMPLEMENTACIÓN
Sobreproducción	<i>PULL</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir niveles mínimos de inventario. 2. Establecer puntos de reabastecimiento. 3. Coordinar entregas con proveedores.
	<i>TVD</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir objetivos de costo y calidad. 2. Monitorear y ajustar continuamente. 3. Alinear diseño y materiales con el valor esperado.
Tiempo de espera	<i>LPS</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planificación semanal y diaria. 2. Asignar tareas diarias. 3. Evaluar el cumplimiento semanal.
	<i>VSM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mapear el flujo de trabajo completo. 2. Identificar tiempos de espera. 3. Rediseñar el flujo.
Transporte innecesario	<i>VSM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mapear rutas de transporte. 2. Identificar movimientos redundantes. 3. Minimizar el transporte.
	<i>BIM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un modelo virtual del sitio. 2. Optimizar disposición de recursos. 3. Implementar cambios según el modelo.

DESPERDICIO	SOLUCIÓN	IMPLEMENTACIÓN
Exceso de procesos	<i>LPS</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar tareas que aportan valor. 2. Eliminar procesos sin valor. 3. Revisión semanal de actividades.
	<i>TVD</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir estándares de valor. 2. Alinear procesos con el valor del proyecto. 3. Eliminar tareas sin valor.
Movimiento innecesario	<i>5S</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Clasificar (Seiri). 2. Ordenar (Seiton). 3. Limpiar (Seiso). 4. Estandarizar (Seiketsu). 5. Sostener (Shitsuke).
	<i>VSM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mapear movimientos de trabajadores. 2. Identificar patrones ineficientes 3. Reubicar herramientas y materiales.
Defectos	<i>ANÁLISIS CUASA RAÍZ</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir y documentar el problema. 2. Recolectar datos sobre el defecto. 3. Aplicar el método de los “5 Porqués”. 4. Desarrollar y aplicar una solución.
	<i>BIM</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un modelo digital del sitio. 2. Identificar conflictos de diseño. 3. Ajustar antes de la ejecución.

DESPERDICIO	SOLUCIÓN	IMPLEMENTACIÓN
<p>Talento no aprovechado</p>	<p><i>KAIZEN</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organizar sesiones de mejora continua. 2. Involucrar a todos los trabajadores. 3. Priorizar y documentar ideas de mejora. 4. Implementar las mejoras sugeridas. 5. Revisar y ajustar continuamente los resultados.
	<p><i>LPS</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar reuniones colaborativas de planificación. 2. Asignar tareas según habilidades específicas. 3. Recoger y aplicar recomendaciones del equipo. 4. Documentar mejoras y cambios.

4.7. Plan de implementación del modelo

Este plan de implementación guía el proceso de aplicación del modelo Lean en la gestión de desperdicios de construcción, asegurando que cada paso sea comprensible y práctico para el equipo de proyecto. El plan está estructurado en cuatro etapas clave: preparación, aplicación de soluciones, monitoreo y ajuste, y evaluación final.

4.7.1. Etapa 1: Preparación y diagnóstico inicial

En la primera etapa, el equipo realiza una preparación fundamental para comprender y aplicar el modelo Lean. Esta fase incluye la familiarización con las herramientas Lean, como el diagrama de flujo y la tabla de implementación, y un diagnóstico inicial para identificar los problemas de desperdicio en el proyecto. El objetivo es que el equipo comprenda cada tipo de desperdicio potencial (sobreproducción, tiempo de espera, transporte innecesario, etc.) y pueda categorizar los problemas que afectan la eficiencia del proyecto.

Pasos:

- **Familiarización:** Asegurarse de que el equipo comprenda cada herramienta y su propósito en el proceso de mejora.
- **Diagnóstico inicial:** Usar el diagrama de flujo para revisar cada tipo de desperdicio y documentar los problemas detectados.

