



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la  
productividad en un proyecto de construcción.**

**AUTORES:**

**Helguero Delgado, Xavier Sebastián**

**Yagual Aranda, Ángel Andrés**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Vera Armijos, Jorge Xavier**

**Guayaquil, Ecuador**

**Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Helguero Delgado, Xavier Sebastián** y **Yagual Aranda, Ángel Andrés**, como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

**TUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Vera Armijos, Jorge Xavier**  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther**

**Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del año 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, **Helguero Delgado, Xavier Sebastián y Yagual Aranda, Ángel Andrés**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en un proyecto de construcción**, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del año 2024**

**EL AUTORES:**

f. \_\_\_\_\_  
**Yagual Aranda, Ángel Andrés**

f. \_\_\_\_\_  
**Helguero Delgado, Xavier Sebastián**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

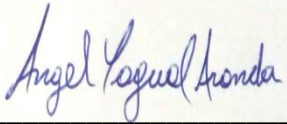
### AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Helguero Delgado, Xavier Sebastián y Yagual Aranda, Ángel Andrés.**

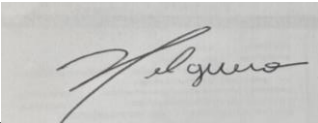
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en un proyecto de construcción**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del año 2024**

**EL AUTORES:**

f.   
\_\_\_\_\_

**Yagual Aranda, Ángel Andrés**

f.   
\_\_\_\_\_

**Helguero Delgado, Xavier Sebastián**

# REPORTE DE COMPILATIO



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

## Xavier Helguero y Angel Yagual

16%  
Textos  
sospechosos

2% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
< 1% Idiomas no reconocidos  
13% Textos potencialmente generados por IA

Nombre del documento: Xavier Helguero y Angel Yagual.docx  
ID del documento: bc714f509e9c46a507fb7ebad814fd13619748a1  
Tamaño del documento original: 17,74 MB  
Autores: []

Depositante: Clara Catalina Glas Cevallos  
Fecha de depósito: 28/8/2024  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 28/8/2024

Número de palabras: 21.248  
Número de caracteres: 143.729

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://dialnet.unirioja.es/">dialnet.unirioja.es</a> <a href="https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7855003.pdf">https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7855003.pdf</a> 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (355 palabras)
2	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7616/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-177.pdf.txt">repositorio.ucsg.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7616/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-177.pdf.txt">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7616/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-177.pdf.txt</a> 15 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (290 palabras)
3	<a href="#">Tesis_Carrillo_González_v1.docx</a>   <a href="#">Tesis_Carrillo_González_v1</a> #a17x00 El documento proviene de mi grupo 10 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (164 palabras)
4	<a href="http://www.inesdi.com/">www.inesdi.com</a>   <a href="#">Cómo crear un Focus Group en 7 pasos + Ejemplo</a>   INESDI <a href="https://www.inesdi.com/blog/focus-group-que-es-caracteristicas-ejemplos/">https://www.inesdi.com/blog/focus-group-que-es-caracteristicas-ejemplos/</a> 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)
5	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5882/3/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-227.pdf.txt">repositorio.ucsg.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5882/3/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-227.pdf.txt">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5882/3/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-227.pdf.txt</a> 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)

### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/18707/3/T-UCSG-POS-EGM-MFC-185.pdf.txt">repositorio.ucsg.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/18707/3/T-UCSG-POS-EGM-MFC-185.pdf.txt">http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/18707/3/T-UCSG-POS-EGM-MFC-185.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	<a href="https://repositorio.biblioteca.udp.cl/ITD001609.pdf">repositorio.biblioteca.udp.cl</a> <a href="https://repositorio.biblioteca.udp.cl/ITD001609.pdf">https://repositorio.biblioteca.udp.cl/ITD001609.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (23 palabras)
3	<a href="#">Documento de otro usuario</a> #ae8409 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
4	<a href="https://altertecnica.com/">altertecnica.com</a>   <a href="#">¿Qué es una Pull Session y cómo planificarla?</a>   ALTERTECNIA <a href="https://altertecnica.com/pull-session-planificacion-collaborativa/">https://altertecnica.com/pull-session-planificacion-collaborativa/</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
5	<a href="https://comunidad.conocimientolibre.ec/uploads/decidim/attachment/file/16/CienciaAbierta-TallerG...">comunidad.conocimientolibre.ec</a> <a href="https://comunidad.conocimientolibre.ec/uploads/decidim/attachment/file/16/CienciaAbierta-TallerG...">https://comunidad.conocimientolibre.ec/uploads/decidim/attachment/file/16/CienciaAbierta-TallerG...</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dedicar este trabajo con mucha gratitud a Dios, quien ha sido mi fortaleza en cada paso de este camino. Su sabiduría y amor me han dado la claridad y la determinación que necesito para superar todos los obstáculos.

A mis queridos padres, quienes han sido mi inspiración y mi mayor apoyo en todo momento. Su amor incondicional, su fe en mí y su enseñanza del valor del esfuerzo y la perseverancia son muy apreciados. Sin tu ayuda, no habría sido posible este logro, que es tanto suyo como mío.

A mi tutor, cuya orientación, paciencia y experiencia han sido esenciales para el éxito de esta tesis. Sus consejos y su dedicación han enriquecido mi trabajo de maneras que no podría explicar. Le estoy muy agradecido por su constante ayuda.

**Xavier Sebastián Helguero Delgado**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi gratitud más sincera a Dios, quien me ha guiado a lo largo de todo este proceso. Su presencia continua me ha proporcionado la tranquilidad y la determinación necesarias para lograr este objetivo. Gracias a mis padres, Arturo Yagual y Lilliam Aranda, quienes han sido mi apoyo en todo este proceso. Su amor, su apoyo incondicional y sus palabras de aliento me han dado la fuerza para superar cada obstáculo y llegar a este punto. Estoy muy agradecido a mi profesor, el ingeniero Jorge Xavier Vera Armijos, cuyo conocimiento, paciencia y orientación han sido invaluable. Su dedicación y recomendaciones han mejorado significativamente mi trabajo.

**Ángel Andrés Yagual Aranda**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis amados padres, los dos seres más importantes en mi vida, que han sido mucho más que una guía y un sostén; han sido mi refugio en cada momento de dificultad y mi mayor fuente de alegría en cada triunfo. Desde que tengo memoria, su amor incondicional y su apoyo infatigable han sido el motor que me impulsa a seguir adelante, incluso cuando el camino parecía cuesta arriba.

A ustedes, que me han enseñado con su ejemplo el verdadero significado del sacrificio, el trabajo duro, y el valor de la honestidad. Sus palabras de aliento, sus consejos sabios y su fe inquebrantable en mí me han dado el coraje para enfrentar los desafíos más grandes. Nunca podré agradecerles lo suficiente por las innumerables noches sin dormir, por las veces que dejaron de lado sus propias necesidades para que yo pudiera cumplir mis sueños, por creer en mí cuando ni siquiera yo lo hacía.

Cada página de esta tesis, cada logro académico, es una prueba del amor y la dedicación que ustedes me han dado a lo largo de mi vida. Este trabajo es tanto de ustedes como mío, porque sin su presencia constante y su infinita paciencia, este momento no habría sido posible. Les dedico este logro con todo mi corazón, sabiendo que cada palabra escrita es un reflejo de todo lo que me han enseñado y de todo lo que me han dado. Con profundo amor, admiración y eterna gratitud, esta tesis es para ustedes.

**Xavier Sebastián Helguero Delgado**



## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a mi querida familia. A ustedes, que han sido mi fuente inagotable de apoyo, fortaleza y motivación en cada paso de este camino. Su fe en mí, sus palabras de aliento y su amor incondicional me han dado la energía necesaria para superar cada desafío. Este logro es tanto mío como suyo, y les agradezco profundamente por estar siempre a mi lado, guiándome y animándome a alcanzar mis sueños. Esta tesis es para ustedes, con todo mi corazón.

**Ángel Andrés Yagual Aranda**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Jorge Xavier, Vera Armijos**  
TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Federico Von Buchwald de Janon**  
DECANO DE LA FACULTAD

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Nancy Varela Terreros**  
COORDINADORA DEL ÁREA

f.   
\_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas**  
OPONENTE

## Índice de contenido

Introducción.....	2
Antecedentes.....	3
Metodología.....	3
Objetivos.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
Alcance.....	6
Capítulo 1 : Marco Teórico.....	7
1.1 Orígenes de la Filosofía Lean.....	7
1.2 Lean Manufacturing.....	8
1.3 Lean Managment.....	10
1.4 Transición a Lean Construction.....	10
1.5 5s.....	15
1.6 Pull Planning.....	17
1.7 ANDON System.....	19
1.8 Just in time.....	20
1.9 Kaizen.....	22
1.10 Value Stream Mapping (VSM).....	24
1.11 Last planner system (LPS).....	27
1.12 Desperdicios.....	28
1.13 Visualización de proyectos.....	30
1.14 Focus Group.....	31

Capítulo 2: Metodología.....	34
2.1 Entrevista 1: Fausto González Carrillo.....	34
2.2 Entrevista 2: Iván González.....	36
2.3 Entrevista 3: Nancy Fátima Varela Terreros.....	39
2.4 Proyecto Casa La Entrada.....	40
2.5 Focus group en proyecto Casa La Entrada .....	41
Capítulo 3: Resultados.....	45
3.1 Propuesta de soluciones por medio de filosofía lean construction al proyecto propuesto en base a los problemas detectados .....	45
3.2 Situación 1: Dificultades de corrosión y daño de materiales por la Brisa marina cercana.....	45
3.3 Situación 2: Problemas de construcción de un Muro de Cerramiento con Elementos Prefabricados y Bloques de Hormigón .....	48
3.4 Situación 3: Retraso en la Entrega de Sacos de Cemento para la Fundición de Losa de Hormigón.....	52
3.5 Situación 4: Problemas con el Secado y la Adhesión de la Pintura en Paredes.....	55
3.6 Situación 5 : Deterioro del hormigón armado .....	58
3.7 Situación 6 : Problemas en la Coordinación de Equipos de Trabajo .	59
3.8 Situación 7 : Problemas de Calidad en la Colocación de Hormigón...	60
3.9 Resumen de costos de materiales .....	61
Conclusiones .....	62
Recomendaciones .....	64
Referencias.....	65

Anexos..... 69

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Fig- 1 El Sistema de Producción Toyota.</i> .....	7
<i>Fig- 2 Solución integral para fabricantes del mercado mediano usando principios lean</i> .....	9
<i>Fig- 3 Tendencias mundiales de crecimiento de la productividad</i> .....	12
<i>Fig- 4 Eficiencia procesos constructivos por nivel de compromiso</i> .....	13
<i>Fig- 5 Los tres aspectos clave que se deben considerar para lograr una</i> <i>implementación exitosa de Lean a nivel empresarial.</i> .....	14
<i>Fig- 6 Las 5S Ciclo de actividades.</i> .....	15
<i>Fig- 7 Ejemplo de planificación Pull para una etapa.</i> .....	18
<i>Fig- 8 Ejemplo de sesión de Planificación Pull de una etapa</i> .....	19
<i>Fig- 9 Sistema Andon: Monitoreo Visual de la Producción.</i> .....	19
<i>Fig- 10 Beneficios del Just in Time</i> .....	22
<i>Fig- 11 Sistema Kaizen</i> .....	24
<i>Fig- 12 La cadena de valor extendida.</i> .....	25
<i>Fig- 13 Proceso de trabajo para realizar un VSM.</i> .....	26
<i>Fig- 14 Representaciones de procesos.</i> .....	26
<i>Fig- 15 Él Debe -Se Hará -Se Puede con Last PlannerSystem VS tradicional.</i> .....	27
<i>Fig- 16 Ejemplo de Reunión semanal de Planificación colaborativa.</i> .....	28
<i>Fig- 17 Desperdicios en Lean Construction</i> .....	30
<i>Fig- 18 Fotografía 3D e integración BIM para una comparación tal como está y según</i> <i>lo planeado</i> .....	31
<i>Fig- 19 Pasos para un Focus Group. Fuente: (Stewart, 2016)</i> .....	33
<i>Fig- 20 Descripción de área.</i> .....	41

<i>Fig- 21 Render de casa terminada.</i> .....	41
<i>Fig- 22 Focus Group para coordinación del proyecto Casa La Entrada.</i> .....	42
<i>Fig- 23 Focus Group para coordinación del proyecto Casa La Entrada.</i> .....	43
<i>Fig- 2424 Muro de Cerramiento con Elementos Prefabricados y Bloques de Hormigón.</i> .....	49
<i>Fig- 25 Espacios reducidos por fundición de losa. (Fuente Propia,2024)</i> .....	60

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Comparación costos de varillas de refuerzo. ....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 2 Comparación costos muro cerramiento.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 3 Comparación costos cementos. ....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 4 Comparación de costos pintura exterior.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 5 Tabla de resumen de costos en obra real y Lean Construction.....</i>	<i>61</i>



## **RESUMEN**

Se analiza el uso de Lean Construction como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria de la construcción, con un enfoque en la reducción de desperdicios y la maximización del valor para el cliente. Para optimizar procesos, reducir inventarios innecesarios y estabilizar el flujo de trabajo, se utilizan herramientas como el sistema de planificación final, el enfoque Justo a Tiempo (JIT) y la planificación colaborativa. Además, se enfatiza que la cultura Lean, la mejora continua (Kaizen) y la estandarización de procesos son cruciales. Además, se mencionan el mapeo de procesos y la gestión visual como herramientas esenciales. Se hicieron entrevistas direccionada a expertos de la construcción con el fin de identificar problemas y prácticas mejoradas en el sector. Además, se llevaron a cabo grupos de enfoque con los participantes principales de la obra. Por último, se presentan varias situaciones de trabajo para realizar un análisis cuantitativo de la variación de costos y se discuten las ventajas de la construcción eficiente, que incluyen mejoras en la eficiencia, la productividad y la reducción de costos. Se reconoce como una táctica esencial para avanzar hacia un modelo de construcción más competitivo y sostenible.

### **Palabras Claves:**

Cultura Lean, Lean Construction, Minimización Desperdicios, Calidad, Construcción Productiva, Optimización procesos, Planificación Colaborativa.

## **ABSTRACT**

In order to improve productivity and efficiency in the construction sector, this thesis examines the use of lean construction, with a particular emphasis on minimizing waste and optimizing value for the customer. The Just-In-Time (JIT) methodology, collaborative planning, and the Last Planner System are some of the tools used to optimize workflow, cut down on superfluous inventory, and reduce process time. Furthermore, the significance of process standardization, Kaizen, and Lean culture are emphasized. Process mapping and visual management are also discussed as crucial tools. Professionals in the construction industry were interviewed as part of the study in order to pinpoint industry best practices and obstacles. Important project participants also took part in focus groups. Ultimately, a number of on-site scenarios were examined in order to perform a quantitative evaluation of cost variations. The advantages of lean construction, which include increased efficiency, productivity, and cost savings, are also covered, establishing it as a key tactic for the shift towards a more competitive and sustainable construction model..

### **Keywords:**

Cultura Lean , Waste Minimization, Quality, Productive Construction, Process Optimization, Collaborative Planning, Lean Construction.

## Introducción

La industria de la construcción es crucial para el desarrollo económico, ya que impulsa el crecimiento de infraestructuras y genera empleo. Sin embargo, este sector enfrenta un desafío persistente: la baja productividad, que resulta en ineficiencias y costos adicionales. En este contexto, la Filosofía Lean Construction, basada en los principios del Lean Manufacturing, se presenta como una solución prometedora. Esta filosofía busca optimizar los procesos constructivos mediante la eliminación de actividades que no generan valor y la maximización de aquellas que sí lo hacen, potencialmente transformando el sector y aumentando significativamente la eficiencia y productividad en los proyectos constructivos. (Koskela et al., 2014; Ballard & Tommelein, 2016)

El objetivo principal de este trabajo de tesis es aplicar la filosofía Lean Construction a un proyecto de construcción particular y comparar sus resultados con los obtenidos con metodologías tradicionales. Para lograrlo, se revisará la literatura actual y se examinarán los principios de Lean Construction. Para obtener una comprensión contextualizada de la implementación de esta filosofía, se realizarán entrevistas con empresarios constructores y expertos del sector. El uso del modelo Lean en el proyecto permitirá medir y evaluar las mejoras en la productividad de los recursos utilizados, proporcionando datos precisos sobre su eficacia en comparación con las técnicas convencionales. (Alarcón et al., 2017; Aziz & Hafez, 2013).

Este estudio tiene como objetivo demostrar que la filosofía de la construcción lean no solo es viable, sino que también es extremadamente beneficiosa para el sector de la construcción. Puede esperar un aumento significativo en la eficiencia y la productividad al eliminar el desperdicio y optimizar los procesos. Este estudio agrega a la literatura existente sobre la construcción lean y ofrece directrices prácticas para su aplicación en proyectos de proyectos posteriores. Esto demuestra su capacidad para resolver uno de los problemas más acuciantes del sector de la construcción.. (Howell, 1999; Sacks et al., 2010).

## **Antecedentes**

Históricamente, la industria de la construcción ha sido fundamental para el crecimiento económico global y para el desarrollo de la infraestructura y el empleo. Sin embargo, se ha enfrentado a importantes problemas de eficiencia y productividad a lo largo de los años. La productividad en la construcción ha aumentado a un ritmo mucho más lento que en otros sectores industriales.

La filosofía de construcción eficiente ha ganado popularidad como un método para aumentar la eficiencia en el sector como respuesta a estos problemas. Lean Construction se basa en los principios de Lean Manufacturing y se enfoca en maximizar las actividades que generan valor y eliminar las que no lo hacen. Entre otras prácticas Lean, la gestión de producción basada en el flujo y el sistema Last Planner han demostrado ser efectivos para reducir el desperdicio y mejorar la productividad.

La construcción basada en Lean puede reducir los costos, acelerar los plazos de entrega y mejorar la calidad de los proyectos. La adopción de esta filosofía, sin embargo, enfrenta desafíos como la resistencia al cambio y la necesidad de capacitación especializada, lo que resalta la importancia de estudios adicionales y aplicaciones prácticas para validar sus beneficios en diferentes contextos.

## **Metodología**

Este análisis examinará los principios, las herramientas y los beneficios de Lean Construction basados en artículos académicos, estudios de caso y reportes técnicos. Luego, seleccionará un proyecto específico para construir en el que aplicará la filosofía de construcción eficiente. Se recopilarán datos cuantitativos sobre la eficiencia y productividad de los recursos utilizados, como tiempos de ciclo, costos, tiempos de entrega y calidad del producto final. Se utilizará una metodología combinada que combina enfoques cualitativos y cuantitativos para lograr los objetivos de esta investigación. Primero, revisaremos la literatura existente sobre la filosofía de la construcción eficiente y su aplicación en la industria de la construcción.

Por ultimo se presentaran datos de costos comparativos entre Lean Construction con los métodos convencionales. Este análisis determinará las áreas de

mayor impacto y las lecciones aprendidas. Se realizará un análisis de datos y conclusiones sobre la capacidad de la construcción eficiente para aumentar la eficiencia y la productividad.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Emplear de la Filosofía Lean Construction en un proyecto de construcción para mejorar la eficiencia y productividad para optimizar las operaciones, reducir los desperdicios y aumentar el valor agregado de cada actividad en el proyecto.

### **Objetivos Específicos**

- Aplicar el modelo de Filosofía Lean Construction en un proyecto de construcción, para comparar y diferenciar con las metodologías tradicionales.
- Medir las mejoras en las productividades de los recursos utilizados en la construcción, comparando entre la aplicación de la Filosofía Lean Construction con las metodologías tradicionales.

## **Alcance**

El objetivo de este estudio es obtener una comprensión completa de las ventajas y desventajas de aplicar la filosofía de construcción a proyectos de construcción. De esta manera, su objetivo es aumentar la cantidad de conocimientos existentes y brindar a los profesionales y empresas de la industria de la construcción herramientas y técnicas prácticas para mejorar la eficiencia y productividad de los proyectos..

# Capítulo 1 : Marco Teórico

## 1.1 Orígenes de la Filosofía Lean

Las raíces de Lean se encuentran en la empresa japonesa Toyota. Los orígenes del Sistema de Producción Toyota se remontan a principios del siglo XX. Los padres del sistema fueron Sakichi Toyoda, sus hijos: Kiichiro Toyoda y Eiji Toyoda, así como Taiichi Ohno, un ingeniero de manufactura. Sakichi Toyoda, que entonces trabajaba en la industria textil, inventó un telar motorizado con un mecanismo especializado diseñado para detenerse en caso de ruptura del hilo. El mecanismo se convirtió más tarde en la base para el Jidoka (automatización con manufactura humana), uno de los dos pilares principales sobre los que se construyó el Sistema de Producción Toyota. Gracias a la aplicación de un sensor de detección de fallos, se redujeron los defectos derivados de imperfecciones humanas y se elevó la capacidad de producción. (Dekier, 2012)

En 1910, Sakichi Toyoda "visitó los Estados Unidos por primera vez y se dio cuenta de que la nueva era automotriz estaba comenzando. Sin embargo, la familia Toyoda necesitó 20 años para materializar sus planes. En 1929, Kiichiro Toyoda llegó a los EE. UU. con el objetivo de estudiar minuciosamente las empresas locales de la industria automotriz. Quedó particularmente fascinado con el sistema de producción de Ford, que en 1913 introdujo la producción en serie de su automóvil (el modelo T). En consecuencia, cuando Toyota Motor Company inició su producción, Kiichiro decidió implementar algunas de las resoluciones que había presenciado en los EE. UU. (Dilanthi, 2015)

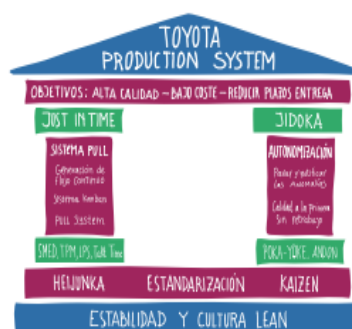


Fig- 1 El Sistema de Producción Toyota. Fuente: (Pons, 2021)



En ese entonces, Japón sufría de una demanda reducida, por lo que se requería producir automóviles diversos en cantidades más pequeñas en las mismas líneas de ensamblaje. Para competir en la industria automotriz de producción en masa, que ya había sido introducida en empresas europeas y estadounidenses, Toyota se vio obligada a cambiar los métodos de producción. Kiichiro Toyoda comprendió plenamente que era obligatorio crear un proceso de producción rápido y flexible, como resultado del cual los clientes obtendrían automóviles deseados, de alta calidad y a precios razonables. Kiichiro comenzó el trabajo preparatorio para producir en el sistema Just-in-time. El objetivo de este último era elevar la capacidad de producción y reducir el desperdicio meticulosamente. (Longhi, 2016)

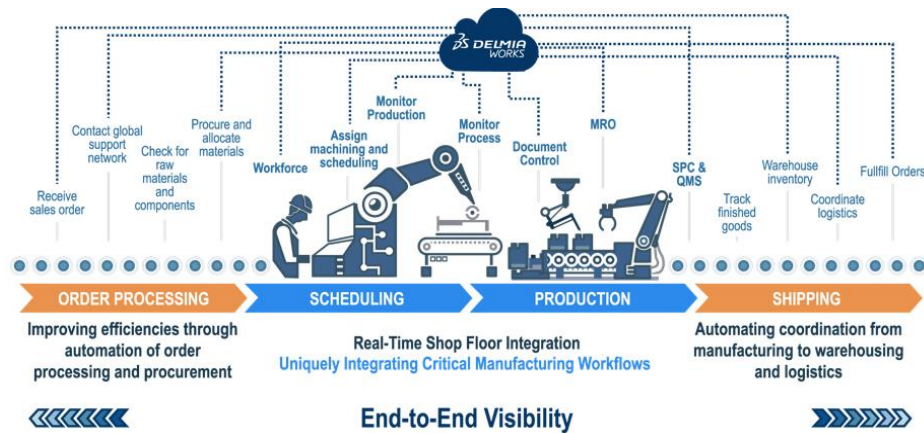
En la década de 1950, el hijo de Sakichi, Eiji Toyoda, visitó la empresa Ford. Parece que, gracias a la visita, Toyoda junto con Taiichi Ohno fueron capaces de crear un sistema que vinculara los dos pilares del TPS (Jidoka y Just-in-time) con la línea de ensamblaje de Ford. Poco después de la mejora anterior, Taiichi Ohno avanzó con otro concepto llamado "producción en flujo tirado", una práctica antigua en los supermercados estadounidenses. La producción en flujo tirado permitía generar tantos productos como pudieran ser explotados en el proceso sucesivo. A su vez, esto facilitaría la reducción de la sobreproducción. (Dilanthi, 2015)

El Sistema de Producción Toyota no despertó interés en las empresas japonesas y estadounidenses hasta 1973. No fue hasta que se tuvo que reducir la producción que los gerentes japoneses y estadounidenses pudieron notar los resultados significativos que Toyota había logrado. Como resultado, se mostró un gran interés en el sistema. (Dekier, 2012)

## **1.2 Lean Manufacturing**

Lean Manufacturing fue acuñado en 1991 por James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos del Instituto de Tecnología de Massachusetts en su libro *La Máquina que Cambió el Mundo*, en el cual compararon empresas japonesas y estadounidenses. La más eficiente resultó ser Toyota Motor Company con su Sistema de Producción Toyota (TPS). El TPS fue considerado el primer sistema que funcionaba de acuerdo con las directrices de Lean. En 2001, James P. Womack y Daniel T. Jones publicaron *Pensamiento Lean: Erradica el Desperdicio y Crea Riqueza en tu Corporación*, en el que definieron con precisión los fundamentos de la Filosofía Lean. Lean Manufacturing se considera un sucesor del TPS. Aplica los instrumentos

desarrollados anteriormente por Toyota. Además, se han añadido cinco principios para establecer los patrones para un mejor funcionamiento de la empresa. (Columbus, 2020)



*Fig- 2 Solución integral para fabricantes del mercado mediano usando principios lean. Fuente: (Columbus, 2020)*

### **Determinar el valor del producto a los ojos de los clientes**

Este principio sugiere que una empresa debe determinar con precisión el valor del producto a los ojos de los clientes. El mejor ejemplo serían las aerolíneas. Cuando un pasajero tiene como objetivo llegar a un destino, solo le preocupa ser transportado de A a B, por lo que el avión en sí es de mayor valor para el pasajero. Sin embargo, el pasajero está obligado a hacer fila para registrar el equipaje o para un control de pasaporte. Por lo tanto, las aerolíneas deberían hacer todo lo posible para que el porcentaje de valor del vuelo sea el más alto en términos de la participación general del pasajero en la excursión (siempre que la duración del vuelo permanezca igual). (Dilanthi, 2015)

### **Identificar y clarificar el flujo de valor del producto**

El segundo principio aconseja identificar cuidadosamente los procesos por los que pasa el producto desde el inicio de la etapa de producción hasta la entrega del producto al cliente. Simultáneamente, el valor se contribuye a las etapas particulares del desarrollo del producto. Es esencial demostrar el flujo de valor mediante el diseño de un llamado mapa de flujo de valor. (Columbus, 2020)

### **Proporcionar un flujo de valor rápido y sin interrupciones**

El tercer principio se centra en eliminar los factores que inhiben el proceso de producción y prolongan el tiempo de espera del cliente desde el flujo de valor. Estos

factores se definen como desperdicio (en japonés Muda). Han sido caracterizados con precisión por Taiichi Ohno en su libro "Sistema de Producción Toyota". (Dilanthi, 2015)

### **Permitir que los clientes obtengan el valor del productor**

El cuarto principio establece que la empresa debe comenzar a generar el producto a demanda del cliente. Implementar tal resolución no es simple. Sin embargo, hay ramas como la automotriz que se desempeñan bien en este aspecto. (Dilanthi, 2015)

### **Buscar la excelencia**

El principio final aboga por una mejora constante del flujo de valor. Se capturó mejor en la declaración clásica de Henry Ford: "Las empresas que crecen gracias al desarrollo y las mejoras, no perecerán. Pero cuando la empresa deja de ser creativa y cree que ha alcanzado la excelencia y solo debe persistir en la producción, está acabada" (traducción propia)

Es importante señalar que Lean Manufacturing está esencialmente ajustado hacia los procesos de producción. Este método no presta mucha atención a los aspectos de la gestión de recursos humanos. Esa es la principal diferencia entre Lean Manufacturing y su sucesor Lean Management. (Dekier, 2012)

## **1.3 Lean Managment**

Lean Management es un método de gestión de empresas que asume la adaptación a las condiciones reales del mercado mediante alteraciones organizativas y funcionales. El corazón de Lean Management es el acto de "pulir" la empresa gracias a cambios en su política, particularmente en los activos de la empresa y en sus estilos de gestión. Además, Lean Management se centra en la capacitación profesional y en la formación de actitudes del personal, así como en el mantenimiento de relaciones públicas positivas. Este método presta gran atención a los aspectos relacionados con la gestión de recursos humanos en la empresa. El autor de este (Dekier, 2012).

## **1.4 Transición a Lean Construction**

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean Construction es una filosofía orientada a la gestión de las producciones en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las

actividades que sí lo hacen. Por esta razón, se centra principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y en un buen sistema de producción que minimice el desperdicio. (Porras, 2014)

Entendiendo el desperdicio como todo aquello que no genera valor para las actividades necesarias para completar una unidad de producción, Lean Construction clasifica los residuos de construcción en siete categorías

- Exceso de inventarios.
- Transporte innecesario.
- Retrasos.
- Defectos.
- Exceso de producción.
- Movimiento inútil de personas.
- Procesamiento excesivo.

Estas categorías en la gestión tradicional no se tienen en cuenta porque el concepto actual de producción es incorrecto al considerarlo solo como un proceso de transformación en el que los materiales entran y se obtienen unidades de producción, olvidando optimizar los flujos que estos materiales deben seguir para obtener el producto (Howell & Ballard, 2018)

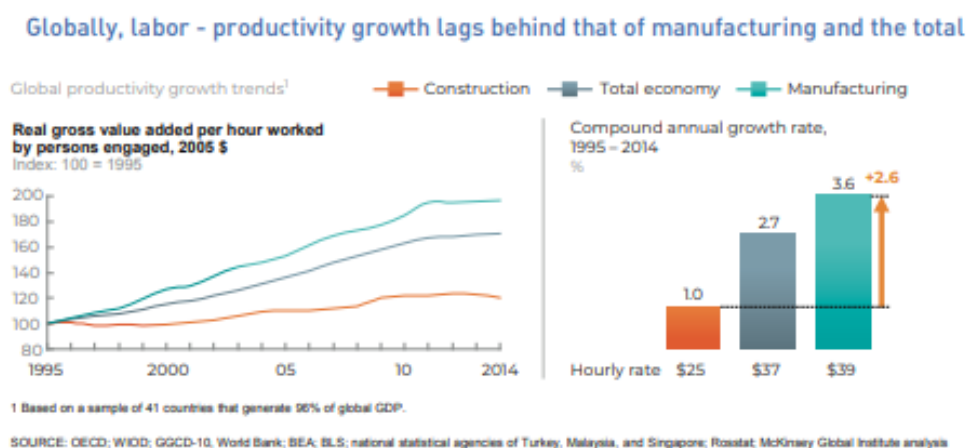
La propuesta del concepto de producción de la filosofía “Lean” es verlo como una transformación de materiales, un flujo de recursos y una generación de valor. Por ejemplo, en la construcción de una pared, los ladrillos pegados con mortero se transforman en metros cuadrados de la pared; el flujo es el uso de recursos y materiales para hacer la pared, y el valor es el número de metros cuadrados de la pared que se logran en un tiempo determinado. (Howell & Ballard, 2018)

El objetivo de Lean Construction es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hasta los lugares de ejecución de las obras para obtener más valor en los productos finales. El error del pensamiento tradicional en la construcción es centrarse en las actividades de conversión y no tener en cuenta el flujo de recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos el modelo propuesto por Lean Construction de

transformación-flujo-valor. (Porrás, 2014)

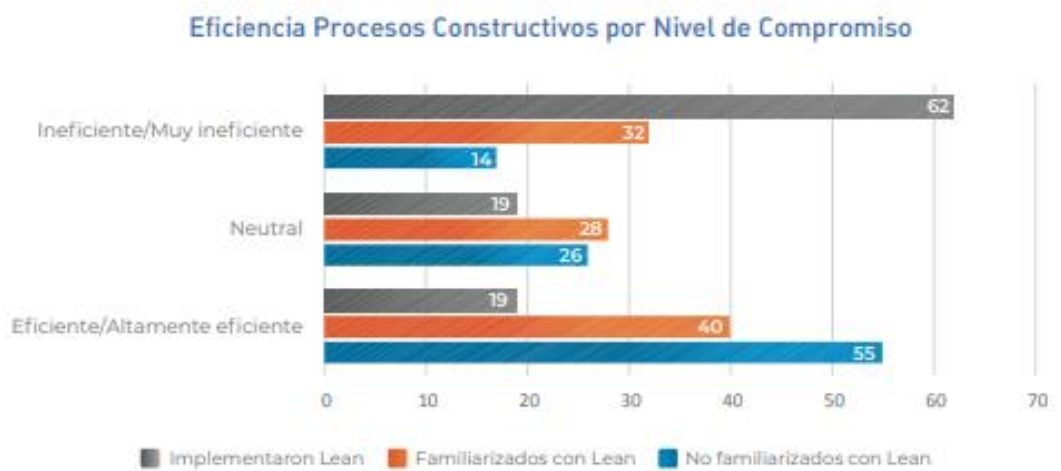
La gestión de la construcción se centra en actividades o contratos, con contratos o asignaciones transaccionales que definen y equilibran los objetivos de los diversos participantes. La coordinación entre organizaciones o equipos se controla principalmente desde un plan central que establece la secuencia y determina cuándo comenzará una actividad. Los costos, errores y aprendizajes ocurren dentro de las actividades. La reducción de costos se logra mejorando la productividad, y la duración del proyecto se acorta acelerando las actividades o cambiando la lógica para permitir el trabajo concurrente. El desperdicio es el costo que podría haberse evitado dentro de las actividades, como la reelaboración, o el costo debido a la extensión de la duración de una actividad a lo largo de la ruta crítica. (Pons, 2021)

Según (Pons, 2021) muestra un análisis de la productividad laboral a nivel global, comparando el crecimiento de la productividad en tres sectores: construcción, manufactura y la economía total. Los datos indican que el crecimiento de la productividad en la construcción ha quedado rezagado en comparación con el de la manufactura y el total de la economía. Como se muestra en la figura 3 la línea anaranjada representa el sector de la construcción y muestra un crecimiento lento en términos de valor agregado bruto real por hora trabajada. Desde 1995 hasta 2014, apenas ha habido un aumento significativo, lo que refleja una falta de mejoras en la eficiencia y productividad dentro del sector.



*Fig- 3 Tendencias mundiales de crecimiento de la productividad. Fuente: (Pons, 2021)*

Por otro lado, un estudio realizado por McGraw Hill Construction en 2013 mostró una marcada diferencia en la percepción de la eficiencia dentro de la industria de la construcción entre las empresas que están familiarizadas con Lean y aquellas que no lo están. Según los hallazgos de este estudio, el 62% de las empresas que habían implementado prácticas Lean opinaban que la industria en general es ineficiente, mientras que solo el 14% de las empresas que no conocían Lean compartían esa opinión. Por otro lado, el 55% de las empresas no familiarizadas con Lean creían que la industria es eficiente o muy eficiente. Esto indica que, cuanto menos conocimiento sobre Lean tenían los encuestados, más seguros estaban de su propia eficiencia.



*Fig- 4 Eficiencia procesos constructivos por nivel de compromiso. Fuente: (Pons, 2021)*

Para la implementación de Lean Construction en proyectos, es necesario comenzar con el compromiso de tener una cultura de mejora continua de la producción para que, al aplicar correctamente los principios "Lean", se mejore la seguridad, calidad y eficiencia del proyecto. En otras palabras, para que LC funcione, sus principios deben aplicarse concretamente a las actividades del proyecto. Lauri Koskela propone once principios (Koskela, 2020):

- Incremento en el valor del producto.
- Reducción de la variabilidad.
- Simplificación del proceso.
- Reducción o eliminación de actividades que no agregan valor.

- Mejora continua del proceso.
- Reducción del tiempo de ciclo.
- Aumento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso.
- Referenciación.
- Enfoque de control en todo el proceso.
- Equilibrio entre la mejora del flujo y la mejora de la conversión.

Estos principios "Lean" solo se pueden aplicar de manera completa y efectiva en la industria de la construcción si la parte interesada en aplicarlos se centra en mejorar todo el proceso de gestión del proyecto, integrando a las partes interesadas en el proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción propuesto por los principios de LC. La falta de optimización de los subproyectos que componen un edificio tiene el mayor porcentaje de incidencia en las pérdidas totales; aquí es donde interviene la filosofía de Lean Construction para intentar eliminar todas estas causas y obtener mejores rendimientos de las actividades que sí generan valor para el proyecto. (Garces & Peña, 2023)



*Fig- 5 Los tres aspectos clave que se deben considerar para lograr una implementación exitosa de Lean a nivel empresarial. Fuente: (Pons, 2021)*

La identificación de actividades que agregan o no valor al proyecto se logra mediante la implementación de una cadena de valor donde, principalmente, se

identifican y distinguen algunas actividades de otras, como el vertido de concreto para las losas, que es una actividad que genera valor en el proceso, pero el tiempo de espera de la mezcladora es una actividad que lo disminuye. La cadena de valor es importante ya que el objetivo del pensamiento Lean Construction es eliminar actividades que no agregan valor; la logística también es un proceso que la construcción sin pérdidas trata de optimizar al máximo para reducir costos y cumplir con los plazos de entrega antes de los tiempos estimados. (Garces & Peña, 2023)

### 1.5 5s

Una herramienta crucial para organizar, clasificar, limpiar y mejorar la calidad de las piezas de trabajo es ordenar, poner en orden, brillar, regularizar y mantener. Se han observado mejoras significativas en seguridad, productividad, eficiencia y orden al implementar el enfoque 5S. El documento muestra las mejoras después de la implementación de 5S. Además, tiene como objetivo establecer una ética de trabajo más sólida entre los gestores y los empleados, quienes se espera que sigan estas buenas prácticas.. (Omogbai & Salonitis, 2017).

Al principio, se utiliza el mapeo de flujo de valor para representar el estado actual, identificar fuentes de desperdicio y determinar herramientas lean para eliminar dicho desperdicio. VSM es una herramienta de visualización manual que muestra el flujo de materiales e información a medida que avanza un producto a través del flujo de valor. Ayuda a los gerentes, empleados, proveedores y clientes a reconocer el desperdicio y sus fuentes. (Konstantinos, 2017).