4.7.2. Etapa 2: Aplicación de soluciones lean

Una vez identificados los problemas, el equipo pasa a la aplicación de soluciones Lean. Basándose en el diagnóstico inicial y la tabla de implementación, cada problema detectado se aborda con herramientas específicas de Lean, como el Sistema Pull, el Last Planner System (LPS), y el Mapeo del Flujo de Valor (VSM). Esta fase implica seguir una serie de pasos detallados para asegurar que cada herramienta se aplique correctamente y que las acciones estén alineadas con los objetivos de eficiencia del proyecto.

Pasos:

- **Selección de herramientas:** Elegir la herramienta Lean apropiada según el tipo de desperdicio identificado.
- **Aplicación de la herramienta:** Siga los pasos detallados en la tabla para implementar la herramienta de forma efectiva, documentando ajustes o cambios realizados.

4.7.3. Etapa 3: Monitoreo y ajuste

El monitoreo continuo es fundamental para verificar que las soluciones están funcionando como se espera. En esta etapa, el equipo realiza revisiones semanales para evaluar el progreso y los resultados de cada solución aplicada. Si persisten los problemas o se identifican nuevos, se pueden hacer ajustes en las herramientas o adaptar el flujo de trabajo según los resultados observados. Este enfoque asegura una mejora continua y mantiene el proyecto en la dirección adecuada.

Pasos:

- **Revisión semanal:** Evaluar regularmente el impacto de las herramientas aplicadas y documentar los avances.
- **Ajustes y mejoras continuas:** Adaptar la aplicación de las herramientas en base a los resultados y sugerencias del equipo, realizando cambios cuando sea necesario.

4.7.4. Etapa 4: Evaluación de resultados y documentación

La etapa final consiste en una evaluación completa de los resultados obtenidos con la implementación del modelo Lean. Aquí, el equipo compara los resultados con los objetivos de reducción de desperdicios y eficiencia definidos al inicio del proyecto. Además, se documentan los aprendizajes, las prácticas efectivas y cualquier recomendación para futuros proyectos, lo que ayuda a construir un conocimiento sólido para aplicarlo en nuevas obras.

Pasos:

- **Evaluación general:** Revisar el cumplimiento de los objetivos de reducción de desperdicios y eficiencia.
- **Documentación de resultados:** Registrar las estrategias efectivas y recomendaciones para futuros proyectos, consolidando la experiencia adquirida en un informe final.

Tabla 5 Etapas de implementación del modelo. (Elaboración propia)

		Objetivo principal	Acciones clave
Etapa	1. Preparación y diagnóstico inicial	Familiarizar al equipo con el enfoque Lean y detectar oportunidades de mejora en el proyecto.	Introducir y explicar las herramientas Lean (utilizando el diagrama y tabla de apoyo).
			Identificar problemas y clasificar tipos de desperdicio.
	2. Implementación de soluciones Lean	Aplicar herramientas Lean específicas adaptadas a cada tipo de desperdicio identificado.	Elegir las herramientas Lean adecuadas para cada problema.
			Ejecutar cada herramienta siguiendo las instrucciones detalladas.
	3. Seguimiento y ajustes	Asegurar la efectividad de las soluciones implementadas y realizar ajustes continuos según los resultados.	Realizar revisiones periódicas del progreso.
			Ajustar herramientas y estrategias conforme surjan necesidades de mejora.
	4. Evaluación de resultados y documentación	Analizar el impacto del modelo Lean en el proyecto y documentar lecciones aprendidas para futuros proyectos.	Evaluar el logro de los objetivos.
			Registrar resultados y recomendaciones para referencia futura.

4.8. Indicadores de evaluación para la implementación del modelo

Para asegurar que la implementación del modelo Lean en la gestión de desperdicios esté cumpliendo con los objetivos de optimización y eficiencia, es esencial monitorear una serie de indicadores clave. Estos indicadores ofrecen una visión clara de las áreas en las que el modelo está teniendo un impacto positivo, así como aquellas que podrían requerir ajustes o mejoras. A continuación, se presentan los indicadores más relevantes:

4.8.1. Pasos para utilizar los indicadores

- 1. Establecimiento de límites objetivo:** Antes de la implementación, defina valores objetivo para cada indicador (por ejemplo, una reducción del 20% en materiales excedentes).
- 2. Medición inicial y seguimiento regular:** Realice una medición inicial para obtener una línea base y luego monitoree cada indicador de forma semanal o mensual.
- 3. Análisis y ajuste:** Si algún indicador muestra un rendimiento inferior al esperado, revise las herramientas Lean aplicadas y realice los ajustes necesarios para maximizar la eficiencia.
- 4. Informe de resultados:** Al finalizar el proyecto, evalúe el impacto global mediante estos indicadores para determinar el éxito del modelo Lean y documentar las mejores prácticas y aprendizajes para futuros proyectos.

Tabla 6 Indicadores de evaluación para la implementación del modelo. (Elaboración propia)

Indicador	Descripción	Método de medición
<i>Reducción de materiales excedentes</i>	Evalúa la disminución en la cantidad de materiales almacenados en exceso en el sitio antes y después de implementar el modelo Lean.	Comparación de inventarios de materiales antes y después, con una meta de reducción del 20-30%.
<i>Tasa de tiempos de espera</i>	Mide la reducción de inactividad de trabajadores y equipos en el sitio de construcción.	Registro semanal de tiempos muertos, buscando una reducción del 15-25%.
<i>Eficiencia en el transporte</i>	Analiza la cantidad de movimientos de materiales y herramientas en el sitio, optimizando los desplazamientos necesarios.	Conteo de transportes diarios y semanales con un objetivo de reducir al menos un 20% en movimientos innecesarios.
<i>Productividad del equipo</i>	Mide la cantidad de tareas completadas en el tiempo planificado y con los recursos asignados.	Seguimiento de la tasa de cumplimiento de tareas planificadas, usando el indicador Percent Plan Complete (PPC).
<i>Disminución de defectos y retrabajo</i>	Indica la reducción en la cantidad de errores y trabajos repetidos antes y después de la implementación del modelo Lean.	Registro de incidentes y trabajos de corrección, apuntando a una disminución del retrabajo entre el 15-30%.
<i>Nivel de aprovechamiento del talento</i>	Evalúa la participación de los trabajadores en la identificación y solución de problemas.	Encuestas periódicas al personal y análisis de propuestas implementadas, con el objetivo de fomentar una mejora continua.
<i>Cumplimiento de plazos</i>	Mide el porcentaje de tareas finalizadas dentro del tiempo programado gracias a una planificación eficiente.	Comparación entre el cronograma inicial y el cronograma real, buscando un cumplimiento superior al 90%.
<i>Índice de satisfacción del cliente</i>	Refleja la percepción del cliente en cuanto a la calidad y eficiencia en la ejecución del proyecto.	Encuestas de satisfacción aplicadas al cliente final y al contratante, con el objetivo de obtener una valoración positiva superior al 80%.

5. CAPITULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Discusión

La investigación aborda el problema de la ineficiencia en la gestión de desperdicios en proyectos de construcción en el cantón Manta y propone un modelo Lean adaptado al contexto local. Este modelo, fundamentado en los principios de Lean Construction, se desarrolló a partir del análisis de entrevistas realizadas a empresas y profesionales del sector, complementado con un sólido marco teórico.

Los resultados revelaron que los principales desperdicios identificados (sobreproducción, tiempos de espera, transporte y movimientos innecesarios, defectos, procesos redundantes y el desaprovechamiento del talento) coinciden con los planteamientos teóricos de autores como Koskela (1992) y Ballard (1999). Por ejemplo, la sobreproducción y los defectos se vinculan con una planificación insuficiente y la falta de control de calidad, mientras que los tiempos muertos reflejan una coordinación deficiente. Estas problemáticas, recurrentes en la literatura, refuerzan la validez del modelo propuesto, que incluye herramientas como el Sistema Pull, el Last Planner System (LPS) y el Mapeo del Flujo de Valor (VSM).