*Fig- 6 Las 5S Ciclo de actividades.*

*Fuente: (Hiwale, Wagh, & Waghmare, 2018)*

Cada programa de mejora comienza con el método 5S. El 5S es una estrategia para crear y mantener un entorno de trabajo organizado, limpio, altamente eficiente y



de alta calidad. La organización eficiente del lugar de trabajo, la reducción de las condiciones laborales desfavorables, la reducción de las pérdidas causadas por fallas y paradas, y la mejora de la calidad y la seguridad laboral son los resultados. 5S es una estrategia de organización del lugar de trabajo que ayuda a crear y mantener un lugar de trabajo eficiente y productivo. La herramienta 5S fue desarrollada en Japón y consta de cinco palabras japonesas con los significados antes mencionados.. (Omogbai & Salonitis, 2017).

**A. S: Seiri (clasificación)**

- 1) Mejora del proceso mediante la reducción de costes y de existencias
- 2) Mejor uso del área de trabajo
- 3) Prevención de la pérdida de herramientas

**B. S: Seiton (poner en orden)**

- 1) Mejora del proceso (aumento de la eficacia y la eficiencia)
- 2) Acortar el tiempo de búsqueda de lo necesario
- 3) Mejora de la seguridad

**C. 3S: Seiso (brillo)**

- 1) Mantenimiento de la limpieza de los aparatos
- 2) Mantenimiento y mejora de la eficacia de las máquinas
- 3) Mantenimiento del lugar de trabajo limpio
- 4) Fácil de comprobar
- 5) Información rápida sobre daños (fuentes potenciales de daños)
- 6) Mejora del entorno de trabajo
- 7) Eliminación de las causas de accidentes

**D. 4S: Seiketsu (estandarizar)**

- 1) Aumento de la seguridad y reducción de la contaminación industrial
- 2) Elaboración de los procedimientos que definen el curso de los Procesos

### **E. S: Shitsuke (mantener)**

- 1) Aumento de la concienciación y la moral.
- 2) Disminución de la cantidad de errores resultantes de la falta de atención
- 3) Procedimientos acordes con las decisiones
- 4) Mejora de los procesos de comunicación interna

Debido a la naturaleza variable y con frecuencia impredecible de los proyectos de construcción, el manejo eficaz de la productividad, la calidad y la reducción de desperdicios en la industria de la construcción es particularmente difícil. Las prácticas tradicionales, que con frecuencia no optimizan el flujo de trabajo ni minimizan el desperdicio, agravan estos problemas. (Konstantinos, 2017)

Esta táctica es nueva en el sector de la construcción civil. Este sistema es más eficiente que los métodos actuales en el sector de la construcción. Los resultados del análisis del trabajo muestran diferencias significativas con la productividad diaria normal. Este tipo de circunstancias puede ayudar a realizar un trabajo de manera más eficiente. Los gerentes pueden identificar fácilmente y convenientemente el tiempo productivo y el desperdicio, así como las causas fundamentales.. (Hiwale, Wagh, & Waghmare, 2018)

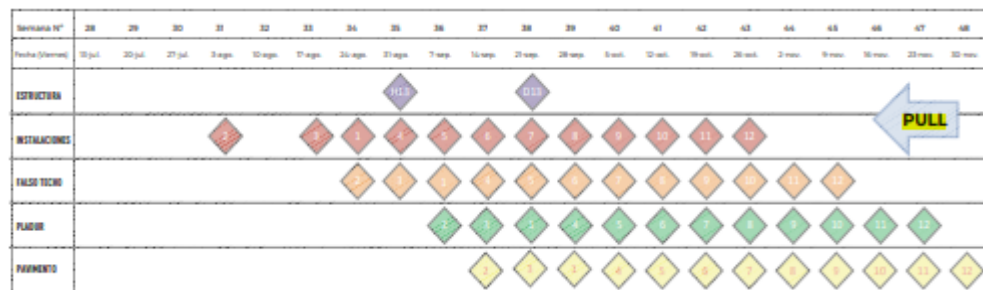
### **1.6 Pull Planning**

El concepto de planificación de arrastre contrasta con el enfoque más tradicional de gestión impulsada por empuje (Pull Planning). Tradicionalmente, las actividades de construcción se planifican identificando las actividades y sus dependencias, asignando duraciones y, finalmente, cargando recursos en cada actividad. Posteriormente, el cronograma se desarrolla calculando las fechas de inicio y finalización tempranas/tardías de las actividades usando el método del camino crítico. Durante la fase de ejecución, se espera que las actividades comiencen en la fecha más temprana posible para no retrasar las actividades subsiguientes (Ghosh & Reyes, 2017).

El control del proyecto en el enfoque de gestión impulsada por empuje se centra en adherirse al cronograma inicial. Se supone que todos los recursos necesarios para una actividad que está por comenzar en la fecha de inicio temprana estarán efectivamente disponibles. Los recursos necesarios, como mano de obra, materiales,

equipos y espacio, se supone que serán liberados por la(s) actividad(es) precedente(s). Si parte de los recursos necesarios está disponible, los disponibles esperarán en cola hasta que la combinación completa de recursos esté lista. Aunque podría ser posible comenzar el trabajo con un conjunto incompleto de recursos, es probable que la productividad se vea afectada. (Kumar & Zou, 2024)

El cronograma impulsado por empuje también ignora la incertidumbre de las duraciones de las actividades, así como las variaciones durante la ejecución. Esta incertidumbre puede modelarse durante la etapa de planificación utilizando la técnica de evaluación y revisión de programas. Sin embargo, la variación real solo se puede descubrir durante la fase de ejecución y debe abordarse en tiempo real.



*Fig- 7 Ejemplo de planificación Pull para una etapa.*

*Fuente: (Rubio, 2019)*

El objetivo principal del enfoque impulsado por arrastre es completar el proyecto de manera óptima en términos de calidad, tiempo y costo para proporcionar el máximo valor al cliente. Mejorar la productividad reduciendo inventarios es crucial para el enfoque de arrastre. Comenzar cualquier actividad con una combinación incompleta de recursos impedirá la finalización oportuna de la actividad y aumentará el inventario en proceso. "Arrastrar" significa que los recursos se extraen selectivamente de los predecesores para las actividades cuyo resultado será necesario más adelante en el proceso. De esta manera, no habrá ningún conjunto parcial de recursos listo para las actividades sucesivas mientras esperan innecesariamente por el resto de los recursos. Para acomodar el flujo suave de recursos (Ghosh & Reyes, 2017)



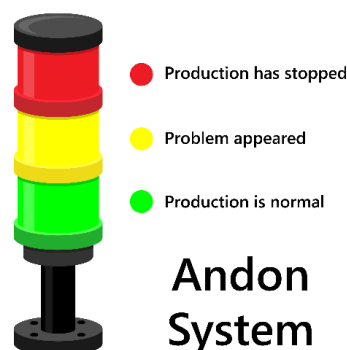
*Fig- 8 Ejemplo de sesión de Planificación Pull de una etapa.*

*Fuente: (Rubio, 2019)*

### **1.7 ANDON System**

Dentro del entorno japonés, el Andon se concibe como un panel que facilita a los operarios de producción la visibilidad de las anomalías detectadas, permitiendo así que el equipo de trabajo aborde y resuelva los problemas rápidamente para garantizar la continuidad del proceso y mantener los estándares de calidad en la fabricación, según (Bravo, 2017) señala que la implementación de Andon debe seguir un método estructurado de ocho fases para integrarse efectivamente en una organización, destacando la importancia del desempeño del responsable de su implementación para el éxito de todas sus fases.

Esta metodología puede adaptarse efectivamente a la industria de la construcción civil para mejorar la gestión de la producción y asegurar la calidad del proceso. A continuación, se describe cómo implementar Andon en proyectos de construcción civil, enfocado en la transparencia y resolución rápida de problemas para mantener la continuidad y los estándares de construcción. Para una correcta implementación se debe hacer un seguimiento de todas sus fases.



*Fig- 9 Sistema Andon: Monitoreo Visual de la Producción.*

*Fuente: (Bravo, 2017)*

### Capacitación y sensibilización

Antes de implementar Andon, es crucial capacitar al personal de construcción sobre los principios de Andon y cómo puede beneficiar el proyecto. La formación debe cubrir desde el funcionamiento básico de los sistemas de señalización hasta los principios de respuesta rápida y solución de problemas que son fundamentales en Andon. Esta capacitación asegura que todos los miembros del proyecto comprendan la importancia y la funcionalidad del sistema. (Bravo, 2017)

### Personalización del alcance de Andon

En la construcción civil, Andon debe adaptarse a las necesidades específicas del proyecto. Esto implica establecer el alcance de Andon, decidir en qué etapas del proyecto será más beneficioso implementar paneles de Andon y cómo estos pueden ayudar a monitorizar y controlar la calidad y la eficiencia del trabajo.

### Identificación de indicadores

Se deben identificar y mostrar los eventos anormales que ocurren con frecuencia en los proyectos de construcción, como demoras en la entrega de materiales o fallas en la maquinaria. Los paneles de Andon deben diseñarse para que estas anomalías del equipo sean evidentes.

### Codificación visual

Es fundamental usar colores para distinguir entre cosas normales y anormales. En un sitio de construcción, las luces verdes, amarillas y rojas pueden usarse para indicar diferentes niveles de alerta o acción requeridos, lo que facilita la comprensión rápida del estado de las actividades del equipo..

### Ajustes y monitoreo

Es necesario monitorear continuamente este proceso para evaluar su eficacia y realizar los cambios necesarios. Esto incluye revisar la eficacia de las respuestas y la frecuencia de las alertas, así como adaptar el sistema a los cambios en el proyecto. (Bravo, 2017)

## **1.8 Just in time**

(JIT) es un enfoque de gestión que permite que los pedidos de materias primas de los proveedores se sincronicen con los programas de producción. Las empresas utilizan esta estrategia para aumentar la eficiencia y reducir el desperdicio al recibir los materiales solo cuando son necesarios para la producción, lo que reduce los costos

de inventario. Este método requiere que los fabricantes hagan predicciones precisas de la demanda. (Patel & solank, 2020)

El sistema de inventario Justo a Tiempo (JIT) busca maximizar la eficiencia de producción y reducir el inventario al mínimo. Dado que los fabricantes reciben los materiales y componentes solo cuando son necesarios para la producción, este método reduce los costos de inventario. Además, evita el problema de un inventario excesivo en caso de cancelación de pedidos.( Hussein, 2021)

Un ejemplo de cómo se utiliza el sistema JIT es una empresa automotriz que tiene un inventario reducido y depende de una cadena de suministro eficiente para recibir las piezas necesarias justo cuando se necesitan para fabricar automóviles. Se recibe un pedido antes de que se ordenen las piezas de esta manera. Al proporcionar materiales o mano de obra específicos justo cuando se necesitan, esta estrategia es útil en la construcción porque reduce los inventarios y las horas de trabajo ineficientes. Para evitar retrasos y costos excesivos, esta estrategia requiere que los gestores de proyectos y contratistas pronostiquen la demanda con precisión. Hussein, 2021 afirma que las empresas deben garantizar una producción constante, mano de obra de alta calidad, máquinas funcionando correctamente y proveedores confiables.

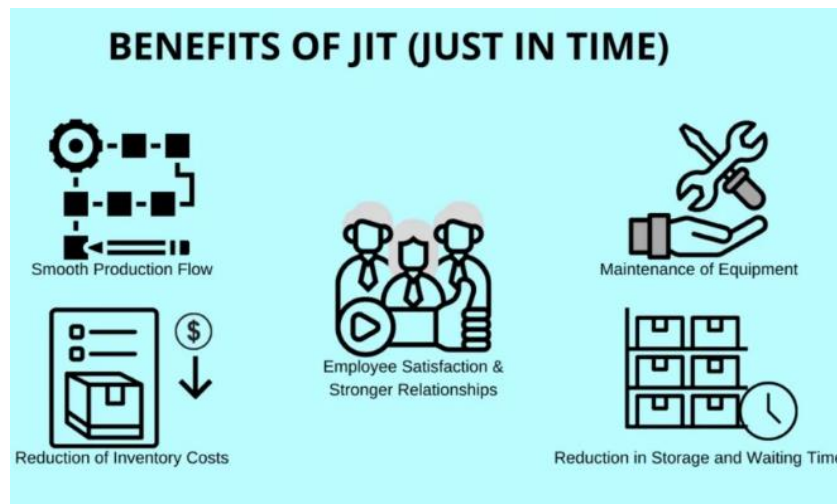
### **Ventaja**

Los sistemas de inventario Justo a Tiempo (JIT) ofrecen varias ventajas en comparación con los modelos tradicionales (Patel & solank, 2020):

**Flexibilidad en la producción:** Debido a que las series de producción son cortas, los fabricantes pueden cambiar rápidamente de un producto a otro, lo que es beneficioso en sectores donde la demanda del mercado varía frecuentemente.

**Disminución de costos:** Los costos de almacenamiento se reducen significativamente al reducir la necesidad de grandes almacenes. Además, las empresas gastan menos en materias primas porque solo compran lo que se necesita para fabricar productos personalizados.

**Menor desperdicio:** El riesgo de acumulación de inventario no deseado u obsoleto se reduce porque solo se compra lo necesario para satisfacer los pedidos actuales, lo que reduce el desperdicio y el uso de recursos.



*Fig- 10 Beneficios del Just in Time. Fuente: (Manish, 2023)*

### **Desventajas**

- Interrupciones en la cadena de suministro: toda la línea de producción puede verse afectada si un proveedor de materias primas tiene problemas y no puede enviar los materiales a tiempo. La dependencia de entregas oportunas significa que cualquier retraso puede causar problemas importantes para toda la operación.
- Demandas inesperadas: el sistema JIT no tiene grandes inventarios para satisfacer demandas imprevistas, por lo que un pedido repentino e imprevisto puede retrasar la entrega de productos terminados a los clientes.
- Dependencia a proveedores: el éxito de JIT depende en gran medida de que los proveedores proporcionen materiales de manera consistente y en el momento adecuado. Cualquier error o falta de confiabilidad en este campo puede tener un impacto negativo en la producción (Patel & solank, 2020).

### **1.9 Kaizen**

Kaizen es uno de los principios que sustentan el Sistema de Producción Toyota (TPS) como filosofía. Sin embargo, es difícil aplicarlo en el campo de la Industria de la Construcción (CI) debido a sus características inherentes de producción. Por lo tanto, se desarrolló un modelo para ayudar a los profesionales de la CI a avanzar sistemáticamente en un proyecto Kaizen mediante el uso de herramientas de diagnóstico y análisis del sistema de producción. El método de investigación se define por tres pasos secuenciales guiados por dos estrategias de investigación: teórico-conceptual, para la revisión de la literatura y el desarrollo del modelo, e investigación-acción, con el objetivo de implementar el modelo en un sitio de construcción para la producción de viviendas. (Vivan, 2016)

Aunque se traduce como "mejora continua", esta interpretación no captura completamente la esencia de la autodisciplina y el compromiso necesarios para implementar Kaizen. Este concepto está estrechamente relacionado con la mejora continua que es parte del Last Planner System y Lean Construction:

**Mejora diaria:**

En muchas empresas, los proyectos de mejora se enfocan en un principio y un fin específico. Sin embargo, el enfoque real debería estar en buscar mejoras cada día. Esto requiere una autodisciplina constante y un fuerte compromiso. (Vivan, 2016)

**Mejora para todos:**

Existe un malentendido común de que Kaizen o la mejora continua es solo para los empleados operativos. En realidad, Kaizen debe comenzar desde la alta dirección, quienes deben demostrar su compromiso y liderazgo como modelo para toda la organización. La dirección tiene un papel crucial en implementar este enfoque, seguido por los mandos intermedios, y abarcando a todos los empleados, incluso aquellos a tiempo parcial o temporales. (Vivan, 2016)

**Mejora en todas las áreas:**

Algunos piensan que Kaizen solo se aplica en áreas productivas u operativas, pero debe extenderse a todas las áreas, incluidas las administrativas, diseño, investigación y desarrollo, finanzas, contabilidad, compras, logística, recursos humanos, marketing, etc. (Ismaylis, 2021)

En la actualidad, las empresas constructoras han identificado la necesidad de adoptar sistemas de mejora de procesos para ser competitivas en el mercado. Sin embargo, la construcción civil todavía enfrenta dificultades en comparación con el sector manufacturero en cuanto a la implementación de nuevos sistemas de mejora. En este sentido, los Eventos Kaizen (KE) se han destacado como un mecanismo clave para optimizar los procesos durante la fase de ejecución de un producto, garantizando un mejor desempeño y mayor valor para el cliente. (Vivan, 2016)

Como resultado de la estrategia de investigación-acción, utilizando el modelo, se identificaron y clasificaron nueve problemas, así como sus raíces y oportunidades Kaizen, dentro del sistema productivo. La sistematización de la generación de oportunidades Kaizen para la CI contribuye directamente a la calidad de los productos finales y a la reducción de costos en los sitios de construcción, ya que permite mejoras



continuas de los procesos basadas en mayores niveles de valor añadido con la reducción del uso de recursos en el sistema de producción. (Ismyrilis, 2021)



*Fig- 11 Sistema Kaizen*

*Fuente: (Aveiro, 2022)*

### **1.10 Value Stream Mapping (VSM)**

El mapeo de la cadena de valor, también conocido como VSM, es una herramienta visual utilizada en la metodología Lean para examinar y diseñar el flujo de materiales e información necesarios para llevar un producto o servicio desde su inicio hasta el cliente final. El VSM busca identificar y eliminar desperdicios en los procesos, aumentar la productividad y optimizar el flujo de trabajo. (Gunduz & Naser, 2019)

La industria de la construcción está adoptando objetivos y estrategias más sostenibles. Para mantenerse competitivas en un mercado global en auge, muchas empresas han utilizado el Mapeo de la Cadena de Valor. Los diagramas de flujo de material e información de Toyota fueron la fuente original del concepto, que se desarrolló para ayudar a los proveedores de Toyota a comprender el Sistema de Producción de Toyota. En todo el mundo, se ha utilizado el concepto de mapeo de la cadena de valor en los sectores de servicios, manufactura, atención médica y construcción.. (Gunduz & Naser, 2019)

Value Stream Mapping, se basa en una metodología clave de Lean Construction, ayuda a optimizar los procesos en proyectos de construcción. La eliminación de desperdicios y la mejora continua son los objetivos principales de esta estrategia, que se desarrolla a través de una serie de pasos estratégicos. Se alinea estrechamente con los principios Lean con el objetivo de maximizar la eficiencia y el valor. (Ramani, 2019)



*Fig- 12 La cadena de valor extendida.*

*Fuente: (Pons, 2021)*

Según (Ramani, 2019) las etapas estratégicas son:

El primer paso requiere una evaluación exhaustiva de los procedimientos actuales del proyecto. Se realiza un análisis completo para comprender todas las actividades que componen el proceso de construcción, lo que proporciona una base sólida para el mapeo posterior. El flujo actual de las operaciones se documenta visualmente con la herramienta VSM. Este mapeo muestra las etapas de valor agregado y no agregado, lo que da una idea de cómo los materiales y la información fluyen a través de las diferentes etapas del proyecto. Los cuellos de botella y las ineficiencias se identifican y analizan utilizando el mapa del estado actual. Este análisis ayuda a determinar dónde se acumulan los productos esperados, inventarios excesivos y otros desperdicios que no contribuyen al valor del proyecto. (Gunduz & Naser, 2019)

Se crean mapas de estados ideales y futuros basados en las deficiencias identificadas para mejorar el flujo y eliminar el desperdicio. Estos mapas ofrecen una perspectiva de las operaciones más eficientes y optimizadas, que sirven como base para futuras mejoras. Evaluación de los avances en la productividad: Finalmente, evaluar el impacto de las modificaciones implementadas es la última etapa. La productividad se mide tanto antes como después de la implementación del VSM para determinar la eficacia de las intervenciones en términos de reducción de tiempo, gastos y mejora en la eficiencia. (Gunduz & Naser, 2019)

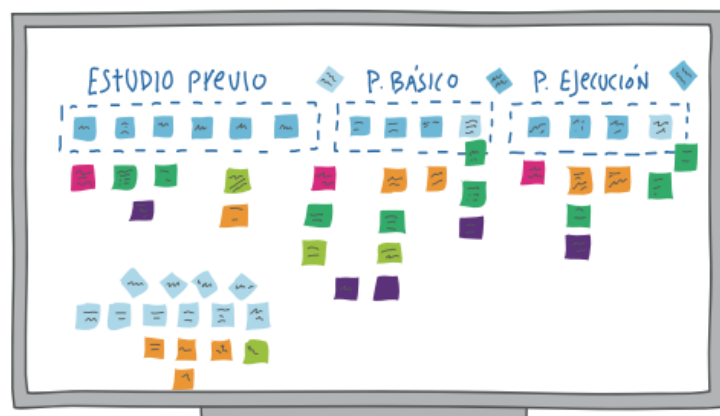


*Fig- 13 Proceso de trabajo para realizar un VSM.*

*Fuente: (Pons, 2021)*

Las cuestiones de sostenibilidad en la construcción industrial siguen siendo poco estudiadas, a pesar de los esfuerzos por estudios de sostenibilidad en la construcción de edificaciones e infraestructuras. Debido a la complejidad de implementar VSM en la actividad de construcción real, los investigadores no han prestado suficiente atención a la aplicación de VSM en la industria de la construcción real. (Gunduz & Naser, 2019)

Este método no requiere que todas las actividades a nivel micro de un proyecto de construcción se realicen con él. En un proyecto de construcción típico, cada gran etapa ocurre gradualmente durante un período prolongado y tiene diferentes procesos que producen diferentes productos. Es posible considerar a cada etapa como una especie de subestructura. Como resultado, VSM se puede utilizar para crear un proceso individual al seleccionar un conjunto de actividades secuenciales. Las actividades que componen la "construcción de cimientos", por ejemplo, en un proyecto de edificación. (Ramani, 2019)

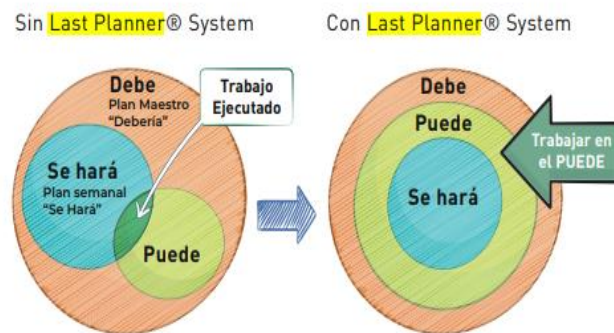


*Fig- 14 Representaciones de procesos.*

*Fuente: (Pons, 2021)*

### 1.11 Last planner system (LPS)

Es un sistema de planificación colaborativa de producción diseñado para generar un flujo de trabajo predecible y un aprendizaje rápido en la programación, diseño, construcción y puesta en marcha de proyectos. Es un componente crítico de la Construcción Lean, orientado a mejorar la eficiencia y la fiabilidad de los proyectos de construcción. A continuación, se presentan los componentes clave y los principios del Last Planner System (LPS) (Ćwik, 2017):



*Fig- 15 Él Debe -Se Hará -Se Puede con Last PlannerSystem VS tradicional.*

*Fuente: (Rubio, 2019)*

Kumar (2024) establece las siguientes ideas básicas. Para asegurarse de que los planes sean realistas y alcanzables, fomenta la colaboración entre todas las partes interesadas, incluidos propietarios, diseñadores y subcontratistas. La planificación basada en compromisos se centra en asegurarse de que los responsables estén comprometidos con el trabajo y que todos estén alineados y responsables. La transparencia fomenta una comunicación abierta y transparente sobre los planes y el progreso, lo que permite a todos los involucrados saber el estado actual del proyecto y cualquier problema potencial. Finalmente, ayuda a mantener una reserva de tareas listas para ejecutar, lo que reduce los retrasos y garantiza un flujo de trabajo fluido.



*Fig- 16 Ejemplo de Reunión semanal de Planificación colaborativa.*

*Fuente: (Pons, 2021)*

Debido a que los proyectos de construcción son temporales y fragmentados, los interesados tienden a concentrarse más en proteger sus propios intereses y objetivos a corto plazo, lo que conduce a relaciones que a menudo carecen de confianza y pueden caracterizarse como hostiles. Aunque existen ejemplos de colaboración entre los interesados, los procesos descoordinados de los equipos de proyecto no están alineados afectan la colaboración a nivel de proyecto. La adopción de una perspectiva sistémica o un enfoque holístico del proyecto es una condición esencial para la mejora de la productividad. Según las investigaciones, las relaciones entre los interesados no mejoran a menos que los miembros estén estrechamente conectados y conectados. (Kumar & Zou, 2024).

La planificación colaborativa de arrastre, que se basa en los principios de la construcción lean, involucra a los principales interesados y a los trabajadores directos en los procesos de planificación y control de proyectos de construcción con el objetivo de mejorar la confiabilidad de la planificación y la confianza entre los interesados. (Kumar & Zou, 2024).

### **1.12 Desperdicios**

La construcción Lean es el resultado de la introducción de una nueva forma de gestión de producción. Aunque la construcción Lean sigue evolucionando, los principios genéricos, técnicas y herramientas de la construcción Lean ya pueden ser aplicados. La reducción de desperdicios para mejorar el rendimiento es uno de los

conceptos básicos del pensamiento Lean. En general, los gerentes de proyectos tienden a conceptualizar el "desperdicio" como desperdicio físico de construcción, pero hay desperdicios notables en los procesos de construcción que son denominados "actividades que no agregan valor" por la teoría de la construcción Lean. (Maraqa, 2021)

En los últimos años, varios proyectos de investigación en todo el mundo han examinado el problema del desperdicio en la industria de la construcción. Los investigadores están aplicando una variedad de enfoques para reducir la cantidad de desperdicio en el sector de la construcción. El enfoque Lean en la industria de la construcción es uno de los métodos efectivos (Maraqa & Sacks, 2023).

Uno de los conceptos clave que busca eliminar Lean es el desperdicio. Representa cualquier desperdicio de tiempo, dinero, equipo o energía que no genere valor para el cliente. La industria de la construcción genera una gran cantidad de desperdicio. Como resultado, investigadores de todo el mundo han estudiado la generación de desperdicios relacionados con la construcción, identificando y tratando de medir este desperdicio e intentando descubrir formas de eliminarlo. Proporcionar al cliente el producto de manera eficiente reduce el tiempo de ciclo, el tiempo de comercialización, el desperdicio sólido y los costos para toda la cadena de suministro al eliminar los desperdicios. Taiichi Ohno identificó siete tipos de desperdicio de proceso: transporte, inventario, movimiento, espera, sobreproducción y sobreprocesamiento. (Maraqa & Sacks, 2023)

**Transporte:** Representa cualquier movimiento innecesario de materiales desde su fabricación hasta convertirse en un producto terminado. Esto resulta de un manejo excesivo y falta de planificación de los flujos de materiales.

**Inventario:** La acumulación de inventario no utilizado o en exceso se considera desperdicio. Almacenar grandes cantidades de materiales o productos sin un plan claro para su uso inmediato puede generar costos adicionales, ocupar espacio y riesgo de deterioro o daños, lo que no agrega valor al cliente final.

**Movimiento:** Representa cualquier movimiento de trabajador que no agrega valor. Cualquier proceso de construcción consiste en muchas operaciones, que generalmente están asociadas con actividades de trabajadores. Eliminar el movimiento innecesario de trabajadores es un punto clave en el pensamiento Lean.

**Espera:** Representa a cualquier trabajador o máquina que ha sido empleado, pero está impedido de realizar su trabajo específico porque no están listos todos los prerrequisitos. Por ejemplo, no hay planos, equipo, materiales, el lugar de trabajo no es seguro o la actividad predecesora no está lista.

**Sobreproducción:** Representa completar una tarea antes de que sea requerida por el siguiente paso en el proceso. Ohno mencionó que la sobreproducción es el peor tipo de desperdicio porque causa diferentes tipos de desperdicios como inventario, transporte, movimiento, espera y defectos.

**Sobre procesamiento:** Representa cualquier esfuerzo que se invierte en un producto pero que no es requerido por el cliente. El cliente no está dispuesto a pagar por estas características.

**Defectos:** Representan cualquier problema de calidad que causa que el producto sea descartado y rechazado. Esto lleva a retrabajo o a la incorporación de materiales innecesarios y esfuerzo adicional de los trabajadores. (Maraqa & Sacks, 2023)



*Fig- 17 Desperdicios en Lean Construction. Fuente: (Structuralia, 2021)*

### 1.13 Visualización de proyectos

La falta de comunicación entre los diversos equipos de trabajo puede conducir a un desempeño deficiente. Las metodologías de construcción Lean buscan reducir y

eliminar el desperdicio en los procesos de construcción, mientras que la tecnología BIM busca mejorar la colaboración entre los miembros del equipo del proyecto para abordar estos problemas. (Mohsen, 2024).

La construcción Lean reduce el desperdicio y aumenta el valor del producto. Además, impulsa la mejora del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Los principios Lean mejoran la eficiencia, la productividad y la satisfacción de los clientes en la industria de la construcción. Se ha demostrado que la combinación de Lean y BIM es una herramienta útil durante la fase de diseño de proyectos de construcción. (Eldeep, 2022)

Durante el proceso de diseño, la implementación de los principios Lean y BIM puede mejorar el rendimiento y la eficiencia del proyecto. La visualización y coordinación de la información de diseño se facilita con el BIM, lo que facilita la comunicación y colaboración entre los interesados del proyecto. A su vez, esto ayuda a detectar y eliminar el desperdicio, que es un objetivo clave de la construcción Lean. Utilizar BIM también puede mejorar la información y los procesos durante la fase de diseño y reducir errores y retrabajos. Varios estudios han destacado la conexión entre los principios Lean y BIM, así como las ventajas de incorporarlos en la fase de diseño de la construcción. (Tauriainen, 2016)



*Fig- 18 Fotografía 3D e integración BIM para una comparación tal como está y según lo planeado. Fuente: (González, 2023)*

#### **1.14 Focus Group**

Por medio de grupos focales donde se incluye a los integrantes más importantes de un proyecto que involucran a un pequeño grupo de personas en un entorno controlado para responder preguntas. Este grupo se selecciona en función de



características demográficas particulares, y las preguntas están diseñadas para explorar un tema de interés en particular. Las investigaciones futuras relacionadas con las decisiones de los consumidores, los productos y servicios o incluso temas controvertidos pueden orientarse observando la dinámica del grupo, sus respuestas a preguntas específicas e incluso su lenguaje corporal. (Stewart, 2016)

Los grupos focales son comunes en áreas como el marketing, la biblioteconomía, las ciencias sociales y la investigación de usuarios. Son más fáciles de organizar que las encuestas a gran escala y brindan un feedback más detallado y natural que las entrevistas individuales. Además, son más fáciles de usar.. (Salleh, 2014)

### **Estos son los Pasos Esenciales para Crear un Focus Group:**

Elegir el tema a investigar en un grupo focal es una técnica de investigación confirmatoria, que utiliza creencias existentes para validar o refutar. Es particularmente útil para investigar las causas de un fenómeno con datos limitados. Definir el alcance de la investigación y las hipótesis es necesario para formular hipótesis interesantes, formular preguntas claras y seleccionar a los participantes adecuados para el focus group es especialmente importante en el marketing personalizado. Se debe crear preguntas para el grupo focal para el éxito del análisis, se deben formular preguntas. Es crucial abstenerse de hacer preguntas que puedan afectar las respuestas. Es mejor tener más de un moderador. Uno debe supervisar el comportamiento de los participantes, tomar notas y coordinar la tecnología. Para distribuir estas tareas en un focus group en línea, puede ser necesario tener más moderadores. (Stewart, 2016)

Puede usar una variedad de enfoques para seleccionar a los participantes dependiendo del tema de la investigación. El muestreo de respuestas voluntarias, como la publicación de un anuncio y la selección de miembros basándose en las respuestas recibidas. El muestreo de conveniencia se basa en la accesibilidad. De manera similar, se puede integrar un muestreo estratificado según la edad, el origen étnico, la identidad de género u otras características. Para evitar que el sesgo de muestreo afecte las respuestas, es crucial tener en cuenta el sesgo de muestreo en temas relacionados con la experiencia del usuario. (Stewart, 2016)

### **Organización**

Es recomendable realizar una verificación técnica antes de la llegada de los

participantes y solucionar cualquier problema ambiental o externo que pueda influir en el estado de ánimo del grupo ese día. Cualquier tipo de estrés puede alterar los resultados de la discusión y las respuestas del focus group podrían no proporcionar la información deseada. (Stewart, 2016).



Fig- 19 Pasos para un Focus Group. Fuente: (Stewart, 2016)

## Capítulo 2: Metodología

Se examina cómo Lean Construction se puede utilizar en la construcción de una casa de dos plantas utilizando un enfoque sistemático y colaborativo para lograr que el proceso de construcción sea lo más eficiente posible. Se llevarán a cabo entrevistas con ingenieros calificados de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil para orientar la estrategia del proyecto, ya que poseen una amplia experiencia en construcción eficiente y gestión de proyectos. Con el equipo de construcción, se establecerán grupos de enfoque para discutir los problemas actuales de la obra y encontrar soluciones. Después de identificar estos problemas y recopilar planos arquitectónicos y estructurales, se creará un modelo 3D del proyecto utilizando Revit. Esto mejorará la visualización y comprensión de la estructura. Se implementarán soluciones concretas para los problemas identificados mediante la optimización de los procesos y la garantía de una mayor eficiencia.

### 2.1 Entrevista 1: Fausto González Carrillo

#### Ingeniero Civil

UCSG – Ecuador (2019)

#### Master en Gestión de la Construcción

Universidad de los Andes – Colombia (2021)

•BIM Manager / Constructora Artcon /  
Guayaquil

(Diciembre 2021 – Octubre 2022)

•BIM Manager/ Independiente/ Guayaquil

(Octubre 2022 – Mayo 2023)

•BIM Coordinator/ Ripconci/ Guayaquil

(Mayo 2023 – Presente)

•Docente / UCSG / Guayaquil



(Mayo 2023 – Presente)

El Ing. Fausto Gonzales por medio de la entrevista aborda diversos aspectos clave en la gestión de proyectos de construcción, centrándose en la importancia de la calidad y la gestión de la calidad desde las primeras fases del proyecto, especialmente durante la fase de prediseño. En esta etapa, es crucial recopilar y armonizar todas las necesidades del cliente con las normativas tanto ecuatorianas como internacionales. Sin embargo, en la práctica, se observa que el 99% de las veces esta fase no se cumple de manera adecuada, lo que lleva a comenzar la construcción con un diseño incompleto (entre un 40% y 50% terminado). Esta falta de preparación puede tener consecuencias negativas, ya que muchas decisiones importantes, como la definición de la calidad, la elección de equipos y las especificaciones de instalación, no se han concretado, lo que puede generar problemas durante la ejecución.

También, se enfatiza la importancia de tener una comunicación jerárquica y clara dentro de la organización. Todos los niveles de cualquier empresa u organización constructora, desde los gerentes hasta los empleados administrativos, deben comprender cómo ocurre la comunicación. Por ejemplo, los residentes no deben informar a un gerente porque este puede estar a cargo de varios proyectos y no tener control completo sobre toda la información.

Para implementar esta jerarquía de comunicación en el campo, se necesita un sistema clave que permita a los empleados comprender cómo su trabajo afecta a los demás y cómo sus errores afectan el progreso general del proyecto. Recomendamos utilizar herramientas visuales como los cronogramas. También delimita claramente las responsabilidades de cada participante del proyecto, desde el director de construcción, que es responsable de realizar las tareas específicas, hasta los ocupantes y el departamento de calidad, que deben coordinarse eficazmente para garantizar la calidad del trabajo de construcción.

Esta entrevista también analiza la importancia de establecer protocolos claros de gestión de la información antes de iniciar un proyecto. La democratización de la información y la comunicación efectiva son esenciales para evitar la pérdida de datos críticos. Aquí es donde una plataforma Common Data Environment (CDE) que cumple con ISO 19650 juega un papel clave, permitiéndole realizar un seguimiento de quién carga, modifica y revisa documentos, y garantiza que la información se administre y

admita adecuadamente.

Los cronogramas y planes deben revisarse constantemente con herramientas de software para anticipar diferentes escenarios y adaptar la construcción al diseño cambiante y a las necesidades del cliente. En los proyectos de construcción, es fundamental una buena gestión de información y comunicación. En este contexto, el enfoque Lean Construction, que busca reducir el desperdicio y maximizar el valor, es fundamental. Al establecer protocolos claros, utilizar herramientas avanzadas y mantener una comunicación jerárquica y efectiva, los proveedores pueden garantizar que las construcciones se completen dentro de los plazos y presupuestos establecidos, abordar los desafíos de manera eficaz y garantizar la calidad en todas las etapas.

## **2.2 Entrevista 2: Iván González**

### **Ingeniero Civil**

UCSG – Ecuador (2011)

### **Mgs. Gestión de Proyectos**

Universidad Hemisferios – Ecuador (2022)

- Residente Fiscalización de Obra /  
Conyfis Consultora y Fiscalizaciones /Guayaquil (Agosto2012 – Marzo 2019)
- Presidente / EcuMapping Cia. Ltda. / Guayaquil  
(Julio 2015 – Presente).
- Propietario / Construgon / Guayaquil  
(Febrero 2020 – Presente)
- Director de Fiscalización Conyfis Consultora y Fiscalizaciones Cia. Ltda.  
/ Guayaquil (Septiembre 2022 – Presente)
- Docente / UCSG / Topografía / Sistemas de Información Geográfica S.I.G  
/ Planos Digitales / Ingeniería Vial / Guayaquil  
(Mayo 2017 – Presente)



En la gestión de proyectos de construcción, el Ingeniero Iván González subraya la importancia de utilizar herramientas para analizar el progreso y la eficiencia en cada etapa del proyecto. Una de las prácticas claves es realizar cortes periódicos en el cronograma para comparar lo planificado con lo realmente ejecutado, lo que es

fundamental dentro de la filosofía Lean Construction, que busca la mejora continua y la reducción de desperdicios. Además, el Ingeniero Iván González resalta la importancia de analizar los recursos económicos invertidos en comparación con el retorno obtenido, asegurando que se está generando valor, un principio central del Lean Construction.

El ingeniero encontró problemas significativos durante su primer contrato, particularmente en gestión de materiales. Comento la importancia de planificar los pedidos de materiales con anticipación y no depender de la disponibilidad inmediata de los proveedores, un concepto relacionado con Lean Construction Just-In-Time. La mala costumbre de pedir materiales en el último momento causaba retrasos y complicaciones, lo que le enseñó que la planificación y coordinación adecuadas con los proveedores son esenciales para evitar el desperdicio de tiempo y recursos..