La solución planteada se basa en principios como la estandarización de procesos, la mejora continua (Kaizen) y la optimización del flujo de trabajo. Estas estrategias no solo buscan reducir desperdicios, sino también generar un cambio cultural en las empresas, promoviendo la sostenibilidad y un uso más eficiente de los recursos. Las herramientas Lean permiten atacar directamente los problemas detectados, como la disposición ineficiente de materiales y el desaprovechamiento del talento humano.

Aunque los resultados son consistentes con el marco teórico y aplicable al contexto local, se reconoce la necesidad de validar la propuesta con estudios cuantitativos y muestras más

amplias. Sin embargo, esta investigación ofrece un aporte significativo al introducir un enfoque práctico que puede ser replicado en otros contextos similares. Además, plantea implicaciones importantes para la industria, como la necesidad de capacitar al personal y fomentar una cultura de mejora continua, y para las políticas públicas, incentivando la adopción de metodologías eficientes.

5.2. Conclusiones

El presente trabajo ha desarrollado un modelo de gestión de residuos basado en la metodología Lean Construction, adaptado a las características específicas del sector de la construcción en el cantón Manta. Este modelo aborda de manera integral las deficiencias identificadas en las prácticas actuales, las cuales están marcadas por enfoques tradicionales que generan altos niveles de ineficiencia, sobrecostos y un impacto negativo en la sostenibilidad operativa. La investigación permitió no solo identificar estas problemáticas, sino también proponer soluciones concretas que alineen las operaciones del sector con una visión moderna y eficiente.

El análisis detallado de las prácticas de gestión de desperdicios en Manta evidenció problemas como sobreproducción, tiempos de espera prolongados, movimientos innecesarios, defectos en los procesos y una gestión inadecuada del talento humano. Estos hallazgos están en plena concordancia con los planteamientos teóricos de Lean Construction y refuerzan la necesidad de implementar un sistema estructurado que elimine desperdicios y mejore la eficiencia en cada fase de los proyectos constructivos. El modelo diseñado se fundamenta en herramientas reconocidas y adaptadas, como el Sistema Pull, el Last Planner System (LPS), el Mapeo del Flujo de Valor (VSM) y el Building Information Modeling (BIM), todas presentadas de forma práctica y accesible para facilitar su aplicación.

La propuesta incluye un plan de implementación estructurado en cuatro etapas que proporciona una guía clara para la transición gradual hacia una gestión Lean. Este enfoque permite que las empresas realicen ajustes según sus necesidades específicas, asegurando un proceso de adopción supervisado y medible a través de indicadores clave. Al mismo tiempo, el modelo promueve una cultura organizacional de mejora continua, aumentando la competitividad de las empresas locales y contribuyendo al desarrollo sostenible de la región.

El impacto esperado del modelo Lean va más allá de la optimización de recursos y la reducción de desperdicios. Su implementación tiene el potencial de transformar las operaciones del sector, posicionándolo como un referente de buenas prácticas en sostenibilidad y eficiencia. Asimismo, se espera que fomente una mayor conciencia ambiental y un compromiso más sólido del sector con la comunidad, reduciendo la disposición inadecuada de residuos y promoviendo un entorno urbano más limpio y organizado.

Desde el ámbito académico, este trabajo constituye un aporte relevante al conocimiento aplicado de la metodología Lean, demostrando su adaptabilidad y efectividad en contextos específicos como el de Manta. Se sientan, además, las bases para investigaciones futuras que exploren cómo profundizar y expandir la aplicación del modelo, evaluando sus resultados en distintos entornos y con muestras más amplias. La inclusión de tecnologías emergentes y un análisis más detallado de indicadores cuantitativos también representan oportunidades para fortalecer aún más este enfoque.