El ingeniero Iván González comentó sobre la importancia del crédito otorgado por los proveedores, lo que le permitió gestionar mejor el flujo de caja durante el proyecto. Esta gestión financiera eficiente es esencial en la construcción lean, ya que el objetivo es maximizar el valor con una inversión mínima.

La optimización de recursos es otra parte importante que menciona, especialmente cuando se trata de administrar materiales como el hierro. Logró reducir la cantidad de desperdicio revisando y ajustando las planillas de corte, lo que está en línea con los principios de la construcción ligera que fomentan la eliminación de tareas que no agregan valor. Como resultado, comenzó a hacer pedidos de materiales de manera más estratégica para evitar el exceso de inventario y mantener un flujo de caja más saludable. Esto se ajusta al enfoque Lean de minimizar el exceso de inventario.

Durante la entrevista destaca el valor del análisis de "valor ganado", una herramienta que permite evaluar el rendimiento económico del proyecto en comparación con lo planificado, un concepto que también se alinea con Lean Construction al buscar una medición continua del progreso para asegurar que se están cumpliendo los objetivos de eficiencia y rentabilidad.

La coordinación con los proveedores es otra lección clave. Inicialmente, el Ingeniero Iván González no tenía una relación sólida con sus proveedores ni comprendía bien sus tiempos de entrega, lo que generaba problemas de retrasos. Con el tiempo, comprendió que los proveedores son stakeholders críticos en un proyecto, y la negociación inicial para asegurar precios y plazos estables es esencial, un principio que Lean Construction reconoce como vital para asegurar flujos de trabajo eficientes

y sin interrupciones.

En cuanto a la calidad del proyecto, el Ingeniero menciona la importancia de mantener al mismo equipo de trabajo durante todo el proceso, incluyendo la fase de postventa. Esto garantiza que el equipo esté comprometido con la calidad del trabajo desde el principio, alineándose con el enfoque Lean en cuanto a la mejora continua y la responsabilidad compartida. Esta continuidad no solo asegura la calidad, sino que también mejora la satisfacción del cliente, un objetivo primordial en Lean Construction.

Además, enfatizó la importancia de la comunicación dentro del equipo del proyecto durante la entrevista. Él cree que, desde los gerentes hasta los trabajadores de campo, la comunicación siempre debe fluir en ambos sentidos. Se puede obtener una comprensión más completa y realista del progreso del proyecto consultando no solo al ingeniero residente, sino también a los capataces y trabajadores. En la construcción lean, donde el trabajo en equipo y la colaboración son esenciales para eliminar el desperdicio y mejorar la eficiencia, esta comunicación abierta y bidireccional es un principio fundamental.

El ingeniero recomienda administrar proyectos de forma independiente, especialmente en lo que respecta a las finanzas. Mantener cuentas separadas para cada proyecto puede evitar que los problemas financieros del proyecto interfieran entre sí, lo cual es muy importante para la estabilidad de la empresa y el éxito del proyecto. Es un enfoque que también apoya Lean Construction para evitar el desperdicio de recursos financieros.

En base a su experiencia, el ingeniero Iván González llevó a cabo diversas técnicas que se ajustan a la filosofía Lean Construction. Aprendimos que la eficiencia, la eliminación de desperdicios y la creación continua de valor son las claves para el éxito de la construcción, desde la planificación anticipada y la optimización de recursos hasta la importancia de comunicar y coordinar con los proveedores. El enfoque disciplinado y metódico que es esencial para la construcción eficiente se refleja en el uso de herramientas como el análisis del valor de los ingresos y la gestión cuidadosa de los recursos financieros. En resumen, ser comprometidos con la mejora continua, la eficiencia y la colaboración en todas las etapas de un proyecto nos permite lograr resultados exitosos y sostenibles en la construcción, lo que se traduce en una mayor satisfacción del cliente y una mayor rentabilidad del proyecto.

### **2.3 Entrevista 3: Nancy Fátima Varela Terreros**

**Ingeniero Civil**

UCSG – Ecuador

**Máster en Administración de Empresas**

**Master en Gestión de Proyectos**

**PhD Ciencias de la Educación**



La ingeniera Nancy Varela cuenta con una sólida formación académica, que incluye una maestría en Administración de Empresas, una maestría en Gestión de Proyectos de Construcción, y un PhD en Ciencias de la Educación, además de diplomados en Administración de Proyectos. Su experiencia práctica abarca tanto la consultoría en obras de infraestructura sanitaria como la construcción directa en proyectos de vivienda vacacional de nivel medio-alto. Este conocimiento multidisciplinario le permite abordar proyectos con una visión integral, crucial en Lean Construction, donde se busca optimizar todos los recursos disponibles y minimizar el desperdicio.

Es esencial que el plan sea claro y que todos en el equipo lo comprendan para evitar errores y malentendidos que puedan causar problemas. Para garantizar que el proceso continúe sin interrupciones, la construcción ajustada requiere que todos los participantes del proyecto colaboren y se comuniquen de manera fluida. Según ella, la falta de especificidad en la planificación puede causar problemas en el trabajo. Por lo tanto, es fundamental que todos comprendan y puedan acceder a estos documentos para que se puedan tomar decisiones informadas y oportunas.

Llevar apuntes y tener una libreta de construcción es una herramienta necesaria que permite registrar los materiales y las actividades que se realizan en la construcción cada día. Esto está relacionado con los principios de la construcción ajustada de mantener un flujo de trabajo constante y eliminar el inventario excesivo. Además, según la ingeniera, los incentivos pueden mejorar el desempeño en el trabajo. Esto está en línea con la filosofía Lean, que fomenta el compromiso y la responsabilidad y motiva a los equipos a realizar trabajos más eficientes y de mayor calidad.

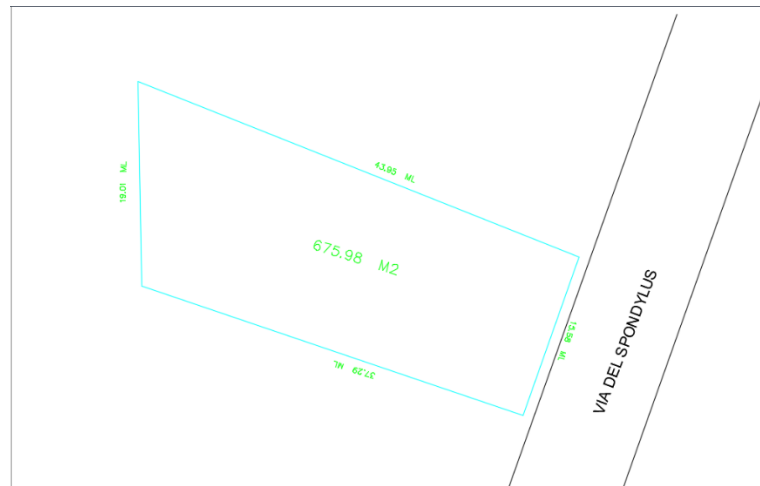


Tener un flujo constante de materiales sin gastos adicionales de almacenamiento o deterioro de recursos es posible gracias a una buena gestión de proveedores y compras ajustadas a las necesidades del proyecto. A lo largo de la entrevista, también menciona que, para evitar inventarios excesivos, compra casi siempre justo a tiempo de varios proveedores cercanos. Este método se ajusta al principio Lean de reducir el desperdicio de materiales y los inventarios inutilizables..

Durante la entrevista la ingeniera enfatizan el uso de BIM (Building Information Modeling) como una herramienta que les permite predecir y resolver problemas antes de que surjan en el sitio. Esto es totalmente coherente con los principios de Lean Construction, cuyo objetivo es reducir el desperdicio y mejorar continuamente prediciendo y resolviendo problemas desde la etapa de planificación. BIM facilita la creación de un modelo único que integra todos los planes, evita conflictos entre ellos y permite una implementación más fluida y eficiente del proyecto.

#### **2.4 Proyecto Casa La Entrada**

La "Casa La entrada" es una vivienda en construcción de 675 m<sup>2</sup> ubicada en la comuna La entrada, a una hora de distancia de La Libertad . La planta baja será el foco principal en la primera etapa, donde se utilizará hormigón armado para garantizar que la estructura sea sólida y resistente en el tiempo. Después de dos meses, se retomará la segunda etapa, que es la planta alta. Los principios de la construcción eficiente se aplicarán durante el desarrollo del proyecto para optimizar los procesos de construcción para maximizar la eficiencia y reducir el desperdicio, lo que garantizará que el proyecto sea ágil y de alta calidad.



*Fig- 20 Descripción de área.*

*(Fuente Propia,2024)*



*Fig- 21 Render de casa terminada.*

*Fuente: (Doylet,2023)*

## **2.5 Focus group en proyecto Casa La Entrada**

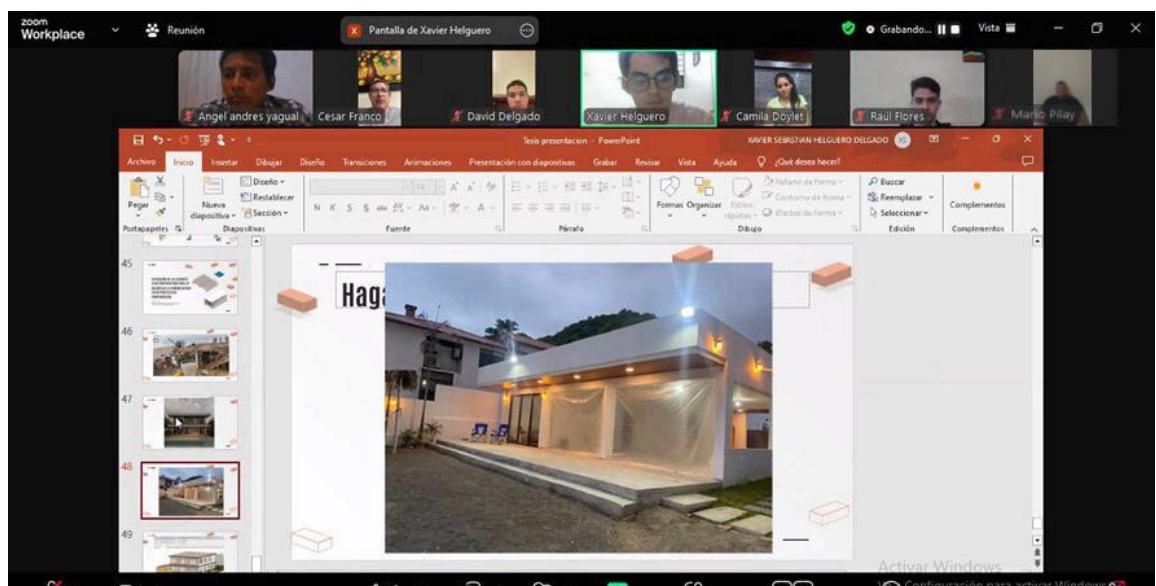
Desde los arquitectos y diseñadores hasta los trabajadores de obra y los proveedores de materiales, el éxito de cualquier proyecto de construcción depende de la colaboración efectiva de todos los involucrados. El proyecto actual, que implica la construcción de una casa de dos plantas de 200 metros cuadrados en una ubicación alejada de la ciudad, requiere la implementación de estrategias de gestión que optimicen el uso de recursos y aseguren que el proyecto se complete pronto.

Planeamos establecer un grupo de atención centrado en resolver los problemas específicos de la obra utilizando la filosofía Lean Construction. Cada integrante tendrá

la oportunidad de compartir sus experiencias y puntos de vista, analizar posibles problemas y sugerir soluciones creativas que mejoren la eficiencia y garanticen la calidad de la construcción a través de esta metodología.

El grupo focal se concentrará en temas importantes del proyecto, como coordinar a tiempo con los proveedores, optimizar los recursos utilizando herramientas como Kaizen y gestionar de manera efectiva el desperdicio de tiempo, materiales y mano de obra. Además, se examinarán situaciones hipotéticas que se han identificado en los primeros pasos del proyecto con el objetivo de crear estrategias preventivas y reactivas para reducir el impacto de cualquier retraso o complicación.

La participación en este Focus Group como se muestra en la fig-23 es una oportunidad única para contribuir al éxito del proyecto, asegurando que se complete dentro de los plazos establecidos, cumpliendo con los estándares de calidad y optimizando el uso de todos los recursos disponibles.



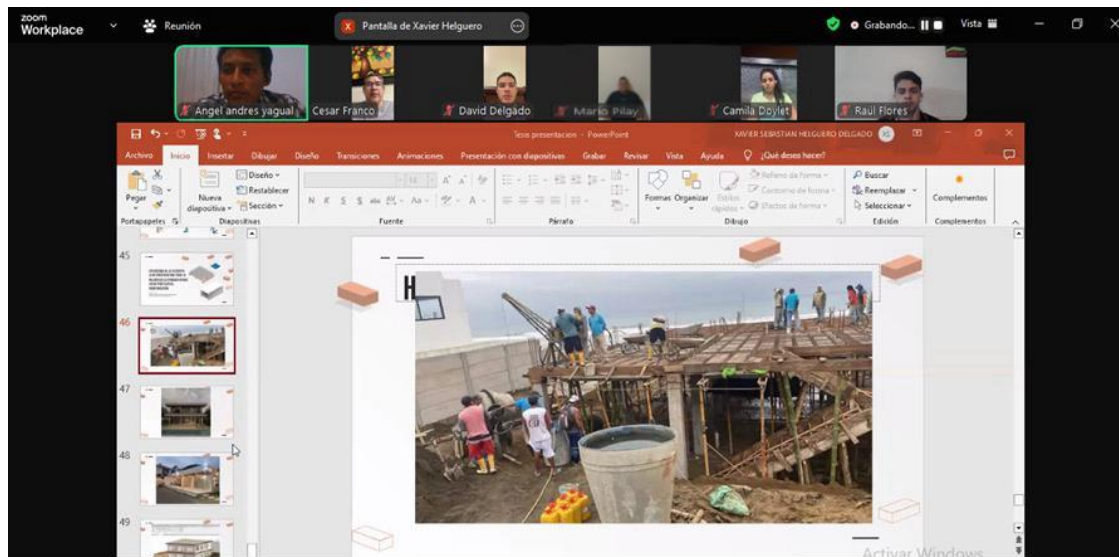
*Fig- 22 Focus Group para coordinación del proyecto Casa La Entrada.*

*(Fuente propia,2024)*

Durante una reunión de focus group realizada en formato virtual como se muestra en la figura 8, se congregaron todos los integrantes clave de la obra para discutir y analizar los desafíos y posibles soluciones en la construcción de una casa de dos plantas frente al mar, la cual enfrenta retos relacionados con el clima húmedo y las restricciones logísticas de la obra. Los participantes incluyeron a Camila Doylet, la arquitecta del proyecto; Mario Pilay, maestro constructor encargado; César Franco,

ingeniero encargado de la obra; Raúl Flores, ingeniero invitado para retroalimentación; y David Delgado, ingeniero industrial encargado de la ferretería Macofesa, que es el proveedor de los materiales. La reunión fue facilitada por Xavier Helguero y Andrés Yagual, estudiantes que están realizando su tesis sobre Lean Construction.

En el focus group, se abordaron diversos temas críticos para la construcción, todos enfocados en la implementación de metodologías Lean Construction para mejorar la eficiencia y reducir los desperdicios. Se discutieron las problemáticas de gestión de materiales, particularmente en relación con la logística y almacenamiento de insumos como el acero, la piedra, el cemento y el hormigón. Debido a que el proveedor principal de estos materiales estaba a una hora y media de la obra, y aunque ofrecía precios competitivos por volumen, la capacidad limitada de almacenamiento en el sitio generaba complicaciones.



*Fig- 23 Focus Group para coordinación del proyecto Casa La Entrada.*

*(Fuente propia,2024)*

La implementación de un sistema Just-In-Time es una herramienta útil para reducir los problemas de almacenamiento y optimizar el flujo de materiales. Esto permitiría planificar las entregas de acuerdo con las necesidades de trabajo inmediatas, evitando la acumulación de inventario innecesario y los riesgos asociados, como el deterioro de materiales. Según el representante del proveedor, el ingeniero David Delgado, Macofesa podía adaptarse a este sistema y planificar entregas más frecuentes y en menor volumen, aunque a un costo mayor. El equipo valoró positivamente esta propuesta, especialmente el maestro Mario Pilay, quien enfatizó la importancia de

tener los materiales disponibles justo a tiempo para evitar demoras en el proceso constructivo.

El uso de aditivos especializados, como aceleradores y agentes impermeabilizantes Sika, para proteger el hormigón armado de la humedad extrema y la brisa marina también se mencionó. Estos aditivos mejoran la durabilidad de las estructuras en entornos costeros y garantizan que el hormigón fragüe bien. La arquitecta Camila Doylet dice que se puede complementar esta solución con un cronograma de trabajo bien planificado, ajustando los tiempos de aplicación para evitar problemas como el secado del sellador y la adherencia de la pintura en las paredes exteriores

El focus group permitió a los integrantes del equipo compartir sus opiniones y experiencias, lo que condujo a un plan de acción conjunto basado en Lean Construction. Las soluciones propuestas, como la implementación del Just-In-Time, el uso de aditivos especializados y la planificación colaborativa, están destinadas a mejorar la eficiencia, reducir el desperdicio y garantizar la calidad de la obra, asegurando que el proyecto avance de manera efectiva y dentro de los plazos establecidos..

## **Capítulo 3: Resultados**

### **3.1 Propuesta de soluciones por medio de filosofía lean construction al proyecto propuesto en base a los problemas detectados**

Durante las primeras semanas de construcción de "Casa La entrada", se llevaron a cabo visitas técnicas en las que se mantuvieron conversaciones detalladas con ingenieros, maestros de obra y otros miembros importantes del equipo. El equipo pudo implementar ajustes tempranos después de que se descubrieran varias fallas en los procesos iniciales durante estas visitas. Estas observaciones fueron esenciales para que el proyecto se ajustara a los principios de la construcción eficiente, asegurando una optimización continua de los recursos y una mejora en la eficiencia general de la obra desde sus etapas iniciales.

Se decidió aplicar estrictamente los principios de Lean Construction al proyecto "Casa La entrada" para abordar las deficiencias identificadas durante la primera visita técnica. Este método permite reorganizar los procesos con un enfoque en la eliminación de desperdicios, la optimización del flujo de trabajo y la optimización de los recursos. Se desarrollaron estrategias claras para mejorar la comunicación y coordinación en el sitio, lo que resultó en una implementación más efectiva y controlada. Esto se logró a través de reuniones colaborativas con ingenieros, contratistas y todo el equipo involucrado. Los proyectos avanzan de manera más rápida y precisa gracias a la cultura de mejora continua que se fomenta al implementar Lean Construction

### **3.2 Situación 1: Dificultades de corrosión y daño de materiales por la Brisa marina cercana**

Debido a la proximidad al mar, se presentó un problema con la gestión de materiales durante el desarrollo del proyecto "Casa La entrada". La capacidad de almacenar grandes cantidades de materiales en el sitio de construcción fue afectada por la brisa marina constante, cargada de sal y humedad. Esto resultó en el deterioro anticipado de materiales sensibles como el acero y ciertos tipos de cemento, así como en complicaciones logísticas debido a la necesidad de reponer materiales más a menudo de lo previsto..

**Solución Propuesta:** Se debe implementar un enfoque de construcción eficiente con énfasis en la gestión eficiente del inventario y la logística justo a tiempo (JIT). Utilizando la herramienta Pull Planning, se llevan a cabo reuniones con todas las partes interesadas clave del proyecto, incluidos ingenieros, proveedores y gerentes de logística, para diseñar el plan de adquisiciones para minimizar la necesidad de almacenamiento en el sitio a largo plazo. Se implementa un sistema JIT para que los materiales lleguen justo cuando se necesitan, reduciendo la exposición a la brisa del mar. Además, se implementa una logística de entrega escalonada y controlada, asegurando que en el sitio solo se almacenen las cantidades mínimas esenciales. Como medida adicional, se coordina con los proveedores. Para proteger ciertas materias primas, especialmente las más vulnerables, es pretratado con un Recubrimiento protector antes de la entrega.

**Conclusión:** Los problemas relacionados con la exposición de los materiales a condiciones climáticas desfavorables se pueden reducir significativamente al aplicar técnicas de construcción ajustadas, como la planificación colaborativa y la logística justa a tiempo. Este método no solo reduce el desperdicio de materiales y el riesgo de deterioro, sino que también optimiza el rendimiento del proyecto, garantiza que los materiales estén disponibles en el momento adecuado y mejora la calidad y la sostenibilidad del proyecto. Al involucrar a los proveedores en el proceso, se garantizará una mejor adaptación de los materiales a las condiciones específicas del proyecto, lo que aumenta la sostenibilidad y el éxito del proyecto.

La tabla1 muestra dos escenarios para la gestión y compra de materiales de acero en el proyecto "Casa La entrada":

ALMACENAMIENTO MATERIAL ACERO				
EN OBRA REAL				
	Cantidad	Precio U \$	Precio Total \$	Perdida de material 10%
ACERO DE REFUERZO varilla 14	50	17,14	857,00	85,70
ACERO DE REFUERZO varilla 12	100	12,61	1261,00	126,10
ACERO DE REFUERZO varilla 10	50	8,74	437,00	43,70
ACERO DE REFUERZO varilla 8	100	5,62	562,00	56,20
		<b>total</b>	<b>3117,000</b>	<b>311,700</b>
APLICANDO LEAN CONSTRUCTION				
	Cantidad	Precio U \$	Precio Total \$	
ACERO DE REFUERZO varilla 14	50	18,00	899,85	
ACERO DE REFUERZO varilla 12	100	13,24	1324,05	
ACERO DE REFUERZO varilla 10	50	9,18	458,85	
ACERO DE REFUERZO varilla 8	100	5,90	590,10	
		<b>total</b>	<b>3272,85</b>	
		<b>AHORRO</b>	<b>155,850</b>	

*Tabla 1 Comparación costos de varillas de refuerzo.*

*(Fuente propia,2024)*

### **1.En la obra real:**

Se realizó un pedido grande de acero a un proveedor ubicado a una hora de distancia, obteniendo precios más bajos, pero incurriendo en una pérdida del 10% del material debido a la corrosión provocada por la brisa marina. La pérdida de material, reflejada en la tabla, incrementó los costos efectivos del proyecto.

### **2. Aplicando Lean Construction**

Se considera trabajar con un proveedor más cercano, que ofrece precios ligeramente más altos, pero permite entregas escalonadas, minimizando la necesidad de almacenamiento prolongado en el sitio. La aplicación de la metodología Just-in-Time (JIT) y la planificación colaborativa busca reducir la pérdida de material y optimizar los costos generales del proyecto.

### **Comparación de los Costos**

Escenario Real:

- Total, costo de material: \$3117.00
- Pérdida de material (10%): \$311.70
- Costo total considerando pérdidas: \$3428.70

Escenario Lean Construction:

- Total, costo de material: \$3272.85



- Pérdida de material: No aplica (debido a la entrega escalonada y protección de materiales).

**Ahorro:**

- Ahorro Total Aplicando Lean Construction: \$155.85

**Análisis del Ahorro**

**Reducción de Pérdida de Material:**

El mayor ahorro proviene de la eliminación de la pérdida del 10% de material debido a la corrosión. En el escenario real, la pérdida de material representó \$311.70, lo cual es completamente mitigado en el escenario Lean Construction.

**Costos de Material:**

Aunque el proveedor más cercano tiene precios unitarios más altos, la capacidad de recibir los materiales en las cantidades necesarias y en el momento adecuado evita la sobrecompra y la exposición prolongada al ambiente marino. Esto resulta en un ahorro neto a largo plazo.

**Optimización Logística:**

Implementando la metodología JIT, no solo se ahorra en costos directos de material, sino también en los costos indirectos asociados con la gestión y almacenamiento en el sitio, lo cual no está reflejado directamente en los números, pero es un beneficio significativo.

El enfoque Lean Construction, que se concentra en la planificación colaborativa y la logística justa a tiempo, reduce significativamente la pérdida de material y optimiza la gestión de inventario. El beneficio de prevenir la corrosión y otros daños a la propiedad compensa con creces este aumento de precio, lo que resulta en un ahorro neto de \$155,85 en comparación con el precio real. Además, las condiciones operativas del proyecto se mejoran, los riesgos de retrasos se reducen y los materiales utilizados son de mayor calidad.

**3.3 Situación 2: Problemas de construcción de un Muro de Cerramiento con Elementos Prefabricados y Bloques de Hormigón**

**Descripción:** Se utilizaron dos tipos de materiales durante la construcción de un muro de cerramiento en una obra: paneles prefabricados en un costado y bloques de hormigón en el otro. Los paneles prefabricados llegaban en grandes cantidades de un proveedor distante, lo que requería almacenamiento en el sitio durante varios días, lo que requería un espacio limitado. Sin embargo, los bloques de hormigón, que se

obtuvieron de un proveedor cercano, eran entregados en cantidades más pequeñas pero con retrasos ocasionales, lo que provocaba demoras en el proceso de construcción y desequilibrios en el progreso del muro de cerramiento..

**Solución Propuesta:** Aplicando la metodología Lean Construction se decidió implementar la técnica de Planificación Colaborativa para mejorar la coordinación entre los diferentes proveedores y el equipo de construcción. Se establece un cronograma más detallado y ajustado a las necesidades específicas de cada etapa de construcción del muro, de modo que las entregas de paneles prefabricados y bloques de concreto se realicen tan pronto como se utilicen, reduciendo así las necesidades de almacenamiento en obra. Además, se coordinó con el proveedor de bloques de concreto para establecer un sistema de distribución más confiable, de acuerdo con el cronograma de construcción, asegurando un suministro continuo de materias primas sin sobrecargar el espacio de almacenamiento.

Al implementar una planificación colaborativa y ajustar los cronogramas de suministro de materiales, se logrará una mejor sincronización entre los diferentes elementos del muro circundante. Esto no solo ayuda a optimizar el espacio de almacenamiento en el sitio, sino que también evita retrasos en la construcción, lo que permite un flujo de trabajo continuo y eficiente. El uso de esta estrategia ayuda a cumplir con los plazos y garantiza que el muro delimitador se construya con la calidad requerida sin interrupciones ni costos adicionales debido a un manejo ineficiente de materiales. ni gastos adicionales relacionados con el manejo de materiales ineficientes.



*Fig- 2424 Muro de Cerramiento con Elementos Prefabricados y Bloques de Hormigón.*

*(Fuente Propia, 2024)*

Se hace un análisis de la tabla 2 donde muestra dos escenarios para la construcción del muro de cerramiento en el proyecto

MURO DE CERRAMIENTO									
<b>EN OBRA REAL</b>									
	Area (m2)	Cantidad	Precio U \$	Precio U colum \$	Precio columnas	Precio U vigas	Precio vigas	Precio Total \$	
BLOQUE 9	145,60	2040	0,55	30,00	600,00	30,00	600,00	2322,00	
PANEL PREFABRICADO 2*0.60 mt	72,00	60	10,00	9,00	225,00	8,00	120,00	945,00	
							total	3267,00	
<b>APLICANDO LEAN CONSTRUCTION</b>									
	Area (m2)	Cantidad	Precio U \$	Precio U colum \$	Precio columna	Precio U vigal	Precio vigas	Precio Total \$	
PANEL PREFABRICADO 2*0.60mt	217,60	182	12,00	12,34	555,30	9,25	416,25	3155,55	
							Total	3155,55	
							AHORRO	111,45	

*Tabla 2 Comparación costos muro cerramiento*

*(Fuente propia,2024)*

**En la obra real:** Se utilizaron bloques de 9 cm y paneles prefabricados de 2 metros x 0.60 metros para el muro de cerramiento. Debido a problemas de producción con el proveedor de paneles prefabricados, se tuvo que recurrir a la compra adicional de bloques de 9 cm para completar el muro. Este problema generó un aumento en los costos y complicaciones logísticas al manejar dos tipos diferentes de materiales con proveedores distintos.

**Aplicando Lean Construction:** El enfoque Lean Construction propone haber trabajado desde el principio con otro proveedor más confiable de paneles prefabricados de 2 metros x 0.60 metros. Aunque que tendría un costo ligeramente superior, garantizaría la entrega oportuna y continua de los paneles sin necesidad de recurrir a

bloques de 9 cm. Esto permitiría una construcción más eficiente y alineada con el plan original, optimizando costos y evitando problemas logísticos.

### **Comparación de los Costos**

#### **Escenario Real:**

*Bloques de 9 cm:*

Área: 145.6 m<sup>2</sup>

Precio total: \$2322.00

*Paneles Prefabricados 2 metros x 0.60 metros:*

Área: 72 m<sup>2</sup>

Precio total: \$945.00

Costo Total en la Obra Real: \$3267.00

#### **Escenario Lean Construction:**

Paneles Prefabricados 2 metros x 0.60 metros (con nuevo proveedor):

Área: 217.6 m<sup>2</sup>

Precio total: \$3155.55

#### **Ahorro:**

Ahorro Total Aplicando Lean Construction: \$111.45

#### **Análisis del Ahorro**

El costo por metro cuadrado de los paneles prefabricados de 2 metros x 0,60 metros con el nuevo proveedor es más alto, el uso exclusivo de paneles prefabricados reduce los costos generales del proyecto y elimina la necesidad de manejar dos tipos diferentes de materiales. El uso de un solo proveedor para los paneles prefabricados facilita la logística y reduce el riesgo de retrasos o problemas en la producción. Esto también reduce los costos indirectos de gestión de proveedores y almacenamiento prolongado de materiales.

La planificación colaborativa y la coordinación precisa entre el proveedor y el equipo de construcción permiten un flujo de trabajo más constante y eficiente, lo que reduce la probabilidad de interrupciones y garantiza el cumplimiento de los plazos habría ahorrado \$111,45 utilizando Lean Construction y seleccionando un proveedor más confiable para los paneles prefabricados de 2 metros por 0,60 metros desde el inicio del proyecto.

El proceso de construcción será optimizado con esta estrategia, lo que evitará problemas logísticos y garantizará un flujo de trabajo continuo y eficiente. Esto reduce el costo total del proyecto y mejora la calidad y la velocidad de construcción de los muros perimetrales.

### **3.4 Situación 3: Retraso en la Entrega de Sacos de Cemento para la Fundición de Losa de Hormigón**

En la fase de preparación para la fundición de la losa de hormigón, se reporta un retraso en la entrega de los sacos de cemento por parte del proveedor principal. El proveedor, que está a una hora de distancia, informa que la entrega se retrasará debido a un problema logístico.

Para prevenir estos retrasos, se habría utilizado la estrategia Just in Time para encontrar un proveedor secundario más cercano, que se encuentra en la comuna Montañita, a 10 minutos de la obra. En este caso, se comunica inmediatamente con el proveedor secundario para garantizar que la cantidad necesaria de sacos de cemento se entregue rápidamente, evitando retrasos en el trabajo y garantizando que la preparación de la losa se complete a tiempo. Este ajuste demuestra la importancia de

trabajar bien con los proveedores y anticipar problemas para garantizar que los materiales críticos lleguen a tiempo para evitar problemas en la construcción.



*Fig- 25 Fundición Losa de Hormigón.*

*(Fuente Propia,2024)*

La tabla 3 muestra dos escenarios para la adquisición de cemento durante la fundición de la losa en el proyecto

FUNDICION DE LOSA					
EN OBRA REAL					
	Volumen (m3)	Cantidad	Precio U \$	Precio transporte	Precio Total \$
LOSA CEMENTO HOLCIM FUERTE	40,02	200	8,56	20,00	1732,00
				total	1732,00
APLICANDO LEAN CONSTRUCTION					
	Volumen (m3)	Cantidad	Precio U \$	Precio transporte	Precio Total \$
LOSA CEMENTO SELVALEGRE CAMPEON	40,02	200	8,00	50,00	1650,00
				Total	1650,00
				AHORRO	82,00

*Tabla 3 Comparación costos cementos.*

*(Fuente propia,2024)*

### En la obra real:

Debido a un problema logístico con el proveedor principal, el cemento originalmente previsto no llegó a tiempo. Se optó por adquirir cemento Holcim, el cual estaba disponible para ser entregado de inmediato, aunque tenía un costo más elevado

debido a su cercanía. El cemento Holcim cuesta \$8.56 por unidad, lo que equivale a \$1,732 con transporte..

### **Aplicando Lean Construction:**

Si se hubiera planificado de antemano con la filosofía Lean Construction, se habría podido adquirir el cemento Selvalegre Campeón, el cual ofrecía un precio más bajo por unidad a pesar de estar más lejos y tener un mayor costo de transporte. A pesar del mayor costo de transporte, la planificación y coordinación adecuadas habrían permitido que el cemento Selvalegre Campeón llegara a tiempo, lo que habría generado un ahorro total. El cemento Selvalegre Campeón cuesta \$8.00 por unidad y cuesta \$1,650 en total, incluyendo el costo de transporte adicional debido a la distancia del proveedor.

### **Comparación de los Costos**

#### **Escenario Real:**

Cemento Holcim:

Volumen: 40 m<sup>3</sup>

Cantidad: 200 unidades

Precio total: \$1,732

#### **Escenario Lean Construction:**

Cemento Selvalegre Campeón:

Volumen: 40 m<sup>3</sup>

Cantidad: 200 unidades

Precio total: \$1,650

Ahorro:

Ahorro Total Aplicando Lean Construction: \$82

#### **Análisis del Ahorro:**

Con una adecuada planificación y coordinación, la implementación de la estrategia Lean Construction habría evitado la necesidad de comprar el cemento más caro de Holcim de última hora. Esto garantizaría la expedición oportuna del cemento Selvalegre Campeón y reduciría los costos en general. A pesar de que el costo de transporte del cemento Selvalegre Campeón era mayor debido a la distancia del proveedor, el precio más bajo del cemento compensaba este costo adicional, lo que resultó en un ahorro total de \$82. La coordinación anticipada habría permitido que el cemento llegara a tiempo para la fundición de la losa, manteniendo el cronograma del proyecto y ahorrando dinero en compras de emergencia.

A pesar del mayor costo de transporte, implementar la filosofía y coordinar anticipadamente la entrega del cemento Selvalegre Campeón habría resultado en un ahorro de \$82. A pesar de que Holcim estaba más cerca y ofrecía una entrega inmediata, el precio más bajo del cemento Selvalegre Campeón era razonable para adquirirlo si se hubiera planificado adecuadamente. Este método permite el control de costos y la continuidad del proyecto.

### **3.5 Situación 4: Problemas con el Secado y la Adhesión de la Pintura en Paredes**

En el proyecto las paredes exteriores fueron empastadas y pintadas debido a la brisa marina. Debido a la alta humedad, el empaste no se secó adecuadamente, lo que provocó que la pintura aplicada comenzara a reventar y desprenderse. La situación empeoró porque se ignoró el uso de pintura especial para exteriores en climas húmedos, lo que resultó en un acabado deficiente y la necesidad de repetir el trabajo.

El objetivo es implementar un enfoque Lean Construction que se concentre en la reducción de desperdicios y la planificación proactiva. En este caso, se utiliza Pull Planning, una herramienta de planificación colaborativa, para involucrar a todos los actores relevantes en la toma de decisiones sobre los materiales y técnicas más apropiados para el proyecto, teniendo en cuenta el clima adverso..

Se tomó la decisión utilizar una pintura especial para climas húmedos, previamente recomendada por un proveedor experto, y se planifica un cronograma que permita tiempos de secado adecuados. Además, se instala un sistema de control de calidad en tiempo real durante el proceso de empaste y pintado, lo que garantiza que cada capa se aplique solo cuando las condiciones sean ideales.



Aplicando una planificación colaborativa y la integración temprana de expertos en materiales se evitan problemas relacionados con condiciones climáticas adversas. Esta planificación proactiva no solo reduce el riesgo de errores y retrabajo, sino que también garantiza que el producto final cumpla con los estándares de calidad, lo que aumenta la durabilidad del proyecto y la satisfacción del cliente.



Fig- 26 Pintura en Paredes.

(Fuente Propia,2024)

En la tabla 4 se muestran dos escenarios para la pintura exterior de la casa, uno es el escenario en obra real y el otro aplicando Lean Construction

PINTURA EXTERIOR PARA CASA						
<b>EN OBRA REAL</b>						
Pintura exterior	area (m2)	cantidad	Precio U \$	mano de obra		Precio Total \$
Caneca Pintura Latex supremo	174,58	2	70,00	436,45		576,45
Caneca Pintura Elastomérica	174,58	2	90,00	436,45		616,45
					total	1192,90
<b>APLICANDO LEAN CONSTRUCTION</b>						
Pintura exterior	Area (m2)	Cantidad	Precio U \$	Mano de obra		Precio Total \$
Caneca Pintura Elastomérica	174,58	2	90,00	523,74		703,74
					Total	703,74
					AHORRO	489,16

Tabla 4 Comparación de costos pintura exterior.

(Fuente Propia,2024)

**En la obra real:**

Debido a la alta humedad provocada por la brisa marina y la lluvia, las paredes exteriores empastadas y pintadas no secaron adecuadamente. Como resultado, la pintura aplicada comenzó a reventarse y desprenderse. Además, no se consideró el uso de una pintura especial para exteriores en climas húmedos, lo que derivó en un acabado deficiente y la necesidad de repintar toda la superficie con una pintura adecuada.

#### **Aplicando Lean Construction:**

El enfoque Lean Construction propone haber planificado desde el inicio la utilización de una pintura especial para climas húmedos, recomendada por un proveedor experto. Mediante la planificación colaborativa (Pull Planning), se habría involucrado a todos los actores relevantes en la toma de decisiones, asegurando la selección de los materiales más adecuados para las condiciones climáticas específicas. Además, se habría establecido un cronograma de trabajo que permitiera tiempos de secado adecuados y un sistema de control de calidad en tiempo real.

#### **Comparación de los Costos**

##### **Escenario Real:**

Pintura exterior (Pintura Látex):

Área: 174 m<sup>2</sup>

Precio total: \$575

Pintura Elastomérica (segunda aplicación):

Área: 174 m<sup>2</sup>

Precio total: \$615

Costo Total en la Obra Real: \$1190.00

##### **Escenario Lean Construction:**

Pintura Elastomérica (desde el inicio):

Área: 174 m<sup>2</sup>

Precio total: \$702

Ahorro Total Aplicando Lean Construction: \$488.00

#### **Análisis del Ahorro**

Al utilizar la pintura elastomérica especial para climas húmedos desde el principio, se habría evitado la necesidad de repintar, lo que habría reducido significativamente los costos generales del proyecto, lo que habría ahorrado \$488. El uso de un solo tipo de pintura, que es adecuado para condiciones climáticas adversas, simplifica la logística y elimina la necesidad de manejar materiales adicionales o planificar un retrabajo. La coordinación precisa y la planificación proactiva entre

proveedores, arquitectos y equipo de construcción permiten un flujo de trabajo más constante y eficiente. Se asegura que la pintura se aplique en las mejores condiciones, lo que garantiza la calidad y durabilidad del acabado.