En resumen, la implementación del modelo Lean diseñado en este trabajo ofrece una respuesta práctica y fundamentada al problema de la gestión de desperdicios en el sector de la construcción en Manta. Este modelo no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también impulsa una transformación organizacional hacia prácticas más conscientes, sostenibles y competitivas, marcando un hito en la evolución del sector hacia una construcción más moderna y responsable.

5.3. Recomendaciones

Para maximizar los beneficios del modelo Lean en la gestión de desperdicios y asegurar su implementación exitosa en el sector de la construcción en Manta, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- **Capacitación del personal:**

Es fundamental que las empresas inviertan en la capacitación de sus equipos en los principios y herramientas de Lean Construction. La comprensión y aceptación del modelo por parte de todos los niveles de la organización son esenciales para su éxito. Se recomienda realizar talleres iniciales y capacitaciones periódicas para fortalecer las competencias del personal en la metodología Lean.

- **Implementación gradual del modelo:**

Para facilitar la adaptación, se recomienda que las empresas implementen el modelo de forma gradual, comenzando con una fase piloto en un proyecto específico antes de extenderlo a toda la organización. Esta fase piloto permitirá identificar posibles desafíos y adaptar el modelo según las necesidades particulares de la empresa y el proyecto.

- **Establecimiento de indicadores de desempeño:**

Los indicadores de evaluación establecidos en el modelo deben ser revisados y adaptados a cada empresa, para reflejar sus objetivos específicos y los recursos disponibles. Se sugiere que las empresas definan límites y objetivos claros para cada indicador, y que realicen un seguimiento constante para evaluar el progreso y realizar ajustes en tiempo real.

- **Promoción de una cultura de mejora continua:**

La efectividad del modelo Lean depende en gran medida de una cultura organizacional que valore la mejora continua y la participación de todos los trabajadores en el proceso de

optimización. Se recomienda que las empresas fomenten prácticas como el Kaizen, donde los empleados tengan la oportunidad de proponer mejoras en los procesos y compartir sus conocimientos y experiencias.

- **Evaluación y documentación de resultados:**

Al finalizar cada proyecto en el que se implementa el modelo, es esencial documentar los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas. Esta práctica permitirá acumular conocimiento y crear una base de datos de experiencias que pueda ser utilizada para optimizar futuras implementaciones, así como para justificar la efectividad del modelo ante posibles interesados o futuros clientes.

- **Fomento de la colaboración con proveedores:**

Para que el Sistema Pull funcione de manera óptima, es crucial mantener una comunicación efectiva con los proveedores de materiales. Las empresas deben establecer acuerdos de colaboración que les permitan recibir materiales en función de la demanda del proyecto, evitando así la sobreproducción y mejorando la eficiencia en la gestión de inventarios.

- **Uso de tecnología para mejorar la eficiencia:**

Se recomienda que las empresas consideren la inversión en herramientas tecnológicas, como el Building Information Modeling (BIM), para mejorar la planificación y coordinación de sus proyectos. Estas herramientas complementan el modelo Lean y ayudan a reducir errores, mejorar la precisión en el diseño y optimizar la disposición del sitio de construcción.