Desde el inicio del proyecto, utilizar técnicas de construcción lean y seleccionar la pintura adecuada para climas húmedos ahorrará \$488. Además, con esta estrategia se puede evitar la necesidad de repintar, se puede optimizar el proceso de construcción y se pueden garantizar acabados de alta calidad. La contratación temprana de expertos en materiales y la colaboración son esenciales para evitar errores costosos y garantizar la satisfacción del cliente.

### **3.6 Situación 5 : Deterioro del hormigón armado**

En el proyecto de construcción de una casa de dos plantas frente al mar, se pueden ver signos de deterioro prematuro en el hormigón armado en ciertas áreas. La exposición continua a la brisa marina ha acelerado la corrosión del acero de refuerzo dentro del hormigón, lo que ha provocado grietas y fragmentos de hormigón que se desmoronan. La falta de medidas preventivas adecuadas para proteger el hormigón armado de la alta salinidad y humedad del ambiente marino provocó este problema.

Para detener la producción inmediatamente cuando se detectan problemas de calidad, se recomienda aplicar la técnica Jidoka (automatización con intervención humana) en el método Lean Construction. Se realizaron pruebas adicionales previas a la construcción en este caso para evaluar las condiciones ambientales y elegir materiales más resistentes a la corrosión. Se optó por utilizar aditivos Sika como aceleradores para fraguar el hormigón rápidamente y selladores para evitar que la humedad y la sal ingresaran a la estructura. Estos aditivos se agregan a la mezcla de concreto para garantizar una mayor durabilidad en ambientes marinos.

Al incorporar técnicas de prevención y control de calidad basadas en Lean Construction, como Jidoka, y el uso de aditivos especializados para proteger el hormigón armado, se pueden identificar y solucionar problemas antes de que se conviertan en fallas graves. Esto no solo reduce los costos de reparación y mantenimiento a largo plazo, sino que también prolonga la vida útil del hormigón armado en entornos marinos adversos. Esto garantiza la integridad estructural del proyecto y la satisfacción del cliente.



*Fig- 27 Acero del muro cercano al mar. (Fuente Propia,2024)*

### **3.7 Situación 6 : Problemas en la Coordinación de Equipos de Trabajo**

Se observa que algunos equipos de trabajo están en espera durante la instalación de los encofrados y la preparación de las losas porque los materiales necesarios no han llegado a tiempo o porque otro equipo está utilizando la zona donde debían trabajar.

Las "pulsaciones" son reuniones diarias de planificación que ayudan a los diferentes equipos a trabajar más juntos. Estas reuniones breves al inicio de cada día permiten ajustar el cronograma diario, asignar recursos donde más se necesitan y asegurarse de que todos los equipos estén alineados.

Las reuniones de coordinación diarias mejoran la comunicación, evitan los tiempos muertos y aseguran que todos los equipos trabajen de manera constante y eficiente.



*Fig- 25 Espacios reducidos por fundición de losa.*

*(Fuente Propia,2024)*

### **3.8 Situación 7 : Problemas de Calidad en la Colocación de Hormigón**

Después de la inspección de calidad, se descubrió que algunas secciones de la placa tenían superficies irregulares y no cumplían con los estándares requeridos. La falta de control durante el proceso de vertido y nivelación del hormigón explica esta cifra. Aplicar la idea de mejora continua Kaizen, estableciendo un sistema de control de calidad más estricto. Durante el proceso de vaciado, se asigna a un supervisor que verifique constantemente la nivelación y use herramientas más precisas para garantizar que el hormigón esté perfectamente nivelado. El control de calidad más estricto y la mejora continua de los procedimientos reducen los errores y garantizan que el producto final cumpla con los estándares esperados, lo que reduce la necesidad de retrabajos.

### 3.9 Resumen de costos de materiales

Situación	Costo en Obra Real (\$)	Costo Aplicando Lean Construction (\$)	Ahorro (\$)
1. Dificultades para Almacenar Grandes Cantidades de Materiales por la Brisa Marina Cercana	3,117.00	3,272.85	155.85
2. Problemas en la Coordinación de Materiales para la Construcción de un Muro de Cerramiento	3,267.00	3,155.55	111.45
3. Retraso en la Entrega de Sacos de Cemento para la Fundición de Losa de Hormigón	1,732.00	1,650.00	82.00
4. Problemas con el Secado y la Adhesión de la Pintura en Paredes	1,192.90	703.74	489.16

*Tabla 5 Tabla de resumen de costos en obra real y Lean Construction.*

*(Fuente Propia,2024)*

#### **Totales:**

- **Costo Total en Obra Real:** \$9,308.90
- **Costo Total Aplicando Lean Construction:** \$8782.14
- **Ahorro Total:** \$838.46

El análisis de cuatro escenarios de construcción de la vida real, comparando costos con una implementación de Lean Construction, muestra un ahorro total de \$838.46. Si bien los ahorros varían según la situación, la implementación de Lean Construction demuestra consistentemente la capacidad de reducir costos a través de una mejor planificación y gestión de recursos.

Una situación que involucraba el secado y la adhesión de pintura en paredes resultó en los mayores ahorros: elegir la pintura adecuada y coordinarse oportunamente podría ahorrar \$838.46. Este caso demuestra cómo el presupuesto puede ser significativamente afectado por una buena planificación y una selección adecuada de materiales.

La mejora de la eficiencia en los cuatro escenarios de trabajo real de Lean Construction resultó en un ahorro de \$838.46. Estos hallazgos demuestran lo crucial que es la planificación proactiva y la coordinación efectiva en la gestión de proyectos de construcción, lo que ayuda a garantizar que los proyectos se entreguen dentro del presupuesto y con la calidad esperada.

## Conclusiones

Esta investigación ha demostrado que el uso de la metodología Lean Construction en proyectos de construcción puede mejorar significativamente la eficiencia y la gestión de recursos. Se recopiló una base teórica sólida sobre Lean Construction al principio, lo que permitió establecer un marco conceptual sólido.

Para promover la cultura Lean entre todos los participantes del proyecto, se realizaron varias visitas a la obra para observar y analizar el proceso constructivo en tiempo real. Las visitas fueron necesarias para encontrar ineficiencias y oportunidades de mejora, lo que permitió una intervención rápida y efectiva. El proyecto de una casa de dos pisos con vistas al mar es un ejemplo de cómo aplicar conceptos de construcción eficiente. Gracias a nuestro acceso a los planos arquitectónicos, pudimos crear un modelo 3D del proyecto con Revit. Este 3D fue necesario para resolver problemas potenciales antes de que ocurrieran durante la obra, lo que permitió el proceso de construcción lo más eficiente posible y no incrementar costos.

Se realizó a cabo un grupo focal con arquitectos, ingenieros, proveedores y equipo directivo como parte de la implementación de Lean Construction. Se discutieron los problemas observados durante esta sesión y se presentaron soluciones basadas en los principios Lean, como la implementación de un sistema Just-In-Time para optimizar el flujo de materiales y el uso de aditivos especializados para mejorar la durabilidad del concreto en el medio marino. El feedback fue crucial para cambiar las estrategias de ejecución y garantizar que los principios Lean se implementen de manera coherente y efectiva durante toda la tarea.

La implementación de soluciones Lean después de reconocer problemas como la gestión ineficiente de materiales, la falta de coordinación entre equipos y la necesidad de adaptarse a condiciones ambientales complejas ha demostrado ser eficaz. Estas intervenciones mejoran la eficiencia operativa y reducen los costos y los plazos de entrega, lo que significa un producto final de mayor calidad. Se crearon tablas para comparar los precios de la realidad y Lean Construction. Estos cuadros demuestran claramente el ahorro y la eficiencia que se pueden obtener aplicando esta filosofía..

Según los resultados de la investigación, el enfoque Lean Construction es una herramienta útil para maximizar el rendimiento de los proyectos de construcción. La implementación de Lean Construction en un proyecto de casa de dos pisos no solo

mejoró la eficiencia y redujo el desperdicio, sino que también inspiró a todos los involucrados a mejorar continuamente. Para predecir problemas y garantizar el éxito, se utilizó modelado 3D en Revit, planificación colaborativa y un enfoque en la eliminación de desperdicios. Los hallazgos de esta tesis demuestran la capacidad de Lean Construction para cambiar el sector de la construcción al brindar proyectos más eficientes, económicos y sostenibles.



## **Recomendaciones**

Es crucial promover y promover la filosofía Lean desde el principio del proyecto, involucrando a todos los participantes cruciales desde el principio. Esto incluye brindar capacitación y conocimiento sobre las ventajas de esta metodología, que permite que el equipo trabaje de manera más coordinada y efectiva a lo largo del proceso constructivo. Debería ser común usar herramientas tecnológicas avanzadas como BIM, especialmente Revit. Los modelos 3D ayudan a planificar y visualizar problemas antes de que se materialicen, ahorrando tiempo y recursos..

El éxito se logra con mejores flujos de trabajo y menos retrasos. Implementar un sistema de gestión de materiales Just-In-Time es otra recomendación importante. Esta metodología permite que los materiales lleguen al sitio de construcción en el momento correcto, lo que reduce la necesidad de almacenamiento en el lugar y el riesgo de deterioro. Para garantizar un suministro estable y adaptable a las necesidades cambiantes del proyecto, incluso se deben establecer relaciones estrechas con proveedores locales. Para involucrar a todos en los objetivos del proyecto, es esencial la planificación colaborativa, también conocida como planificación pull. Este enfoque evita problemas, mejora la comunicación y garantiza que las decisiones se tomen de manera colaborativa y consensuada..

Finalmente, la estrategia y la evaluación deben cambiar constantemente si es necesario. Los métodos Lean son dinámicos para adaptarse a los cambios en el entorno de un proyecto. La ejecución de estas recomendaciones mejorará la eficiencia y la relación calidad-precio en proyectos futuros, lo que aumentará la disposición del sector hacia la construcción eficiente.

## Referencias

- Aveiro, C. (2022). *¿Qué es el método Kaizen y cuáles son los beneficios para nuestra empresa?* Obtenido de <https://s-gi.com/que-es-el-metodo-kaizen-y-cuales-son-los-beneficios-para-nuestra-empresa/>
- Ballard, G., & Koskela, L. (2020). Los fundamentos de la construcción lean. *Design and Construction: Building in Value*, 211-225.
- Bravo, J. (2017). Aplicación de herramientas Lean Manufacturing (5S, Andon y Tiempo Estándar) para el aumento de la productividad en el área de producción de una empresa metalmecánica. *Revista Industrial Data*, 217-231. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/idata/v26n1/1810-9993-idata-26-01-217.pdf>
- Columbus, L. (2020). *What is Lean Manufacturing*. Obtenido de DELMIAWorks Manufacturing: <https://solidworks.com/delmiaworks/what-is-lean-manufacturing/>
- Ćwik, K. (2017). Last planner system in construction. *MATEC Web of conference*, 1-4. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/318655233\\_Last\\_planner\\_system\\_in\\_construction](https://www.researchgate.net/publication/318655233_Last_planner_system_in_construction)
- Dekier, Ł. (2012). The Origins and Evolution of Lean Management System. *Journal of International Studies*, 46-51. Obtenido de [https://www.jois.eu/files/DekierV\\_5\\_N1.pdf](https://www.jois.eu/files/DekierV_5_N1.pdf)
- Dilanthi. (2015). Conceptual evolution of lean manufacturing. *International Journal of Economics, Commerce and Management*, 574-584. Obtenido de <https://ijecm.co.uk/wp-content/uploads/2015/10/31035.pdf>
- Eldeep, A. (2022). Using BIM as a lean management tool in construction processes – A case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 1-7. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447921003075>

- Folgueiras, P. (2016). *La Entrevista* . Obtenido de Técnica de recogida de información: La entrevista : <http://hdl.handle.net/2445/99003>
- Garces, & Peña. (2023). Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 43-63.
- Ghosh, S., & Reyes, M. (2017). Increasing the Productivity of a Construction Project Using Collaborative Pull Planning. *AEI*, 825-834. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/315866032\\_Increasing\\_the\\_Productivity\\_of\\_a\\_Construction\\_Project\\_Using\\_Collaborative\\_Pull\\_Planning](https://www.researchgate.net/publication/315866032_Increasing_the_Productivity_of_a_Construction_Project_Using_Collaborative_Pull_Planning)
- González, V., Hamzeh, H. & Alarcón, A. (2023). *Lean Construction 4.0 Driving a Digital Revolution of Production* . 605 Third Avenue, New York, NY 10158 : Routledge.
- Gunduz, M., & Naser, A. (2019). Value Stream Mapping as a Lean Tool for Construction Projects. *International Journal of Structural and Civil Engineering Research*, 69-75. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Ayman-Naser-2/publication/325818429\\_Value\\_Stream\\_Mapping\\_as\\_a\\_Lean\\_Tool\\_for\\_Construction\\_Projects/links/5e687a9592851c7ce05b324f/Value-Stream-Mapping-as-a-Lean-Tool-for-Construction-Projects.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ayman-Naser-2/publication/325818429_Value_Stream_Mapping_as_a_Lean_Tool_for_Construction_Projects/links/5e687a9592851c7ce05b324f/Value-Stream-Mapping-as-a-Lean-Tool-for-Construction-Projects.pdf)
- Hiwale, A., Wagh, A., & Waghmare, V. (2018). Effectiveness of 5s Implementation in Lean Construction (Commercial Building Construction Project). *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 6, 62-65. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/330180626\\_Effectiveness\\_of\\_5s\\_Implementation\\_in\\_Lean\\_Construction\\_Commercial\\_Building\\_Construction\\_Project](https://www.researchgate.net/publication/330180626_Effectiveness_of_5s_Implementation_in_Lean_Construction_Commercial_Building_Construction_Project)
- Howell, G., & Ballard, G. (2018). Understanding and action. En *Implementing Lean Construction*. Virginia: Proceedings IGLC.
- Hussein, M. (2021). Critical factors for successful implementation of just-in-time concept in modular integrated construction: A systematic review

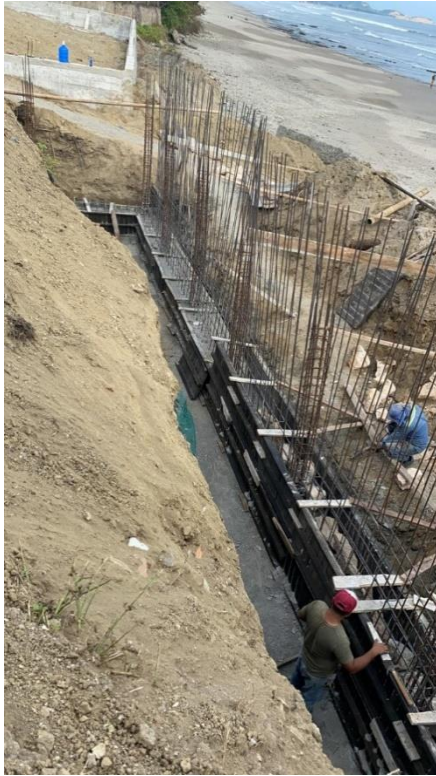
- and meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, 5-17. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620347600>
- Ismyrlis, V. (2021). Lean and Kaizen: The Past and the Future of the Methodologies. En *Lean Manufacturing* (págs. 91-123). Edessa: IntechOpen. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/349449517\\_Lean\\_and\\_Kaizen\\_The\\_Past\\_and\\_the\\_Future\\_of\\_the\\_Methodologies](https://www.researchgate.net/publication/349449517_Lean_and_Kaizen_The_Past_and_the_Future_of_the_Methodologies)
- Konstantinos, S. (2017). The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. *Procedia CIRP*, 60, 380-385. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117300586>
- Kumar, A. (2024). Moving toward lean construction through automation of planning and control in last planner system: A systematic literature review. *Developments in the Built Environment*, 1-27. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165924001005>
- Longhi, C. (2016). Introduction to lean concept. En *Ila Lean* (págs. 1-23).
- Manish. (2023). *What Is Just In Time (JIT) In Lean Management? 5 Principles Of JIT*. Obtenido de [learntransformation: https://learntransformation.com/what-is-just-in-time-jit-in-lean-management/](https://learntransformation.com/what-is-just-in-time-jit-in-lean-management/)
- Maraq, J., & Sacks, R. (2023). Strategies for reducing construction waste using lean principles. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 1-2. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/373493741\\_Strategies\\_for\\_reducing\\_construction\\_waste\\_using\\_lean\\_principles](https://www.researchgate.net/publication/373493741_Strategies_for_reducing_construction_waste_using_lean_principles)
- Maraq, M. (2021). Reducing construction and demolition waste through lean production: Observations from Tel-Aviv, Israel. *Research Gate*, 1-10. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/353680000\\_Reducing\\_construction\\_and\\_demolition\\_waste\\_through\\_lean\\_production\\_Observations\\_from\\_Tel-Aviv\\_Israel](https://www.researchgate.net/publication/353680000_Reducing_construction_and_demolition_waste_through_lean_production_Observations_from_Tel-Aviv_Israel)

- Mohsen, R. (2024). The role of BIM as a lean tool in design phase. *Journal of Engineering and Applied*, 2-20. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/377589589\\_The\\_role\\_of\\_BIM\\_as\\_a\\_lean\\_tool\\_in\\_design\\_phase](https://www.researchgate.net/publication/377589589_The_role_of_BIM_as_a_lean_tool_in_design_phase)
- Patel, V., & solank, J. (2020). Just in time concept used in construction project. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3298-3306. Obtenido de <https://www.irjet.net/archives/V7/i6/IRJET-V7I6616.pdf>
- Pons, J. F. (2021). *Lean Construction las 10 claves del éxito para su implantación*. Paseo de la Castellana, España: Consejo General de la Arquitectura Técnica de .
- Porras, H. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 32-55.
- Ramani, P. (2019). Application of lean in construction using value stream mapping. *Engineering Construction & Architectural Management*, 1-7. Obtenido de <file:///C:/Users/helgu/Downloads/ECAM-ApplicationofLeaninConstruction.pdf>
- Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa metodología del last planner system* (Vol. 1). Paseo de la Castellana, 155 - 28046 Madrid.: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
- Salleh, H. (2014). Aplicación del modelado de información de construcción: debate en grupo. *Gradevinar*, 705-714.
- Stewart, D. W. (2016). Online Focus Groups. *Journal of Advertising*, 48–60.
- Structuralia. (2021). *LEAN Construction: Last Planner*. Obtenido de [structuralia.com/lean-construction-last-planner](http://structuralia.com/lean-construction-last-planner)
- Tauriainen, M. (2016). The effects of BIM and lean construction on design management practices. *Procedia Engineering*, 567-574. Obtenido de [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816340000?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8af232c64ea731e6](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816340000?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8af232c64ea731e6)

Torrecilla., J. M. (2022). *La entrevista*. Obtenido de Máster en Tecnologías de la Información y la Comunicación en Educación: [http://www2.uca.edu.sv/mcp/media/archivo/f53e86\\_entrevistapdfcopy.pdf](http://www2.uca.edu.sv/mcp/media/archivo/f53e86_entrevistapdfcopy.pdf)

Vivan, A. (2016). Model for Kaizen project development for the construction industry. *Gestão & Produção*, 1-15. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/303915350\\_Model\\_for\\_Kaizen\\_project\\_development\\_for\\_the\\_construction\\_industry](https://www.researchgate.net/publication/303915350_Model_for_Kaizen_project_development_for_the_construction_industry)

## **Anexos**



Construcción de muro de contención



Base de hormigón para muro de cerramiento



Muro de contención de 153x3m



Muro de cerramiento con bloques de hormigón





Muro perimetral lado derecho



Terreno de 700m2 con cerramiento



Excavación para cimentación



Zapatas corridas



Cimentación de zapatas corridas



Colocación de columnas



Fundición de losa alivianada



Fundición de losa alivianada con bloques de hormigón



Puntales metálicos para la fundición de losa



Losa terminada



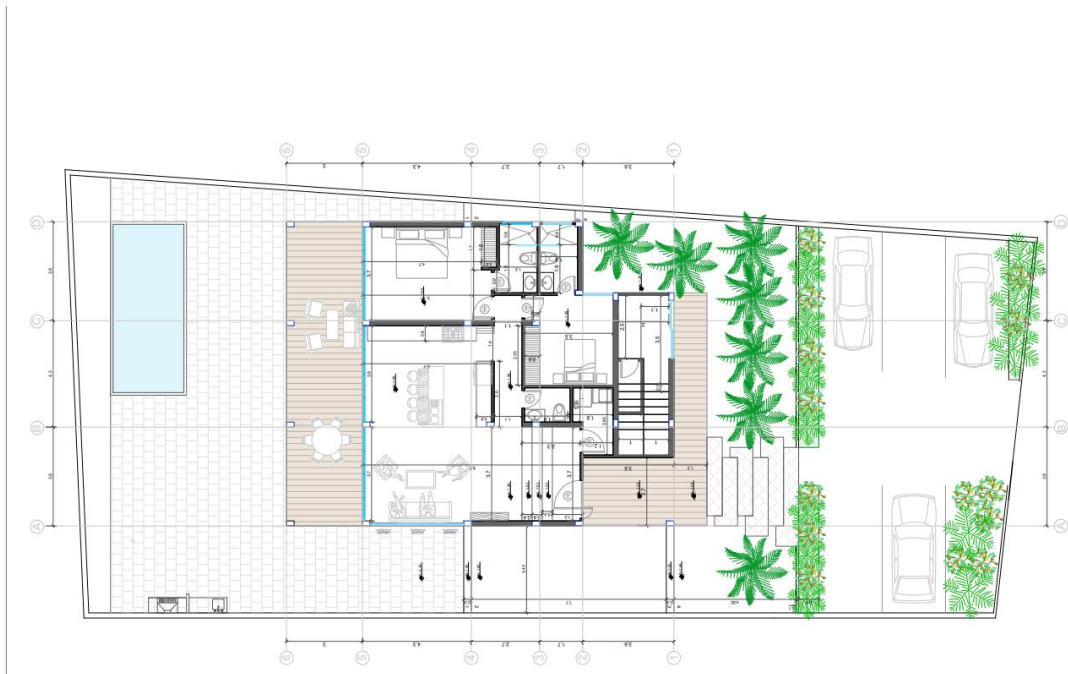
Pintado en paredes exteriores e interiores



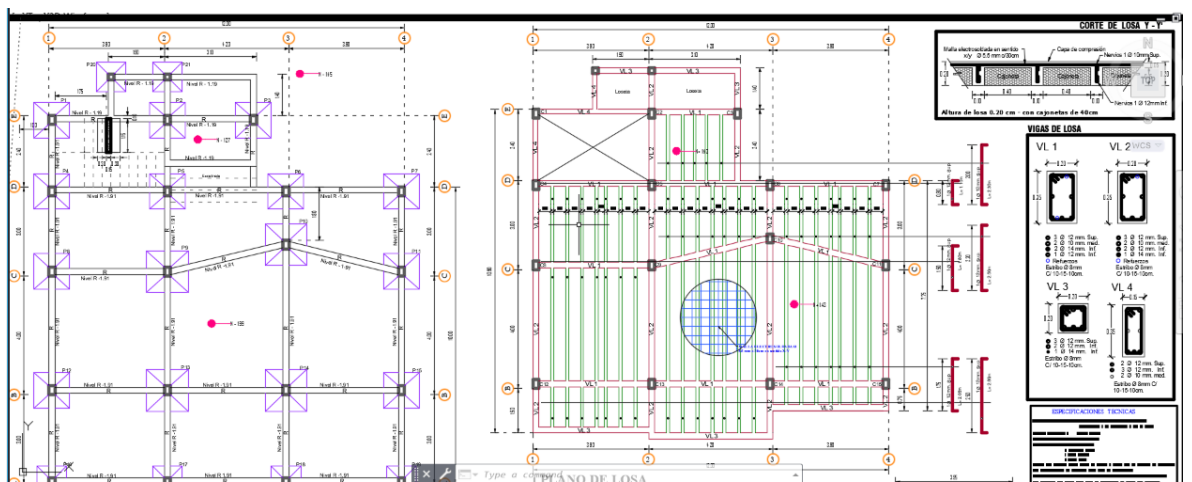
Culminación de pintado de paredes exteriores



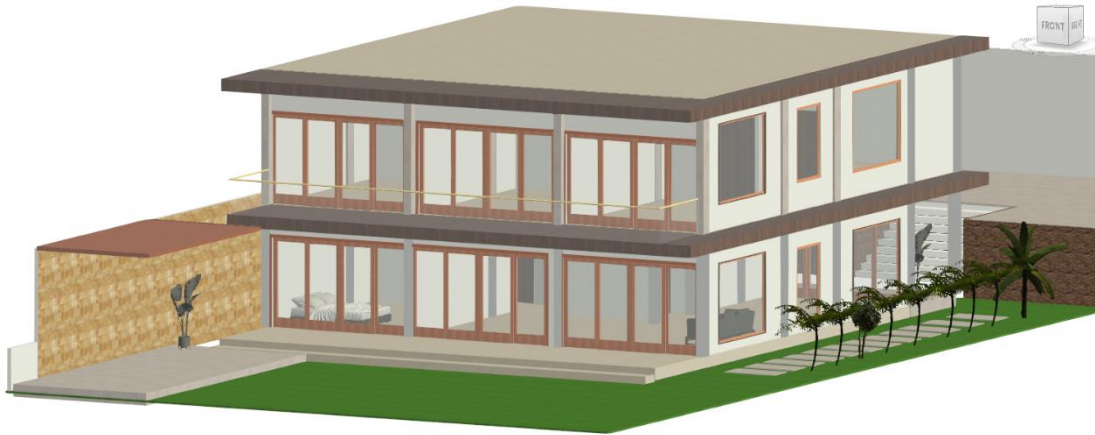
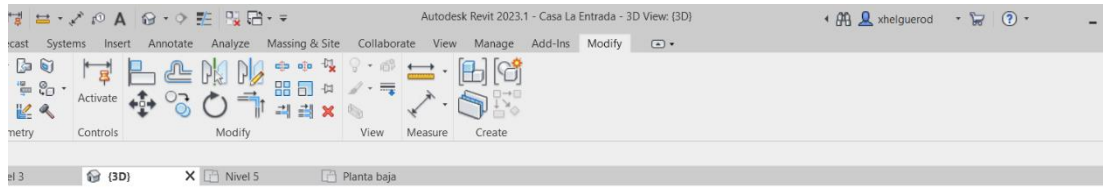
Primera planta culminada y lista para habitar



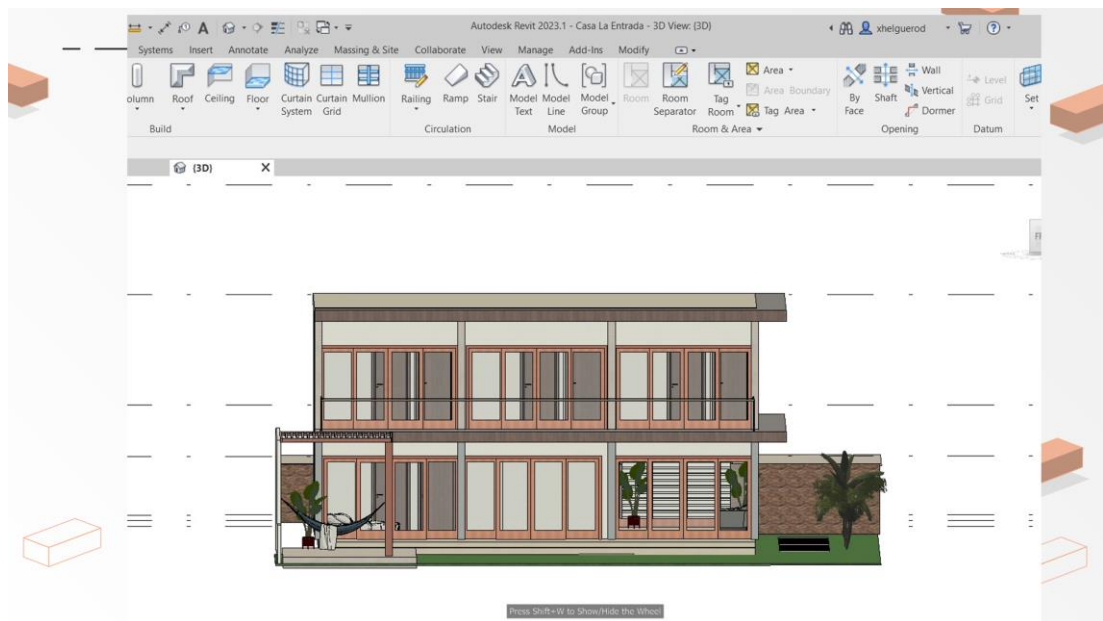
Plano arquitectónico vista en planta



## Plano estructural y distribución de columnas y vigas

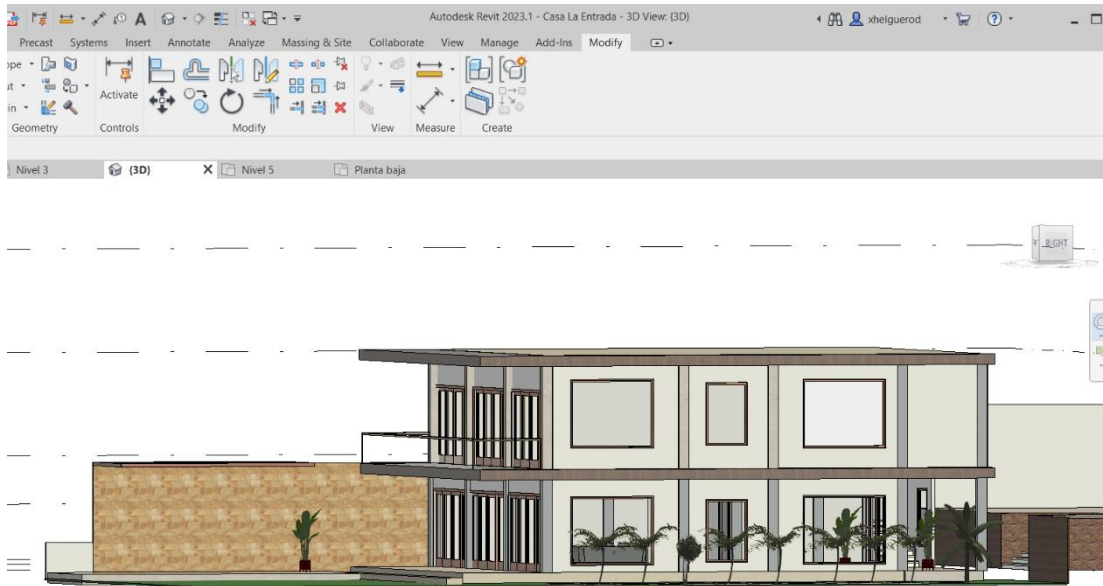


## Revit 3d de construcción terminada

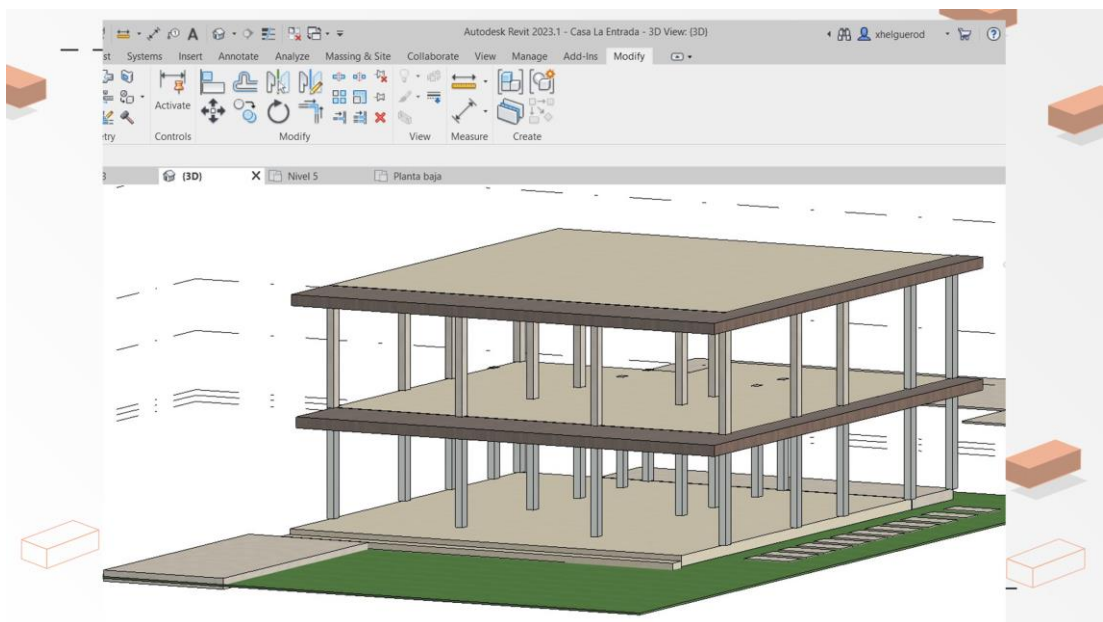


## Revit 3d de construcción de casa vista frontal

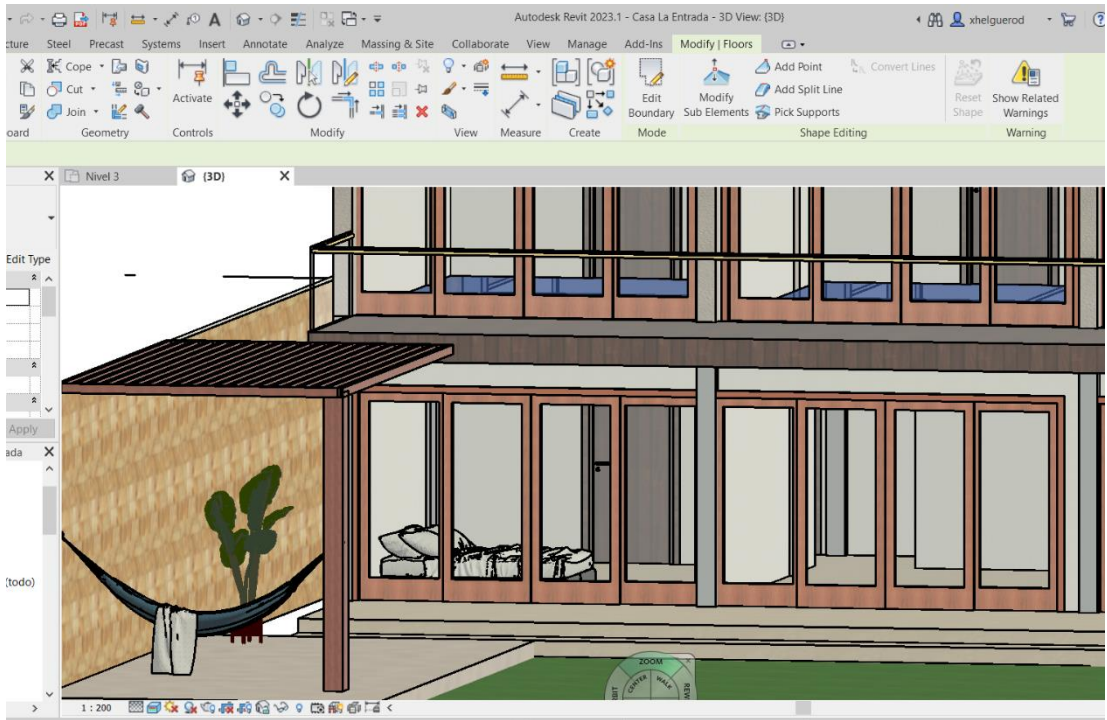




Revit 3d de construcción de casa vista lateral



Revit 3d de estructura



Revit 3d de acabos de ventanas



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros , **Helguero Delgado, Xavier Sebastián**, con C.C: # 0928353838 y **Yagual Aranda, Ángel Andrés** con C.C: # 0932527880 **autores** del trabajo de titulación: **Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en un proyecto de construcción**, previo a la obtención del título de **Ingeniero civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

**Guayaquil, a los 2 días del mes de septiembre del año 2024**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Helguero Delgado, Xavier Sebastián**

C.C: **0928353838**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Ángel Andrés Yagual Aranda**

C.C: **0932527880**

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	<b>Aplicación de la filosofía Lean Construction para la mejora de la productividad en un proyecto de construcción.</b>	
<b>AUTORES</b>	Helguero Delgado, Xavier Sebastián Yagual Aranda, Ángel Andrés	
<b>TUTOR</b>	Ing. Vera Armijos, Jorge Xavier	
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Ingeniería	
<b>CARRERA:</b>	Carrera de Ingeniería Civil	
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil	
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	2 de septiembre de 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b> 80
<b>TEMÁTICAS:</b>	Construcción, planificación, Lean construction	
<b>PALABRAS CLAVES</b>	Optimización procesos Lean Construction, Minimización Desperdicios, Calidad, Construcción Productiva, Planificación Colaborativa, Cultura Lean	
<b>RESUMEN (150 a 250 palabras):</b>	<p>Se analiza el uso de Lean Construction como una estrategia clave para mejorar la eficiencia y la productividad en la industria de la construcción, con un enfoque en la reducción de desperdicios y la maximización del valor para el cliente. Para optimizar procesos, reducir inventarios innecesarios y estabilizar el flujo de trabajo, se utilizan herramientas como el sistema de planificación final, el enfoque Justo a Tiempo (JIT) y la planificación colaborativa. Además, se enfatiza que la cultura Lean, la mejora continua (Kaizen) y la estandarización de procesos son cruciales. Además, se mencionan el mapeo de procesos y la gestión visual como herramientas esenciales. Como parte de la investigación, se hicieron entrevistas a profesionales que estén relacionados con el mundo de la construcción con el fin de identificar problemas y mejores prácticas en esta área. De igual forma, se crearon focus group con los principales participantes de la obra. Como resultados se presentan varias situaciones durante la construcción para llevar a cabo un análisis cuantitativo de la variación de costos y se discuten los beneficios de la construcción eficiente, que incluyen mejoras en la productividad, los rendimientos y la reducción de precios. Se posiciona como una estrategia clave para avanzar hacia un modelo de construcción más sostenible y competitivo</p>	
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4-0991279883 +593-4-0963199601	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:angel.yagual@cu.ucsg.edu.ec">angel.yagual@cu.ucsg.edu.ec</a> <a href="mailto:xavier.helguero@cu.ucsg.edu.ec">xavier.helguero@cu.ucsg.edu.ec</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b> <b>Teléfono: +593-4 -2206956</b> <b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>	
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>		
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>		
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>		
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		