Bibliografía

- Ballard, G. (1999). *what is Lean Construction*. En: Seventh Conference of the International Group for Lean Construction, California- USA, IGLC, Paper 7.
- Ballard, G., y Howell, G. (2000). *Sistema de control de producción Last Planner*. Lean Construction Institute.
- Cárdenas, Antony & Orellana, Andrea & Sáez, Sara & Campaña, Augusto. (2022). Implementación de la Metodología 5s en las Empresas industriales periodo – 2021. Qantu Yachay. 2. 16-25.
- Desai, A. E., & Shelat, M. J. (2014). Value stream mapping as a lean construction tool— a case study. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, ISSN, 2278-0181.
- Doron, S., Gabai., Rafael, Sacks. (2023). Repeatabe, Scalable, Global Implementation of Optimized Cycle-Time Flow (OCF). doi: 10.24928/2023/0117
- González, V.A., Hamzeh, F., & Alarcón, L.F. (Eds.). (2022). *Lean Construction 4.0: Driving a Digital Revolution of Production Management in the AEC Industry* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781003150930>
- Instituto Agile. (2022). *Los 8 desperdicios en Lean*. Recuperado 1 de noviembre de 2024, de <https://www.institutoagile.com/post/los-7-1-desperdicios-en-lean>
- Koskela, L. (1992). *Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción*. Universidad de Stanford.
- Lean Construction Institute. *What is Lean Construction*, consultado 15 de octubre 2024, de <http://www.leanconstruction.org/about-us/what-is-lean-construction/>.
- Martínez, J., Herrera, R y Salazar, LA (2017). *Propuesta metodológica para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción*. Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Michalski, A., Głodziński, E., y Böde, K. (2022). Técnicas de gestión de la construcción lean y tecnología BIM: revisión sistemática de la literatura. *Procedia Computer Science*, 196, 1036–1043. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.107>
- Muñoz Guevara, J. A., Zapata Urquijo, C. A., & Medina Varela, P. D. (2022). *Lean manufacturing: modelos y herramientas*.
- Musa, M., Pasquire, C., & Hurst, A. (2019, July). Using TVD simulation to improve collaboration. In *ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION* (Vol. 27).
- Paredes, J. Páez, D. (2024). *Análisis comparativo de metodologías de gestión de proyectos en construcción: Cascada, Ágil y Lean*. *G-ner@ndo*, V°5 (N°2), 310 -334.
- Pons Achell, JF (2014). *Introducción a la Construcción Lean*. Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons J.F., Rubio I. (2019) *Lean Construction y la Planificación Colaborativa: Metodología del Last Planner® System*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Pons, J., y Rubio, I. (2021). *Lean Construction: Las 10 claves del éxito para su implantación*. Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Raymundo, Rios. (2022). Industry 4.0: A Real-Time Cyberphysical System to execute the Just-in-Time Philosophy in Lean Construction.
- T., Stephen, Devaraj. (2022). Study and implementaion of just - in - time philosophy in indian construction industry. *Ymer*, 21(04):594-609.
- Vilana Arto, L. (s.f). *Fundamentos del Lean Manufacturing*

Anexos

Anexo A: Preguntas de la entrevista y respuestas comunes

Pregunta	Respuestas comunes
1. ¿Cómo describiría las prácticas actuales de gestión de desperdicios en su empresa o proyectos?	"No tenemos un sistema formal, todo depende de cada obra y las decisiones del encargado." "Guardamos materiales en exceso por precaución, pero se desperdician".
2. ¿Cuáles son los principales retos que enfrenta en la gestión de desperdicios?	"Retrasos en entregas de proveedores." "Falta de espacio para almacenar materiales." "Poca coordinación en las actividades."
3. Desde su experiencia, ¿qué factores contribuyen más a la generación de desperdicios en los proyectos de construcción?	"Falta de planificación". "Errores en el diseño inicial que terminan en retrabajos." "Mala organización del sitio de trabajo."
4. ¿Qué impacto tienen los desperdicios en los costos, plazos y calidad de los proyectos?	"Incrementan los costos porque se compran materiales adicionales." "Afectan los tiempos por los retrabajos." "La calidad se compromete por los defectos."
5. ¿Qué estrategias ha implementado para reducir los desperdicios en sus obras?	"Reutilizamos restos de materiales, pero sin mucho control". "Asignamos un encargado para supervisar, pero no siempre funciona."
6. ¿Ha considerado o utilizado herramientas relacionadas con Lean Construction? Si no, ¿qué obstáculos ve para implementarlas?	"No usamos herramientas específicas; parece algo complicado." "Falta de capacitación sobre Lean". "No sabemos si se ajusta a nuestra realidad."

7. ¿Qué mejoras cree que podrían optimizar la gestión de desperdicios en su contexto?

"Planificar mejor las compras y el uso de materiales."

"Organizar mejor el sitio de trabajo."

"Capacitar al personal en temas de eficiencia".
